



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Factores que Influyen en el Deficiente Servicio de Agua Potable y la Solución
en el Distrito de Shamboyacu-Provincia de Picota – Región San Martín**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Milton Bryan Vargas Alvarez

John Jenry Isuiza Pinedo

ASESOR:

Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz

Tarapoto – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Factores que Influyen en el Deficiente Servicio de Agua Potable y la Solución
en el Distrito de Shamboyacu-Provincia de Picota –Región San Martín**

AUTORES:

Milton Bryan Vargas Alvarez

John Jenry Isuiza Pinedo

Sustentada y aprobada el 17 de diciembre del 2020, ante el honorable jurado:

.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Presidente

.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón

Secretario

.....
Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo

Vocal

.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz

Asesor

Declaratoria de autenticidad

Milton Bryan Vargas Alvarez, con DNI N° 70505634 y **John Jenry Isuiza Pinedo**, con DNI N° 46333318, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Factores que Influyen en el Deficiente Servicio de Agua Potable y la Solución en el Distrito de Shamboyacu-Provincia de Picota –Región San Martín**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 17 de diciembre del 2020.



.....
Milton Bryan Vargas Alvarez

DNI N° 70505634



.....
John Jenry Isuiza Pinedo

DNI N° 46333318

Declaración jurada

Milton Bryan Vargas Alvarez, con DNI N° 70505634, Domicilio en el Jirón , Rosa Liporlina N° 173 Barrio Calvario - Lamas y **John Jenry Isuiza Pinedo**, con DNI N° 46333318, Domicilio en Jirón Libertad N° 467- Morales, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos bajo juramento que**, todos los documentos, datos e información en la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 17 de diciembre del 2020.



.....
Milton Bryan Vargas Alvarez
DNI N° 70505634



.....
John Jenry Isuiza Pinedo
DNI N° 46333318

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	VARGAS ALVAREZ MILTON BRYAN		
Código de alumno :	093128	Teléfono:	951491080
Correo electrónico :	bryan_17_08_92@hotmail.com	DNI:	70505634

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Factores que influyen en el Deficiente Servicio de Agua Potable y la solución en el Distrito de Shambayacu - Provincia de SAN MARTÍN - Región SAN MARTÍN
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

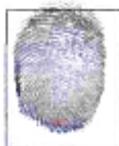
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

06 / 05 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Isuiza Pinedo John Jerry			
Código de alumno :	073122	Teléfono:	989622607	
Correo electrónico :	jerry_1990@hotmail.com		DNI:	46333318

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Factores que influyen en el deficiente servicio de agua potable y su solución en el distrito de Shamboyacu Provincia de Pícuta - Región San Martín
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

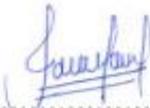
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.




Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

06 / 05 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.


Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios por darme la vida, salud, iluminar mi camino para cumplir mis metas y por regalarme unos padres maravillosos.

A mis padres, por enseñarme que en esta vida todo se obtiene con esfuerzo, los amo.

A mis hermanos, por su comprensión y apoyo constante en esta nueva etapa de mi vida profesional.

Milton Bryan Vargas Alvarez

A Dios por la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por permitirme llegar hasta aquí y fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos años, por el ejemplo brindado formándonos personas con principios, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos, por estar conmigo y apoyarme siempre.

John Jenry Isuiza Pinedo

Agradecimiento

A mi papá, por todo lo que me está enseñando de la vida, demostrándome que nada es fácil y si quiero obtener algo, que sea con esmero y dedicación.

A mi mamá, por ser mi complemento, mi compañera en todo momento.

Milton Bryan Vargas Alvarez

A la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto por haberme albergado en su alma mater y haber cotejado mis estudios en cuanto a lo práctico, teórico y laboral durante mi formación profesional.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ellos entre los que incluye este.

Y finalmente a mi asesor Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz por apoyarme en todo momento.

John Jenry Isuiza Pinedo

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice.....	viii
Indice de Figuras.....	xii
Índice de Tablas	xiv
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
 Introducción.....	 1
 CAPITULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS.....	 2
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Exploración Preliminar Orientado a la Investigación	2
1.3 Aspectos generales del estudio.....	5
1.3.1. Ubicación Geográfica del Proyecto.....	5
1.3.2. Vías de Acceso.....	5
1.3.3. Altitud.....	6
1.3.4. Aspectos Climáticos	6
1.3.5. Topografía.....	6
1.3.6. Sismología.....	7
1.3.7. Población Beneficiaria.....	7
1.3.8. Actividades Principales y Niveles de Vida.....	7
1.3.9. Educación	7
1.3.10. Economía	8
1.3.11. Salud.....	8
1.4. Antecedentes, Planteamiento, Delimitación, Formulación del Problema a Resolver	8
1.4.1 Antecedentes del Problema.....	8
1.4.2 Planteamiento del Problema.....	14
1.4.3 Formulación del Problema a Resolver.....	15
1.5. Objetivos	15
1.5.1 Objetivos Generales.....	15
1.5.2 Objetivos Específicos.....	15
1.6. Marco Teórico.....	16

1.6.1 Requisitos de Calidad del Agua para Consumo Humano.....	16
1.6.2. Parámetros de Diseño.....	17
1.6.3. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.....	21
1.6.4. Fuentes de abastecimiento.....	21
1.6.5 Tipos de Fuentes de Agua.....	22
1.6.6 Captación.....	24
1.6.7 Línea de Conducción.....	34
1.6.8 Línea de Gradiente Hidráulica.....	35
1.6.9 Calculo Hidráulico de Tuberías a Presión.....	35
1.6.10 Trazado de la Línea de Conducción.....	36
1.6.11 Material de Tubería.....	37
1.6.12 Clase de Tubería.....	37
1.6.13 Velocidades de Diseño.....	39
1.6.14 Tuberías.....	44
1.6.15 Puentes Colgantes.....	45
1.6.16 Sifón Invertido	46
1.6.17 Instalación de Válvulas	47
1.6.18 Pase Aéreo.....	49
1.6.19 Cajas de Rrompe – Presión (CRP)	50
1.6.20 Plata de Tratamiento de Agua.....	52
1.6.21 Unidad de Tratamiento	53
1.6.22 Almacenamiento de Agua	58
1.7. Aspectos Generales.....	58
1.7.1 Tipos de Reservorio	58
1.7.2 Ubicación de Reservorio.....	58
1.7.3 Volumen de Almacenamiento.....	59
1.7.4 Volumen de Regulación.....	59
1.7.5 Volumen Contra Incendio.....	59
1.7.6 Volumen de Reserva.....	59
1.7.7 Funcionamiento.....	60
1.7.8 Criterios de Diseño.....	60
1.7.9 Caseta de Válvulas	62
1.7.10 Sistema de Desinfección.....	63
1.7.11 Línea de Aducción.....	65

1.7.12 Distribución de Redes.....	68
1.7.13 Conexión Domiciliaria.....	72
1.7.14 Pileta Publica.....	73
1.7.15 Medidores de Agua Potable.....	74
1.8. Marco conceptual: Terminología Básica.....	75
1.8.1 Agua Subterranea.....	75
1.8.2 Afloramiento.....	75
1.8.3 Calidad del Agua.....	75
1.8.4 Caudal Máximo Diario.....	75
1.8.5 Ramal Distribuidor.....	75
1.8.6 Tubería Principal.....	75
1.8.7 Forro de Pozos.....	76
1.8.8 Pozos Excavado.....	76
1.8.9 Pozos Perforado.....	76
1.8.10 Afluente.....	76
1.8.11 Clarificación por Contacto.....	76
1.8.12 Efluente	76
1.8.13 Filtración.....	76
1.8.14 Tratamiento de Agua.....	76
1.8.15 Redes de Distribución.....	77
1.8.16 Ramal Distribuidor.....	77
1.8.17 Tubería Principal.....	77
1.8.18 Conexión Domiciliaria de Agua Potable.....	77
1.9. Hipótesis.....	77
CAPITULO II MATERIAL Y MÉTODOS.....	78
2.1. Diseño de Investigación.....	78
2.2. Variables, Operacionalización.....	79
2.2.1. Sistema de Variables	79
2.3. Población y muestra.....	79
2.3.1. Universo.....	79
2.3.2. Población	79
2.3.3. Muestra	79
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	79

2.4.1. Técnicas.....	79
2.4.2. Instrumentos	79
2.4.3. Validación y Confiabilidad del Instrumento	80
2.5. Métodos de Análisis de Datos	80
2.5.1. Bases de Diseño Sistema de Agua Potable	80
2.5.2. Calculo de Parámetros de Diseño	81
2.5.3. Tasa de Crecimiento	83
2.5.4. Población de Diseño	84
2.5.5. Población Actual.....	84
2.5.6. Dotación y Caudal de Diseño	84
2.5.7. Calculo de los Componentes del Sistema de Agua Potable	88
2.5.8. Línea de Conducción.....	101
2.5.9. Planta de Tratamiento de Agua Potable	114
2.5.10. Reservorio.....	119
2.5.11. Línea de Aducción Y Redes de Distribución	122
CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	125
3.1. Fuentes de Abastecimiento y Análisis Fisicoquímico.....	125
3.2. Parámetros de Diseño	126
3.3. Componentes del Sistema de Agua Potable	126
3.3.1. Captación.....	126
3.3.2. Línea de Conducción.....	127
3.4. Planta de Tratamiento.....	128
3.4.1. Filtro Lento de Arena	128
3.5. Reservorio.....	129
3.6. Reservorio.....	130
CONCLUSIONES.....	131
RECOMENDACIONES	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
ANEXOS	135
PLANOS.....	136

Índice de Figuras

Figura 1. Condiciones Actuales del Agua Potable	3
Figura 2. Contaminacion del Agua Potable.....	3
Figura 3. Cantidad de EDA's Según Edad al Año 2020	4
Figura 4. Cantidad de EDA's Totales en Shamboyacu.	5
Figura 5. Accesibilidad de la Localidad de Shamboyacu.	6
Figura 6. Guia de Orientacion en Saneamiento Basico	21
Figura 7. Captacion de Agua de Lluvia.....	22
Figura 8. Captacion de Agua Superficial.....	23
Figura 9. Captacion de Agua Subterranas	23
Figura 10. Barraje Fijo sin Canal de Derivacion	25
Figura 11. Tirante de la Quebrada.....	27
Figura 12. Calculo de Diseño de la Cresta Creager.....	28
Figura 13. Calculo Velocidad Sobre la Cresta del Azud.....	29
Figura 14. Altura del Azud.....	29
Figura 15. Parametros Hidraulicos	30
Figura 16. Calculo Longitud Colchon Disipador	31
Figura 17. Calculo Radio de Enlace	32
Figura 18. Bloques de Amortiguamiento	33
Figura 19. Esquema Ventana Captacion.....	33
Figura 20. Linea de Conduccion.....	34
Figura 21. Presiones residuales Positivas y Negativas	35
Figura 22. Presiones Maximas de Trabajo para Diferentes Clases de Tuberias.....	38
Figura 23. Energia de Posicion y Presion.....	43
Figura 24. Equilibrio de Presiones Dinamicas	43
Figura 25. Deflexion en una Tuberia.....	44
Figura 26. Puente Colgante Cruzando un Rio o Quebrada.....	46
Figura 27. Sifon Invertido Cruzando una Quebrada.....	46
Figura 28. Valvula de Aire Manual	48
Figura 29. Valvula de Purga.....	49
Figura 30. Detalles tecnicos del Pase Aereo.....	50
Figura 31. Camara Rompe - Presion	51

Figura 32. Ubicación de Estructuras Complementarias	51
Figura 33. Esquema Filtro Lento de Arena Planta	54
Figura 34. Esquema Filtro Lento de Arena Planta	54
Figura 35. Sistema de Desinfeccion por Goteo	64
Figura 36. Tipos de Redes	69
Figura 37. Conexión Domiciliaria	73
Figura 38. Pileta Publica.....	78
Figura 39. Micro Medidor Domiciliario.....	35

Índice de Tablas

Tabla 1. Enfermedades Diarreicas Agudas en el Distrito de Shamboyacu	4
Tabla 2. Limites Maximos Permisibles de Parametros Microbiologicos	16
Tabla 3. Limites Maximos Permisibles de Calidad Organoleptica	17
Tabla 4. Periodo de Diseño de Infraestructura Sanitaria	18
Tabla 5. Dotacion de Agua Según RNE.....	19
Tabla 6. Coeficiente de Variacion de Consumo Según RNE	21
Tabla 7. Coeficientes de Rugosidad de Manning	26
Tabla 8. Velocidades Maximas Admisibles.	27
Tabla 9. Clase de Tuberias PVC y Maxima Presion de Trabajo	38
Tabla 10. Velocidades de Maximas Permisibles en Tuberias	39
Tabla 11. Valores del Coeficiente Chw de Hazen - Williams.....	41
Tabla 12. Coeficiente para el Calculo de la Perdida de Carga	42
Tabla 13. Deflexion Maxima de Tuberias	44
Tabla 14. Diametro Nominal Ventosa respecto al Diametro de la Tuberia	48
Tabla 15. Selección del Proyecto de Tratamiento del Agua	53
Tabla 16. Velocidad de Filtracion de Acuerdo al Numero de Proyectos Preliminares.	56
Tabla 17. Poblacion Beneficiaria del Proyecto.	83
Tabla 18. Dotacion de Agua Según RNE.....	85
Tabla 19. Verificacion de Tirante de la Quebrada.....	90
Tabla 20. Valores Perfil Creager – Curva Y’	92
Tabla 21. Valores Perfil Creager – Curva Y’	92
Tabla 22. Valores Recomendados Asumidos	93
Tabla 23. Valor del Coeficiente de Uniformidad para Calculo de la Perdida de Carga..	117
Tabla 24. Planteamiento Hidraulico Red de Distribución de Agua Potable	122
Tabla 25. Caudales de Consumo por Nudo en Red de Distribucion	124
Tabla 26. Resultados de la Linea de Conduccion.....	127
Tabla 27. Resultados de Filtro Lento.....	128
Tabla 28. Resultados del Reservorio	129
Tabla 29. Resultado del Calculo Hidraulico.....	130

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado: **Factores que Influyen en el Deficiente Servicio de Agua Potable y la Solución en el Distrito de Shamboyacu-Provincia de Picota – Región San Martín**, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Este proyecto de investigación surgió ante la necesidad de la población de la Localidad de Shamboyacu, en el Distrito de Shamboyacu, para solucionar las deficiencias que se tiene en el servicio de agua potable en cuanto a su captación, filtros, reservorio, línea de conducción, aducción y distribución. Así también estos problemas, enfocados en la calidad del agua, generan la aparición y propagación de enfermedades infectocontagiosas, enfermedades diarreicas agudas EDAs, desnutrición, etc., por lo que el presente proyecto de investigación busca solucionar estos problemas empezando con un análisis de las condiciones de salubridad y disponibilidad de la quebrada Chambira, como fuente de agua apta para consumo humano, para el diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable con tratamiento, según los resultados obtenidos del análisis físico, químico y bacteriológico del agua de la fuente. Para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable se realizaron cálculos de hidráulica, complementándolo con los conocimientos adquiridos en las aulas de clase referidos al estudio topográfico, mecánica de fluidos, estableciéndose como parámetro fijo el número de habitantes a los cuales se les prestará el servicio, determinándose el caudal aproximado que requieren el sector Shanboyacu y así, poder satisfacer las necesidades domésticas de esas poblaciones. El sistema de abastecimiento de agua potable estará conformado por el diseño hidráulico de los siguientes componentes: captación, planta de tratamiento(filtro lento), línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, de esta manera se estaría contribuyendo al desarrollo económico, social y cultural del sector Satélite, mejorando la calidad de vida de la población, además de conseguir que los conocimientos sean puestos en práctica y desarrollar el sentido profesional de la carrera de ingeniería civil.

Palabras clave: Línea de conducción, diseños hidráulicos, filtro lento, línea de aducción, saneamiento, depósito.

Abstract

This thesis project called: Factors that Influence the Deficient Drinking Water Service and the Solution in the District of Shamboyacu-Picota Province - San Martin Region, was developed at the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Martin - Tarapoto. This research project arose from the need of the population of the Town of Shamboyacu, in the District of Shamboyacu, to solve the deficiencies in the drinking water service in terms of its catchment, filters, reservoir, conduction line, adduction and distribution. Likewise, these problems, focused on water quality, generate the appearance and spread of infectious diseases, acute diarrheal diseases ADDs, malnutrition, etc., so this research project seeks to solve these problems starting with an analysis of the conditions of health and availability of the Chambira stream, as a source of water suitable for human consumption, for the hydraulic design of a drinking water supply system with treatment, according to the results obtained from the physical, chemical and bacteriological analysis of the source water. For the hydraulic design of the drinking water supply system, hydraulic calculations were carried out, complementing it with the knowledge acquired in the classrooms regarding the topographic study, fluid mechanics, establishing as a fixed parameter the number of inhabitants to whom it will be lent. the service, determining the approximate flow required by the Shanboyacu sector and thus, being able to satisfy the domestic needs of these populations. The drinking water supply system will be made up of the hydraulic design of the following components: catchment, treatment plant (slow filter), conduction line, reservoir, adduction line, distribution networks, household connections, in this way it would be contributing to the economic, social and cultural development of the Satellite sector, improving the quality of life of the population, in addition to ensuring that knowledge is put into practice and developing the professional sense of the civil engineering career.

Keywords: Conduction Line, Hydraulic Designs, Slow Filter, Adduction Line, Sanitation, Reservoir.



Introducción

Tenemos una deficiente calidad de agua además de un deficiente servicio en la actualidad por varios factores como el crecimiento de la población no previsto en el proyecto y por una mala administración del servicio.

En la actualidad, ante el crecimiento acelerado de la población en nuestro país y en general en el mundo entero, los diferentes servicios y recursos del que se dispone tienen que ser mejor administrados. La optimización de los recursos ha alcanzado todos los niveles de la vida humana. En el caso del agua, dicha optimización adquiere gran importancia, ya que la disponibilidad del vital líquido disminuye cada vez más y por lo tanto su obtención se dificulta y encarece de manera importante. En nuestra localidad la presencia del recurso hídrico no es aprovechado en su totalidad para el beneficio de la población Sanmartinense, en este caso las asociaciones de viviendas que se encuentran ubicadas en la parte alta del distrito de Shambuyacu, provincia de Picota, Región San Martín, se encuentran con este problema durante mucho tiempo, la falta de agua potable, una situación que pone en riesgo la salud de los pobladores de la zona, las enfermedades diarreicas agudas continúan siendo uno de los principales problemas de salud pública, a causa de consumo de agua contaminada, sin tratamiento adecuado y sin la posibilidad de obtener agua limpia para beber, cocinar y lavar, constituyen una de las causas principales de mortalidad y morbilidad en el mundo, afectan a todos los grupos de edad, pero los más afectados son los niños y los ancianos, específicamente en zonas con condiciones de pobreza. En consecuencia, los pobladores específicamente del sector Satélite no se encuentran ajenos a esta problemática, las condiciones de vida a las que se encuentran expuestas son propicias para el desarrollo de estas enfermedades a causas del consumo de agua sin tratamiento.

La Localidad de Shambuyacu en la actualidad cuenta con servicio de agua captada de la quebrada Chambira, construida por los mismos pobladores, una captación a base de un pequeño encauzamiento mediante piedra con arena, tubo y una canastilla que no garantiza agua apta para consumo ya que está expuesta a agentes extraños y patógenos, y que en épocas de lluvia intensa requiere de mantenimientos periódicos ya que la turbiedad aumenta y deteriora a la captación y obstruye la tubería.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades

La fuente de abastecimiento de donde se captaba agua para la localidad de Shamboyacu colapso, debido a que la zona viene padeciendo de fuertes sequías lo que origino que la fuente de abastecimiento disminuyo considerablemente de caudal, lo que ocasiona el desabastecimiento de agua en la localidad mencionada, solamente en épocas de lluvias el abastecimiento se normaliza,

El consumo de agua en la localidad de Shamboyacu, origina que parte de las aguas servidas se arrojen en los pozos ciegos, otra parte al no contar con un sistema de evacuación, son arrojadas a las calles de la localidad y otra parte a las zanjas pluviales; exponiendo directamente a que la población, especialmente los niños se encuentren propensos a enfermedades del sistema respiratorio, infecciosas y parasitarias, así como de la piel y tejido celular subcutáneo.

Teniendo en consideración que la población se encuentra en constante crecimiento, es que se hace necesaria y urgente la instalación del sistema de alcantarillado, y mejorar el sistema de agua actual, el mismo que contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de la población beneficiaria y al desarrollo de los caseríos.

1.2. Exploración Preliminar Orientado a la Investigación

En estas condiciones llega el agua a las viviendas para el consumo de los pobladores del sector Shambuyacu, trayendo como consecuencias las EDAs, enfermedades diarreicas agudas, ocasionadas por muy diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos, la mayoría de los cuales se transmiten por agua contaminada.

Según estudios realizados por la MICRO RED DE SALUD del distrito de Shamboyacu en todas las localidades de su ámbito territorial, las principales EDAs, enfermedades diarreicas agudas que los pobladores del distrito de Shambuyacu padecen, concentrándose el mayor porcentaje en zonas alejadas del ámbito urbano.



Condiciones actuales en las que se encuentra la captación del sector Satélite

Figura 1: Elaboración Propia



Figura 2: Contaminación del Agua Potable (Elaboración Propia)

Específicamente las asociaciones de vivienda y las zonas rurales, a consecuencia del consumo de agua contaminada con heces humanas procedentes de aguas residuales, fosas sépticas o letrinas, las heces de animales también contienen microorganismos capaces de ocasionar enfermedades diarreicas, son las mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1*Enfermedades Diarreicas Agudas en el Distrito de Shamboyacu 2020*

ITEM	Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs)	TOTAL	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA	ETAPA
			NIÑO	ADOLESCENTE	JOVEN	ADULTO	ADULTO MAYOR
			0-11 ^a	12-17A	18-29A	30-59 ^a	60A+
1	PARASITOSIS INTESTINAL, SIN OTRA ESPECIFICACION	617	283	55	55	154	70
2	OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS NO ESPECIFICADAS DE ORIGEN INFECCIOSO	245	162	12	14	33	24
3	GIARDIASIS [LAMBLIASIS]	237	170	24	9	21	13
4	INFECCION INTESTINAL BACTERIANA, NO ESPECIFICADA	79	69	3	2	4	1
5	AMEBIASIS, NO ESPECIFICADA	69	34	3	7	18	7
6	ENTEROBIASIS	58	42	4	0	8	4
7	INFECCIONES INTESTINALES DEBIDAS A OTROS ORGANISMOS SIN ESPECIFICAR	57	39	4	0	9	5
8	DESHIDRATAACION / DEPLECION DEL VOLUMEN	16	7	0	3	4	2
9	ASCARIASIS, NO ESPECIFICADA	8	5	1	0	2	0
10	FIEBRE TIFOIDEA	2	1	1	0	0	0
11	INFECCION DEBIDA A ESCHERICHIA COLI ENTEROPATOGENA	2	0	2	0	0	0
12	INFECCION DEBIDA A SALMONELA, NO ESPECIFICADA	1	1	0	0	0	0
13	ENTEROCOLITIS DEBIDA A CLOSTRIDIUM DIFFICILE	1	0	0	0	0	1
14	DISENTERIA AMEBIANA AGUDA	1	0	0	0	1	0
15	BALANTIDIASIS	1	0	0	0	1	0
16	GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN NO ESPECIFICADA	1	1	0	0	0	0
17	INFECCION BACTERIANA, NO ESPECIFICADA	1	0	0	0	1	0

Fuente: Micro Red de Salud del Distrito de Shamboyacu

Los gráficos estadísticos muestran las enfermedades que acogen la población del distrito de Shamboyacu, observándose que los niños son los más afectados y más propensos de contraer las enfermedades diarreicas agudas y la Parasitosis Intestinal es la enfermedad más frecuente en la población de esa localidad.

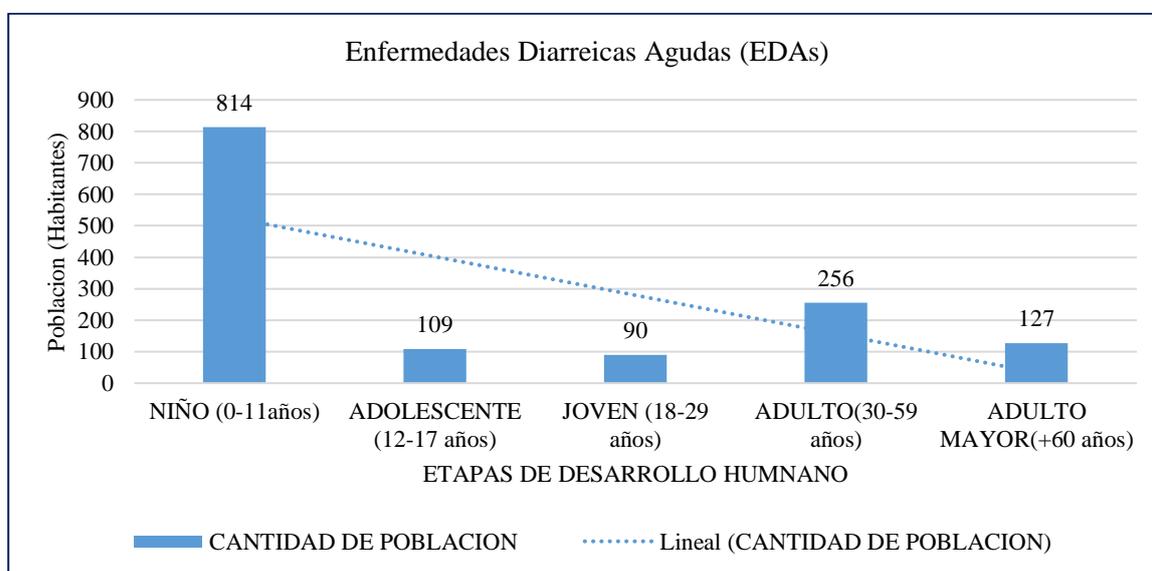


Figura 3: Cantidad de EDAs según edad al año 2020; (Fuente: Elaboración Propia)

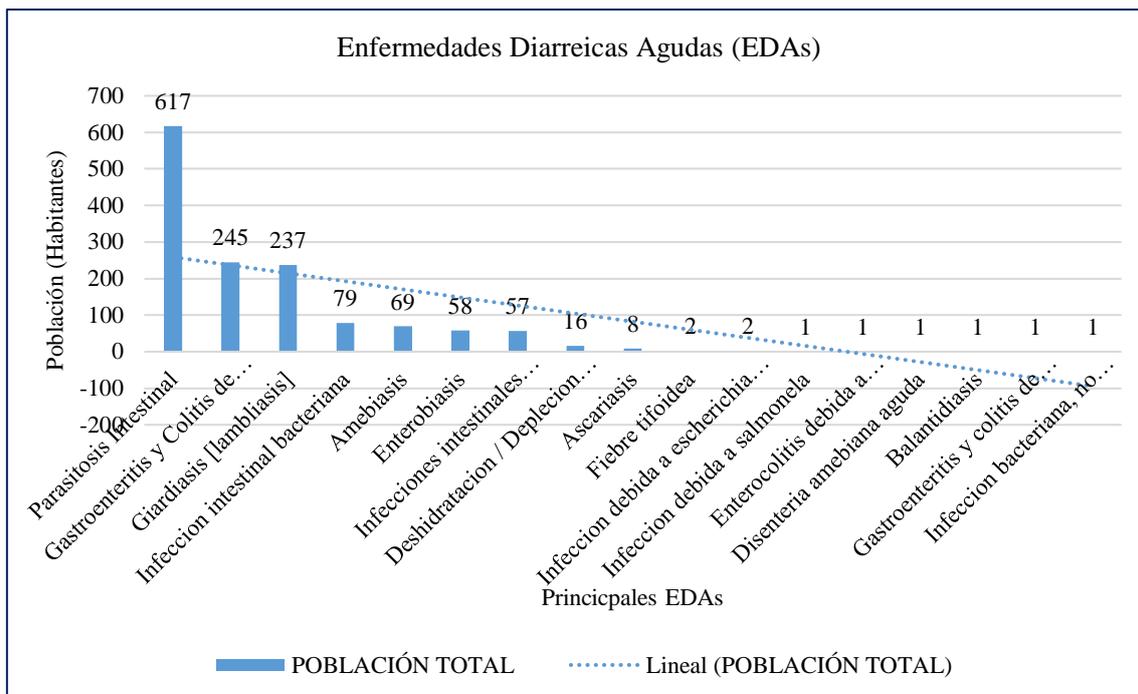


Figura 4: Cantidad de EDAs Totales en Shamboyacu al año 2020; (Fuente: Elaboración Propia)

1.3. Aspectos generales del estudio

1.3.1. Ubicación del Proyecto

La localidad de Shamboyacu se encuentra ubicada de la siguiente manera:

Localidad:	Shamboyacu
Distrito:	Shamboyacu.
Provincia:	Picota
Departamento:	San Martín

1.3.2 Vías de acceso

El acceso a la localidad de Shamboyacu, se realiza vía terrestre por la Carretera “Fernando Belaunde Terry”, la distancia desde la ciudad de Moyobamba – Tarapoto unos 113 Km. (asfaltado) y de Tarapoto - Picota es de 58 Km. (carretera asfaltado). Y de Picota a Shamboyacu existe un recorrido de 45 Km. por una carretera afirmada, La topografía que presenta unas características propias de la zona de selva.

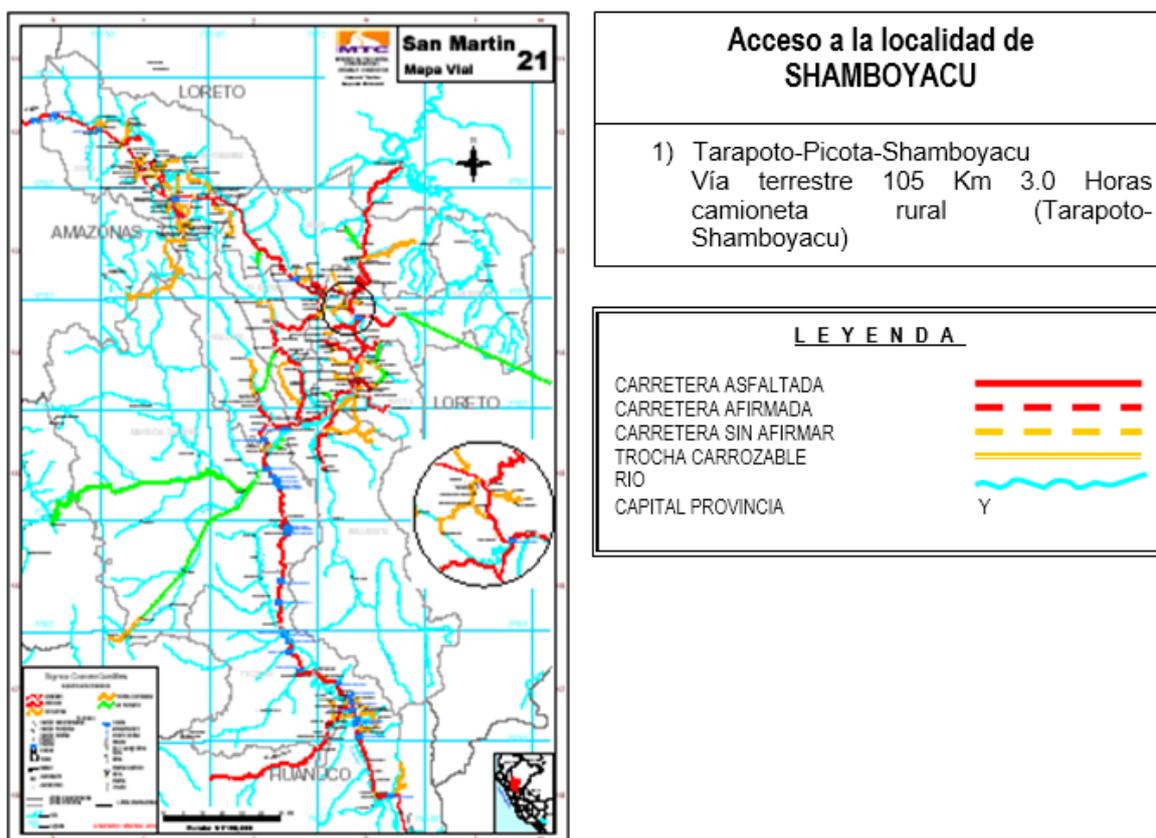


Figura 5: Accesibilidad de la localidad de Shamboyacu

1.3.3 Altitud

La zona de estudio en cuestión cuenta con una altitud promedio de 395 msnm.

1.3.4. Aspectos Climáticos

El clima El distrito de Shamboyacu se encuentra a 292 m.s.n.m. contado con una temperatura promedio de 26 °C, teniendo como Máximo 36°C y mínimo de 22°C, siendo las épocas de Lluvias de Diciembre-abril, y meses de Verano de Mayo –Noviembre, con una precipitación pluvial anual de 1600 mm

1.3.5. Topografía

La topografía de la zona de estudio es Semi-inclinada. Es poco accidentada y relativamente plana en su parte baja; pero, a partir de la plaza de armas hacia las laderas de la cordillera Escalera es bien accidentada. El estudio topográfico (para lo cual se utilizaron diferentes instrumentos de precisión como estación total, nivel de ingeniero y GPS entre otros); posibilitó la ubicación precisa y dimensionamiento de obras de arte hidráulicas.

1.3.6. Sismología

El distrito de Shamboyacu se encuentra ubicado dentro del ámbito de la zona III de sismicidad (Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030-p. 398), que corresponde a la zona de sismicidad media-alta.

1.3.7. Población beneficiaria

Al 2020 (Año base del proyecto), la población beneficiaria total del sector Huimbayoc es de 8 554.

1.3.8. Actividades principales y niveles de vida

Las principales actividades económicas en la zona de estudio de la población:

- **Agricultura Migratoria** (plátano, yuca y maíz). Nivel tecnológico: bajo (roza, tumba y quema de selva virgen). Promedio de uso de tierras antes de rotación y/o abandono de las mismas: dos campañas.
- **Pesca** (boquichico, palmeta, bagre, carachama).
- **Caza** de animales silvestres.
- **Otros** (comercio, trabajo en fábrica, oficinas).

1.3.9. Educación

Cuenta con nivel inicial, primaria y secundaria, existe un solo centro educativo integral que cuenta con 14 secciones con un total de 800 alumnos que estudian en 02 turnos mañana y tarde, con una carga académica de 35 alumnos por docente, y cuenta con una plana de docente de 20 profesores.

En el centro educativo del Distrito, se aprecian debilidades académicas y administrativas tales como:

Carencia de recursos para el mantenimiento para la infraestructura y servicios

Falta de equipamiento y mobiliario.

Falta de capacitación al personal docente y administrativo por parte del sector Educación.

Desinterés y falta de apoyo de los padres de familia, dada a la precaria situación económica.

La tasa de deserción es alta existe hacinamiento escolar por la limitada cobertura de las aulas dentro del área geográfica en estudio solo se encuentran una institución educativa que ofrece servicios educativos de jardín, inicial y primaria:

1.3.10. Economía

El poblador de la zona del área de estudio, es eminentemente agrícola y con costumbres influenciadas por pobladores que provienen de la Amazonía alta. Presentan en su mayoría niveles de educación primaria y secundaria. Con una tasa de analfabetismo del 15%

El distrito de Shamboyacu presenta una extensa zona agrícola destinada a los cultivos de café. Predomina la actividad agrícola en un 90% y el comercio 7%, empleados públicos 3%. Es considerada en el Mapa de Pobreza como Zona de Pobreza.

La mayor actividad Comercial se realiza todos los domingos en la localidad de Shamboyacu en ferias, donde se comercializan diferentes productos agrícolas animales Menores Etc. El ingreso promedio por familia es del orden de S/.15.00 nuevos soles por familia que asciende a un total mensual de S/,450.00 nuevos soles.

.1.3.11. Salud

Shamboyacu cuenta con una Posta Sanitaria.

Las enfermedades más frecuentes en la población del área de estudio y que tenga que ver con el consumo de agua son las enfermedades diarreicas gastroenterocolitis con un 19% de casos, así como las infecciones de la piel y del tejido subcutáneo. El sector salud a fin de mitigar en parte el consumo de agua en forma directa realiza campañas de sensibilización dentro de la comunidad con charlas y en forma Radial.

1.4. Antecedentes, Planteamiento, Delimitación, Formulación del Problema a Resolver

1.4.1. Antecedentes del Problema

(Mata, J.2014), *Comparativa técnica, operativa y financiera entre un sistema de velocidad variable y un tanque elevado en el abastecimiento de agua potable. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Autónoma de México. México.*

El resumen es el siguiente:

Hoy en día, desarrollar e investigar cualquier tema relacionado al agua potable, es hablar de un tema de primer orden debido a los serios problemas de escasez en partes del país y del mundo, aunado a la sobredemanda y desperdicio que se tiene del agua. Analizar los diferentes métodos de abastecimiento a una población y buscar los beneficios que uno pueda

tener sobre el otro en cierto escenario, permite aclarar los factores que intervienen y las razones que los propician; y así poder elegir el que más convenga en las diferentes regiones y necesidades donde se pretenda abastecer agua potable. A través de varios capítulos, esta tesis desglosa las variables que dan lugar a las diferencias técnicas, operativas y económicas entre un tanque elevado y un sistema de velocidad variable como métodos de abastecimiento. Buscando que la comparativa logre demostrar que uno de los métodos satisface de mejor forma las necesidades de una población y así garantizar el servicio durante un mayor periodo.

Las conclusiones son:

- ✓ Las razones expuestas en esta investigación no buscan desacreditar o enaltecer alguno de los métodos utilizados comúnmente en el abastecimiento de agua, tal como se menciona con anterioridad. El espíritu de este trabajo fue realizar un análisis objetivo que oriente y ayude a todo aquel que realice una comparativa entre los métodos de abastecimientos comúnmente utilizados y así poder elegir el más eficaz.
- ✓ Después de haber realizado la comparativa, resulta muy fácil concluir que el sistema de velocidad variable es mucho más eficiente tanto operativa como económicamente cuando se compare contra un tanque elevado. Por tanto, se autorizó y se encuentra en proceso de construcción el sistema de velocidad variable como sistema de bombeo secundario para resolver el abastecimiento de agua potable en el desarrollo en cuestión. Y se puede asegurar que en la mayoría de los casos que se haga una comparativa similar, el sistema de velocidad variable presentará mayores ventajas.
- ✓ En muchos casos, no sólo la evaluación técnica, operativa y económica son todas las variables y es posible determinar que método es mejor. En ocasiones existen variables sociales o sencillamente de reglamento (dependiendo el municipio y/o estado de la República) que determinarán la elección de un método sobre el otro. Nunca se debe perder la esencia del abastecimiento de agua potable en cualquiera de los métodos, que es abastecer de agua potable a una población de manera continua, con el gasto, calidad y presión necesaria para que puedan realizar sus actividades de manera satisfactoria.

(Meza, J.2010), *Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso.* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

El resumen es el siguiente:

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la Comunidad Nativa de Tsoroja, perteneciente al distrito de Río Tambo, Provincia de Satipo, Departamento de Junín. Localidad que no cuenta con acceso terrestre ni fluvial. Lo que implica un incremento en los costos de transporte al lugar de la obra, de materiales de construcción y personal, por el alquiler de helicópteros como medio de transporte aéreo. Hecho que hace necesario el análisis de alternativas de solución contemplando la minimización de costos, considerando el factor transporte como crítico dentro del presupuesto. En primera instancia se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable, considerando toda estructura de concreto armado, al que se denominó, Sistema Convencional. Se observó que era posible optimizar el uso de materiales de construcción utilizando estructuras de materiales alternativos, por lo que se elaboró un nuevo diseño del sistema de abastecimiento al que se denominó, Sistema Optimizado.

Las conclusiones son:

- ✓ El presente trabajo de tesis presenta el diseño de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en una comunidad rural de la selva del Perú, que se encuentra aislada geográficamente debido a la falta de vías de transporte adecuado.
- ✓ El diseño cumple con los requisitos que señala la norma técnica peruana así como toma en cuenta recomendaciones contenidas en guías para el saneamiento en poblaciones rurales. En base al análisis de costos de dos alternativas de diseño, “sistema convencional” y “sistema optimizado”, se puede concluir que la condición de difícil acceso geográfico en la que se encuentran comunidades nativas en la selva del Perú incide más que duplicando el costo de los sistemas de agua potable.
- ✓ El diseño hidráulico y el análisis de costos aportan a la evaluación de la factibilidad técnico-económica de sistemas de agua potable en el ámbito rural y al objetivo de reducir la brecha en infraestructura en el país.
- ✓ Es recomendable la ejecución de obra entre los meses de abril a noviembre, época en la cual la frecuencia de lluvias es menor. Así mismo es pertinente indicar que el avance físico estará de acuerdo a la disponibilidad de la mano de obra, factores climatológicos y remesas oportunas de dinero para la adquisición de los materiales.

(Lossio, M.2012), *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones. (Tesis de Pregrado), Universidad de Piura. Piura-Perú.*

El resumen es el siguiente:

El propósito del presente trabajo de tesis es contribuir técnicamente, proponiendo criterios de diseño para sistemas de abastecimiento de agua similares en zonas rurales de nuestro ámbito regional, teniendo en cuenta las normas nacionales y la experiencia de diseño, construcción, evaluación y transferencia de sistemas rurales de abastecimiento de agua que en los últimos años ha desarrollado la Universidad de Piura. Se ha utilizado la tecnología solar fotovoltaica como una buena alternativa de aplicación en estas zonas de características tan particulares donde la energía solar ofrece mayores ventajas frente al uso de otros tipos de energía.

También se ha realizado una evaluación de la sostenibilidad económica del proyecto y del impacto ambiental con las respectivas medidas de mitigación. Además, se ha resaltado la importancia de la participación comunitaria en la gestión, administración, operación y mantenimiento del servicio de agua, no sólo para garantizar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto, sino también, porque queda sentada una base sólida de organización para que en el futuro la población pueda gestionar nuevos proyectos que impulsen el desarrollo de su comunidad.

Las conclusiones son:

- ✓ Formulando programas de obras en zonas rurales y construyendo obras adecuadas a los entornos del medio rural, económicos, sencillos y prácticos de operar y conservar, en las cuales se aplique en su mayor parte la tecnología rural, se puede asegurar que el nivel en el suministro de agua potable a las comunidades rurales será el que en justicia les corresponde.
- ✓ En la fase de operación y mantenimiento, el proyecto genera efectos positivos en la salud de la población, pues la población contará con agua potable de calidad que le permitirá realizar todas sus actividades en forma normal y sin ningún riesgo de contraer enfermedades.
- ✓ La cobertura final y funcionamiento adecuado de las obras realizadas en condiciones estables, así como el monitoreo del área, permitirá visualizar las obras y proceder a algún ajuste si se diera el caso.

(Concha, J y Guillén, J.2014). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, urbanización valle esmeralda, distrito de pueblo nuevo, provincia y departamento de Ica. (Tesis de Pregrado), Universidad San Martín de Porres. Lima-Perú.*

El resumen es el siguiente:

El presente trabajo surge de la necesidad de dar solución a los problemas existentes en la captación de agua potable que afectará a la futura urbanización Valle Esmeralda, debido al crecimiento de la población y a la antigüedad del sistema de suministro (mediante agua subterránea), que generaría un abastecimiento interrumpido en determinados instantes en la población, que incluso se ve condicionada su situación sanitaria en un futuro no muy lejano. Es así como se prevé mediante el análisis de dos alternativas, el mejoramiento y ampliación del sistema de suministro actual para el sistema de abastecimiento de agua potable, con el propósito de satisfacer la demanda de agua total, para la Urb. Valle Esmeralda. Como primer análisis y alternativa se tiene proyectado la profundización del pozo tubular ya existente, debido al posible descenso de la napa freática. Esto como consecuencia de la explotación del recurso hídrico subterráneo en los últimos diez años. El análisis y alternativa evalúa la posibilidad de proyectar una nueva obra de captación para el sistema de abastecimiento de agua, para cada uno de sus componentes, desde la ubicación del nuevo pozo, la bomba sumergible, potencia de la bomba, y demás componentes que cumplan los requerimientos que la demanda futura amerite.

Las conclusiones son:

- ✓ Se calculó el caudal del diseño, siendo este de 52,65 lt/seg.
- ✓ Se observó mediante la prueba de verticalidad que el pozo IRHS 07 está ligeramente torcido.
- ✓ La tubería ciega se encuentra en estado de degradación por el tiempo de vida del pozo IRHS 07.
- ✓ Mediante el método geofísico se pudo interpretar que el basamento rocoso se encuentra a partir de los 100 m, por lo que se podría profundizar el pozo existente hasta los 90 m.

(Reyna, C. 2003). *Abastecimiento de agua potable del distrito de Barranquita. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.*

El resumen es el siguiente:

Surge ante la necesidad de solucionar uno de los principales problemas que influye directamente en la salud de la población de barranquita. El presente trabajo plantea captar el

agua de la única fuente capaz de abastecer por gravedad, siendo este la quebrada del Negroyacu; llevarlo a la planta de tratamiento que está constituido por una caja de distribución de caudales, cuatro sedimentadores, cuatro filtros lentos, una caja de recolección de agua filtrada y reservorio circular de 250m³. A través de las válvulas compuertas se regulara la alimentación en las redes de distribución para finalmente dotarles de instalaciones domiciliarias a todos los beneficiarios.

Las conclusiones son:

- ✓ El periodo de diseño del proyecto adoptado es de 20 años.
- ✓ El cálculo de población futura para 20 años es de 4743 habitantes, este resultado fue obtenido a través del método matemático de crecimiento aritmético.
- ✓ Se ha considerado una dotación de 150 lit. / hab. / día de acuerdo al reglamento nacional de construcciones.
- ✓ Los caudales de diseño son:
 - $Q_p = 8.23 \text{ lit. / seg}$
 - $Q_{md} = 10.70 \text{ lit. / seg}$
 - $Q_{mh} = 16.46 \text{ lit. / seg}$
- ✓ Las aguas que discurren por la quebrada Negroyacu requieren tratamiento, según el análisis físico químico bacteriológico efectuado por el Ministerio de Salud.
- ✓ Los elementos del sistema por gravedad adoptado son:
 - Captación
 - Línea de conducción
 - Planta de tratamiento
 - Una caja de distribución de caudales
 - Unidades de sedimentación
 - Unidades de recolección de agua filtrada
 - Unidades de filtración lenta
 - Un reservorio apoyado de 250m³ de capacidad
 - Línea de aducción
 - Redes y piletas
 - Redes de distribución

(Arce, P y Saavedra, V.2011). *Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de Nuevo Celendín, distrito de zapatero provincia de lamas.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.

El resumen es el siguiente:

Surgió ante la necesidad de la población de la localidad de nuevo Celendín de solucionar los múltiples problemas originados por la carencia de estos servicios de saneamiento básico que generaba la proliferación de distintas enfermedades infectocontagiosas en la población. El diseño del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de nuevo Celendín se desarrolló siguiendo los procedimientos establecidos y aceptados de los diseños hidráulicos y estructurales establecidos en el reglamento nacional de edificaciones vigente y complementándose con el conocimiento obtenido en las aulas de clase.

Las conclusiones son:

- ✓ Para elaborar un proyecto de alcantarillado sanitario y agua potable es necesario tener bastante claro los conceptos de saneamiento básico, desde el punto de vista de implementar los servicios de una adecuada disposición de excretas.
- ✓ Es importante hacer un análisis detallado y minucioso del crecimiento histórico de la población en estudio, estudiar sus características y el comportamiento de la curva para la aplicación de un método adecuado de proyección de la población de diseño, el cual es factor importante para el diseño de agua potable y alcantarillado sanitario eficiente y responsable que garantice su funcionalidad.

1.4.2 Planteamiento del Problema

Sabemos que el agua, como fuente de vida, es de gran importancia para el desarrollo de una sociedad, la falta de este recurso hídrico pone en riesgo la integridad física de las personas, y la parte alta del distrito de la Shambuyacu no se encuentra ajena a esta realidad, el sector Shambuyacu no cuenta un servicio de agua que garantice el bienestar de sus pobladores, en la actualidad cuenta con un servicio de abastecimiento de agua que no está basado en los parámetros de la ingeniería, ante este problema es necesario realizar una investigación para conocer la calidad de la fuente natural de agua y los estudios necesarios para el diseño del sistema de abastecimiento de agua del sector Satélite, para así dar el bienestar y la seguridad a las familias, que habitan en esta parte del distrito de Shambuyacu, para la satisfacción de su necesidad por el consumo de agua saludable.

1.4.3. Formulación del Problema a Resolver

Los pobladores de Huimbayoc del distrito de Huimbayoc, tienen la necesidad de contar con un Servicio de Agua Potable de buena calidad, y por ende buena para el consumo humano.

De manera que es necesario responder la siguiente interrogante: **¿Cuáles son los Factores que Influyen en el Deficiente Servicio de Agua Potable y la Solución en el Distrito de Shamboyacu-Provincia de Picota –Región San Martín?” para mejorar las condiciones de calidad del servicio de agua potable de la población de estas localidades.**

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General.

Identificar los factores que influyen en el deficiente servicio de agua potable de la localidad de Shambuyacu y dar las alternativas de solución.

1.5.2. Objetivos Específicos

Identificar la fuente de agua y la ubicación de la estructura de captación para abastecimiento de agua a la población.

Realizar los estudios de cantidad y calidad de la fuente de abastecimiento para el respectivo tratamiento del agua, potabilizando para el consumo.

Realizar los estudios topográficos en la zona para determinar la posición sobre la superficie de la tierra, la configuración del terreno en altimetría y planimetría, conocer la pendiente del terreno para el diseño de las estructuras.

Rediseñar los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable: captación, línea de conducción, tratamiento, almacenamiento, aducción, red de distribución.

Conocer las enfermedades que los pobladores del sector satélite padecen por el consumo agua sin un tratamiento adecuado.

1.6. Marco teórico

1.6.1. Requisitos de calidad del agua para consumo humano

Agua apta para el consumo humano

“Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento”. (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011, p. 29)

Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Tabla N°1, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli.
2. Virus.
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

(Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011, p. 29)

Tabla 2

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	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 patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente:
Reglamento de la

calidad del agua para el consumo humano.

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 N°2 del presente Reglamento. (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011, p. 29)

Tabla 3

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 ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	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

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

1.6.2. Parámetros de diseño

Periodo de diseño

“Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable. Por tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100 por 100, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones” (Arocha, 1977, p.24).

“Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución, tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento” (Aguero, 1997, p.19).

Tabla 4

Periodo de diseño de infraestructura sanitaria

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
✓ Fuente 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
✓ Estación de bombeo	20 años
✓ Equipos de bombeo	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (arrastré hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.

Población Futura

“La predicción de crecimiento de la población deberá estar perfectamente justificada de acuerdo a las características de la ciudad, sus factores socio-económicos y su tendencia de desarrollo” (Vierendel, 2009, p.9).

- ❖ Método Aritmético: Este método se emplea cuando la población se encuentra en franco crecimiento.

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

P_i : Población Inicial

P_d : Población Futura o de diseño

r : Tasa de crecimiento anual (%)

t : Periodo de diseño (años)

- ❖ Método Geométrico: La población crece en forma semejante a un capital puesto en interés compuesto. Este método se emplea cuando está en su iniciación o periodo de saturación más no cuando está en el periodo de franco crecimiento.

$$P_d = P_i * r^{(t-t_0)} \dots \dots \dots (2)$$

$$r = \sqrt[t_{i+1}-t_i]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}$$

P_i : Poblacion Inicial

P_d : Poblacion Futura o de diseño

r : Factor de cambio de la poblaciones

t : Tiempo en que se calcula la poblacion

t_0 : Tiempo final

Dotación

“Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros/habitante-día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto” (**Rodríguez, 2001, p.36**).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS.100) la dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución se considerará, los valores indicados en la Tabla 5:

Tabla 5

Dotación de Agua según Reglamento Nacional de Edificaciones (l/hab/d) – Habilitaciones Urbanas

ITEM	CRITERIO	CLIMA TEMPLADO	CLIMA FRIO	CLIMA CALIDO
1	Sistemas con conexiones	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90m ²	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas publicas	30-50	30-50	30-50

Fuente: Guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento.

Variaciones de consumo

“Para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada estructura de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas no desarticulen todo el sistema, sino que permitan un servicio de agua eficiente y continuo” (Agüero, 1997, p.24).

Consumo Promedio Diario Anual (Q_p.)

“El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s) y se determina mediante la siguiente relación” (Agüero, 1997, p.24):

$$Q_p = \frac{P_f * Dotación(d)}{86400 (s/día)} \dots \dots \dots (3)$$

donde:

Q_p : Consumo Promedio Diario (l/s)

P_f : Poblacion Futura o de diseño (hab)

d : Dotación (l/hab/día)

Consumo Máximo Diario (Q m.d.) y Consumo Máximo Horario (Qm.h.)

“El consumo máximo diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año; mientras que el consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo” (Agüero, 1997, p.24).

Los gastos máximo diario y máximo horario se obtienen a partir del gasto medio

$$Q_{md} = Q_p * k_1 \dots \dots \dots (4)$$

$$Q_{mh} = Q_p * k_2 \dots \dots \dots (5)$$

donde:

k_1 : Coeficiente de variación diaria

k_2 : Coeficiente de variación horaria

Según el RNE en los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidas al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes, indicados en el Tabla N° 5:

Tabla 6*Coefficiente de Variación de Consumo Según RNE – Habilitaciones Urbanas*

ITEM	COEFICIENTE	VALOR
1	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Diaria (K1)	1.3
2	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Horaria (K2)	1.8 a 2.5

Fuente: Guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento.

1.6.3. Sistema de Abastecimiento de agua potable

“Un sistema de Abastecimiento de agua es un conjunto de diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua; un sistema de abastecimiento de agua potable consta fundamentalmente de las siguientes partes:” (Rodríguez, 2001, p. 24).

1. Fuente de Abastecimiento.
2. Obra de Captación.
3. Líneas de Conducción.
4. Regularización almacenamiento.
5. Línea de Aducción.
6. Red de Distribución

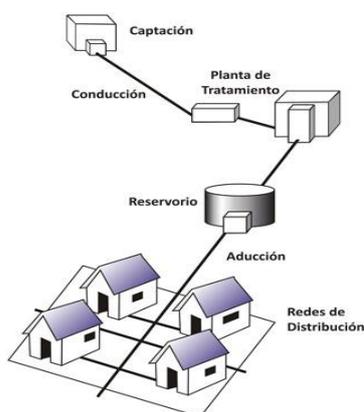


Figura 6: Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías Rurales.

1.6.4. Fuentes de Abastecimiento

“A fin de definir la o las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, se deberán realizar los estudios que aseguren la calidad y cantidad que requiere el sistema, entre los que incluyan: identificación de fuentes alternativas, ubicación geográfica, topografía,

rendimientos mínimos, variaciones anuales, análisis físico químicos, vulnerabilidad y microbiológicos y otros estudios que sean necesarios. La fuente de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deberá asegurar el caudal máximo diario para el período de diseño.” (R.N.E., 2017, p. 134).

“Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población. De acuerdo a la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente: aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas.” (Agüero, 1997, p.27).

1.6.5. Tipos de Fuentes de Agua

Agua de Lluvia

“La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico. En el Figura N° 4 se muestra la captación del agua de lluvia mediante el techo de una vivienda.” (Agüero, 1997, p.27).

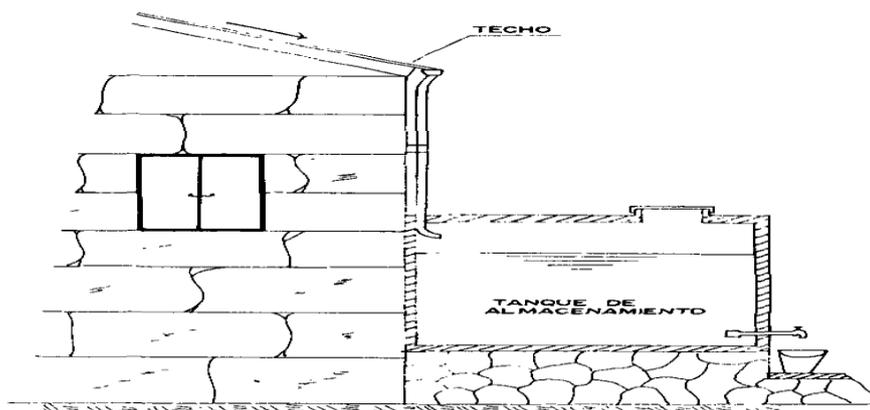


Figura 7: Captación de agua de Lluvia; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Aguas Superficiales

“Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo, a veces no existe

otra fuente alterativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua (ver Figura N° 5).” (Agüero, 1997, p.28).

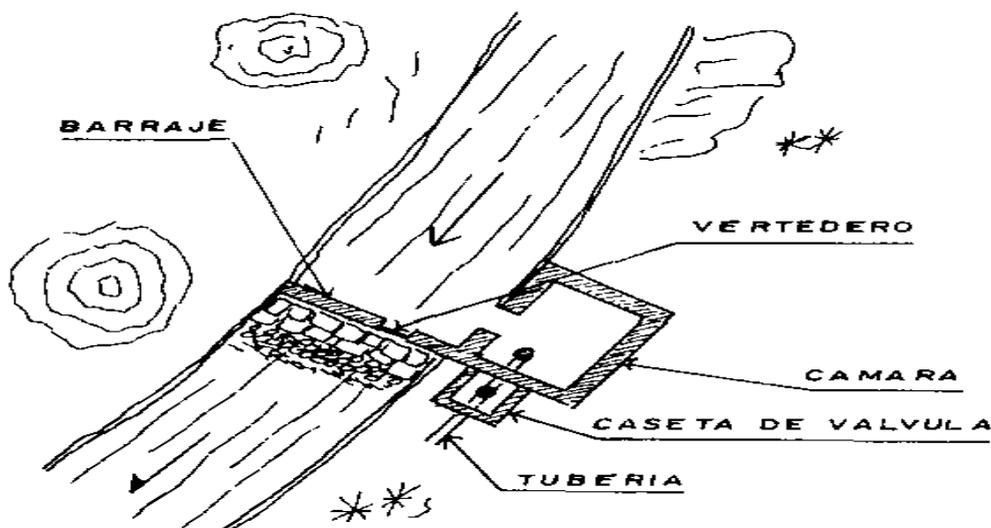


Figura 8: Captación de agua superficial; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Aguas Subterráneas

“Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares). En la Figura N° 6 se observa una de las muchas formas de aprovechamiento del agua subterránea con fines de consumo humano.” (Agüero, 1997, p.28).

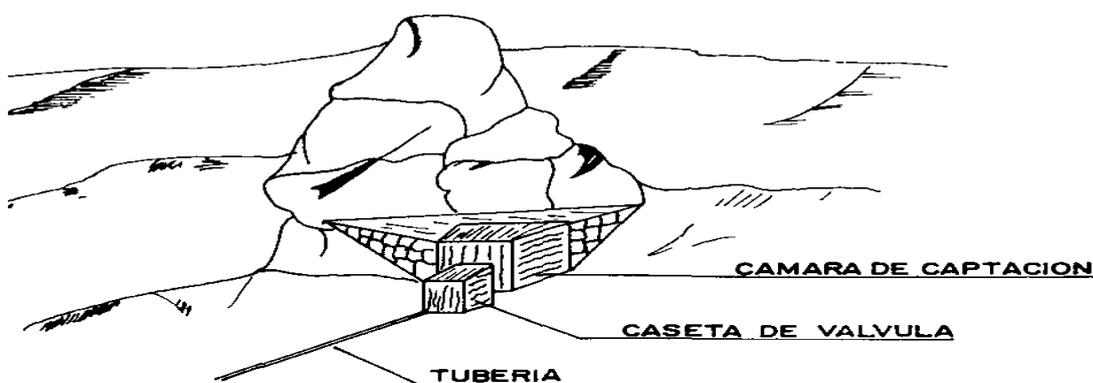


Figura 9: Captación de agua Subterráneas; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

1.6.6. Captación

“El diseño de las obras deberá garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario protegiendo a la fuente de la contaminación. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones generales:” (R.N.E, 2017, p. 134).

Aguas Superficiales

a) “Las obras de toma que se ejecuten en los cursos de aguas superficiales, en lo posible no deberán modificar el flujo normal de la fuente, deben ubicarse en zonas que no causen erosión o sedimentación y deberán estar por debajo de los niveles mínimos de agua en periodos de estiaje.

b) Toda toma debe disponer de los elementos necesarios para impedir el paso de sólidos y facilitar su remoción, así como de un sistema de regulación y control. El exceso de captación deberá retornar al curso original.

c) La toma deberá ubicarse de tal manera que las variaciones de nivel no alteren el funcionamiento normal de la captación.”(R.N.E., 2017, p. 134).

Barraje Fijo sin Canal de Derivación

“Las bocatomas de barraje fijo son aquellas que tienen una presa sólida, para elevar el tirante frente a las compuertas de captación, tanto en épocas de avenida y en estiaje.

Esta alternativa es posible cuando el régimen del río es uniforme y la capacidad de captación de la tomar es menor que la descarga promedio del río, por lo que no es necesario ninguna regulación, ya que el exceso de agua pasará encima de la presa.” (Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018, p. 03).

Ancho del encauzamiento

Caudal de diseño:

Q : Caudal (m³/s)

Br : Ancho de la quebrada (m)

S : Pendiente de la quebrada (m/m)

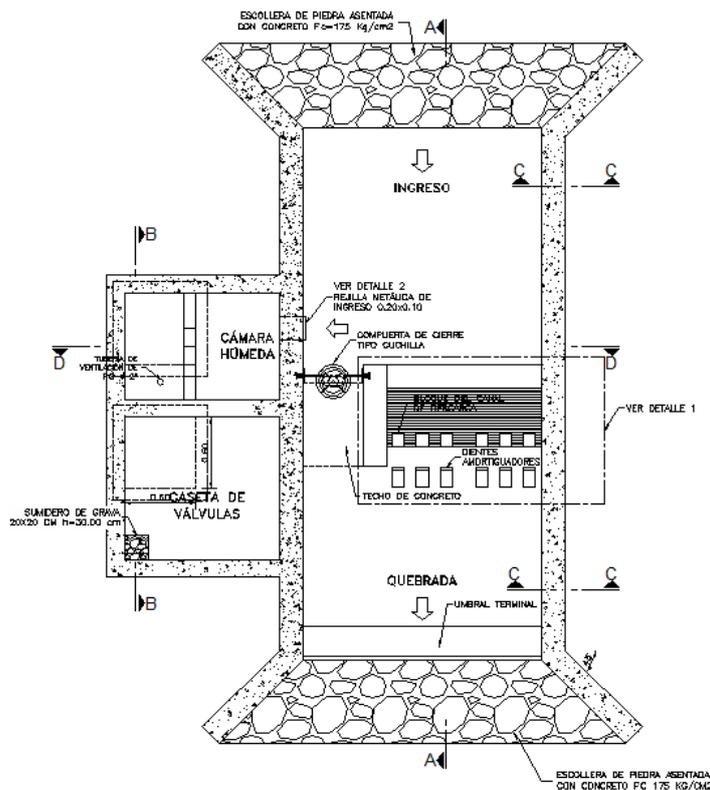


Figura 10: Barraje fijo sin canal de derivación; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Componentes Principales

Los componentes principales para el diseño del canal de derivación son:

- ✓ Canal, el dimensionamiento se debe realizar con la fórmula de diseño de canales. De forma general, se puede expresar como:

$$A_c = \frac{Q_{md}}{V} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

A_c : Área efectiva del flujo del agua en m²

Q_{md} : Caudal máximo diario en l/s

V : Velocidad de flujo en m/s (no debe ser < 0,6 m/s)

- ✓ Boca de toma, consiste en una estructura acoplada al canal de derivación, donde se encuentran empotradas las rejas que permiten el paso del agua y retienen los sólidos flotantes, debe de cumplirse lo siguiente:
 - La sección efectiva se determina en función del caudal máximo diario (Q_{md}), el diseño de la reja de protección y a los niveles de fluctuación del curso de agua.
 - La regulación de entrada se realiza a través de una compuerta, preferentemente del tipo plana deslizante vertical.

- Para el dimensionamiento de las rejas debe remitirse al “cálculo de la boca de toma”. Se recomienda la instalación de por lo mínimo dos rejas con diferente espaciamiento entre barras. La distancia mínima entre rejas debe ser de 0,8 m, previéndose una cámara o canal de limpieza entre rejas.
 - La primera reja, que se encuentra en contacto directo con el río, debe ser gruesa (espacio entre barras de 7,5 cm a 15 cm) o mediana (espacio entre barras de 2 cm a 4 cm), y preferentemente debe orientarse en sentido paralelo al flujo del río para favorecer la auto limpieza.
 - La segunda reja debe tener una malla fina de diámetro libre de orificio de 3 mm a 5 mm, y debe orientarse con una inclinación de 70° a 80° en relación a la horizontal.
- ✓ Obras de encauzamiento y protección, dependiendo de las características morfológicas del lugar de toma, deben construirse muros de protección y/o encauzamiento.

Es recomendable la construcción de un enrocado con concreto ciclópeo de las paredes del cauce, en una longitud mínima de 1,0 m y una altura mínima de 0,30 m, para evitar el desmoronamiento del terreno y dar protección a la toma. También la colocación de rocas sobre el lecho del cauce aguas arriba de la captación, con la finalidad de reducir la velocidad del flujo y elevar el tirante de agua en el área de captación.

Para la comprobación hidráulica se aplica la fórmula de Manning-Strickler:

$$v = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

Rh : Radio hidráulico (m), es la relación entre área de escurrimiento y el perímetro mojado

i : Pendiente del canal en el tramo en m/m

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

Tabla 7
Coeficientes de rugosidad de Manning

MATERIAL	n
Concreto	0,015
Ladrillo	0,015
Mampostería de piedra	0,020
Tierra	0,025 - 0,040

Fuente: RM-192-2018 - VIVIENDA, página 45.

La velocidad mínima debe ser de 0,60 m/s. Las velocidades máximas según el tipo de material se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8

Velocidades máximas admisibles

MATERIAL	v (m/s)
Concreto de:	
140 kg/cm ²	2,0
210 kg/cm ²	3,3
250 kg/cm ²	4,0
280 kg/cm ²	4,3
315 kg/cm ²	5,0
Ladrillo	2 - 3
Mampostería de piedra	3 - 5
Tierra	< 1

Fuente: RM-192-2018 - VIVIENDA, página 45

Tirante de la Quebrada

Tirante Normal de la Quebrada

n : 0.04 Material considerado

Br : Ancho de la Quebrada (m)

Qrio : Caudal que transporta la quebrada (m³/s)

S rio : Pendiente de la quebrada (m/m)

g : 9.81 m/s²

$$Q_R = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n \cdot P^{\frac{2}{3}}} = \frac{(B_r \cdot Y_{nr})^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n(2Y_{nr} + B)^{2/3}} \dots \dots \dots (8)$$

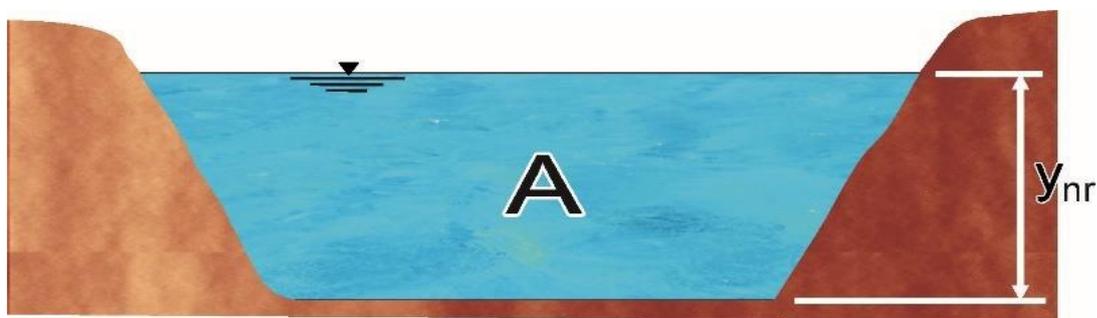


Figura 11: Tirante de la Quebrada; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Debe calcularse el valor de Ynr por tanteo o por software “Hcanales”

También tirante crítico Yc

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Qr^2}{g \cdot Br^2}} \dots \dots \dots (9)$$

- Cálculo de velocidad media de la quebrada

$$V_r = \frac{Q_r}{A_r} \dots \dots \dots (10)$$

$$A_r = y_{nr} \cdot B_r \dots \dots \dots (11)$$

- Cálculo de Diseño de la Cresta Creager

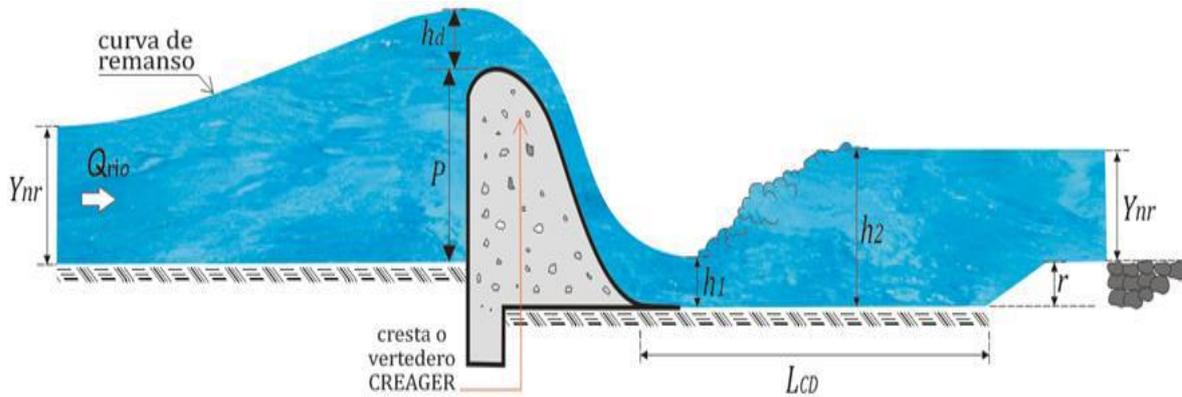


Figura 12: Cálculo de diseño de la Cresta Creager; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.).

Carga sobre el barraje

$$Q = \frac{2}{3} (u \cdot b \cdot \sqrt{2g}) \left[\left(h_d + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} \right] \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

U : Coeficiente según forma de la cresta (u = 0.75)

b : Ancho del encausamiento (m)

v : Velocidad de acercamiento de la quebrada (m/s)

g : Gravedad (g = 9.81 m/s²)

hd : Altura de carga hidráulica o tirante de agua sobre la cresta del vertedero

- Cálculo de la velocidad de agua sobre la cresta del azud

$$V = \frac{Q}{A} \rightarrow Q = V \cdot A$$

$$A = b \cdot h d \dots \dots \dots (13)$$

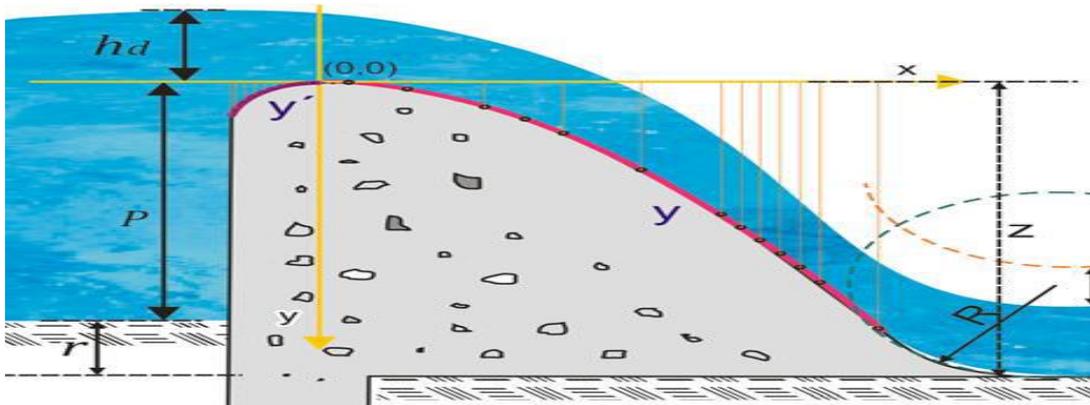


Figura 13: Cálculo Velocidad sobre la Cresta del Azud; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

- Cálculo de la carga energética (h_e)

$$h_e = h + \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (14)$$

Cresta del barraje

$$y' = 0.724 \cdot \left(\frac{x + 0.27h_d}{hd^{0.35}} \right)^{1.85} + 0.126 h_d - 0.4315 h_d^{0.375} \cdot (x + 0.27 h_d)^{0.625} \dots \dots \dots (15)$$

$$y = \frac{x^{1.85}}{2 \cdot hd^{0.85}} \dots \dots \dots (16)$$

Altura del azud

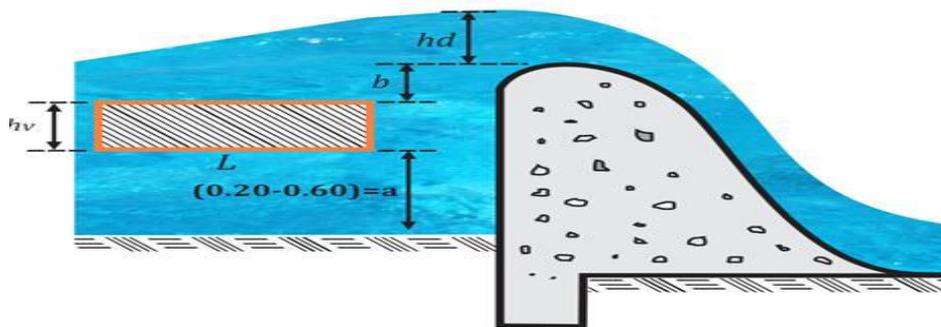


Figura 14: Altura del Azud; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Donde:

Z : Altura del vertedero (m)

Br : Ancho del encauzamiento (m)

Q : Caudal máximo de diseño

A : Altura del umbral del vertedero de captación (m)

hv : Altura de la ventana de captación (m)

P : Altura del Azud (m)

Dimensionamiento del canal de derivación

Por relación de áreas

El área hidráulica del canal desarenador tiene una relación de 1/10 del área obstruida por el aliviadero.

$$A_1 = \frac{A_2}{10} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

N de pilares : 1

A1 : Área del barraje móvil

A2 : Área del barraje fijo

Numero de componente: 1.00

Diseño del Colchón Disipador

Calculo de h1

De acuerdo a la figura:

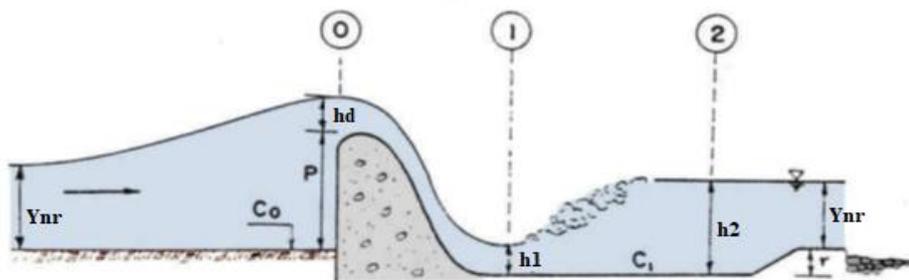


Figura 15: Parámetros Hidráulicos

$$E_0 = C_0 + P + h_d + \frac{VH^2}{2g} \dots \dots \dots (18)$$

$$E_1 = C_1 + h_1 + \frac{V1^2}{2g} \dots \dots \dots (19)$$

Par Bernoulli: $E_0 = E_1 + h_f 0-1$

Reemplazando

$$C_0 + P + h_d + \frac{VH^2}{2g} = C_1 + h_1 + \frac{V1^2}{2g} + h_f 0-1$$

$$\frac{V1^2}{2g} = C_0 - C_1 + P + h_d + h_1 + \frac{VH^2}{2g} - h_f 0-1$$

$$V1 = (2g \times (C_0 - C_1 + P + h_d - h_1 + \frac{VH^2}{2g} - h_f 0-1))^{1/2}$$

Donde:

C_0 : cota del terreno en 0

C_1 : cota del colchón disipador

P : altura del barraje

- hd : altura de lámina vertiente
- h1 : tirante del río al pie del talud
- hf 0-1 : pérdida por fricción entre 0 y 1
- VH : velocidad en la cresta del barraje vertedero
- V1 : velocidad al pie del talud

Para resolver es necesario asumir ciertos valores tales como:

$$r = (C_0 - C_1), 0.35 \text{ m}$$

$$h_{f0-1} = (0.1 \times V_H^2 / 2g), \text{ (en m.)}$$

$$h_1 \geq 0.1 \text{ m.}$$

Reemplazando

$$V_1 = (2g \times (r + p + h_d - h_1 + 0.9 \times V_H^2 / 2g))^{1/2} \dots\dots\dots (20)$$

Este valor calculado por la ecuación necesita una comprobación, ya que:

$$V_1 = Q_1 / A_1 = Q_1 / (b_1 \cdot h_1) \dots\dots\dots (21)$$

Cálculo de tirante conjugado mayor (h2)

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{2} + \frac{2 * V_1^2 * h_1}{g}} \dots\dots\dots (22)$$

Comprobando:

$$h_2 \leq Y_{nr} + r$$

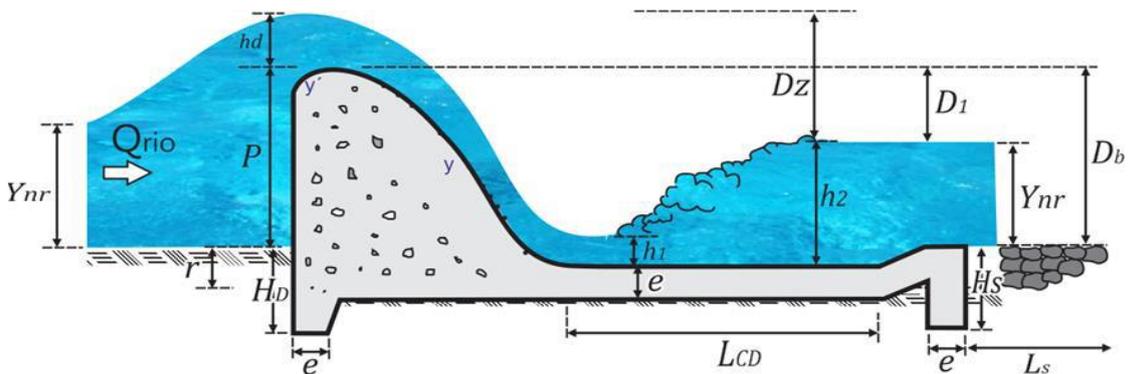


Figura 16: Cálculo Longitud Colchón Disipador; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

- Cálculo de la longitud de protección y enrocado

$$L_s = 0.6 C . D^{1/2} \left[1.12 \left(\frac{q \cdot D_b}{D_1} \right)^{1/2} - 1 \right] \dots \dots \dots (23)$$

$$D_1 = P - Y_{nr}$$

$$D_b = D_1 + Y_{nr}$$

$$q = \frac{Q_{río}}{B_r}$$

Reemplazando:

$$H_s = K \cdot \sqrt{q \sqrt{Dz} - Y_{nr}} \dots \dots \dots (24)$$

- Cálculo de “e”; espesor para resistir el impacto del agua que baje al colchón disipador
Por Criterio Estructural

$$e = \frac{4}{3} \left(\frac{Y}{Y_c} \right) h_{sp} \dots \dots \dots (25)$$

Y = 1,800 kg/m³
Y_c = 2,400 kg/m³

- Cálculo del radio de enlace

$$R = 10 \left[\frac{V^2 + 6.4 \cdot hd}{3.6 h + 64} \right] \dots \dots \dots (26)$$

Dónde:

R : Radio de enlace (m)

V : velocidad (pie/s)

hd : (pies)

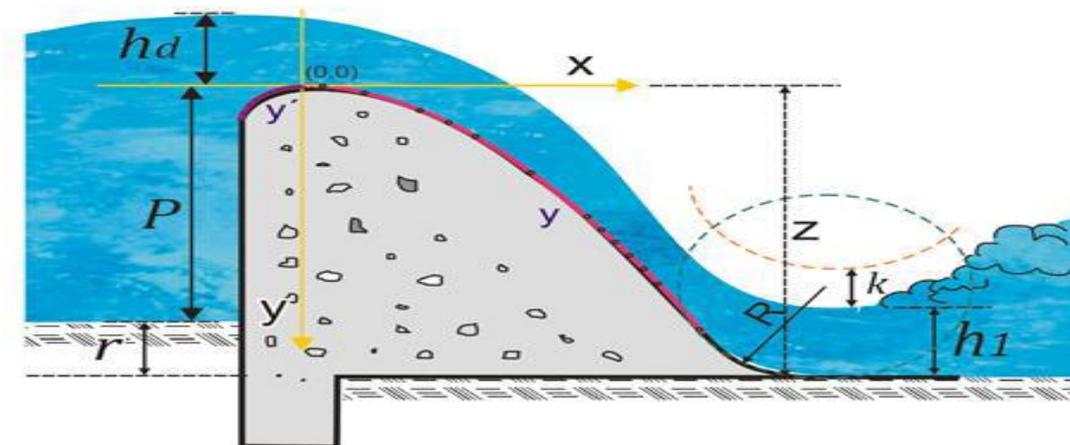


Figura 17: Calculo Radio de Enlace (V1 > 1.5 m/s); (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Dónde:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{h_1 \cdot B_r} \dots \dots \dots (27)$$

Bloque de amortiguamiento

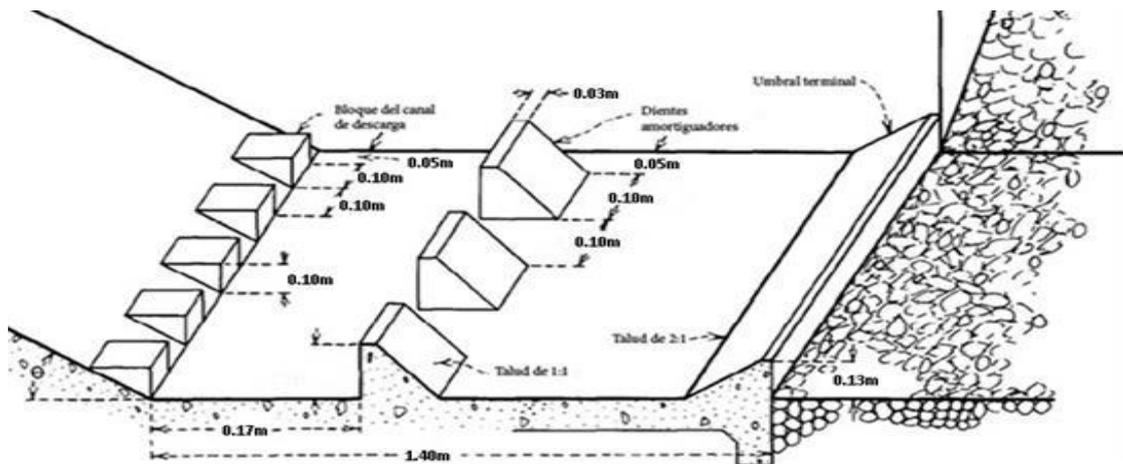


Figura 18: Bloques de Amortiguamiento; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

Diseño de Ventana de Captación

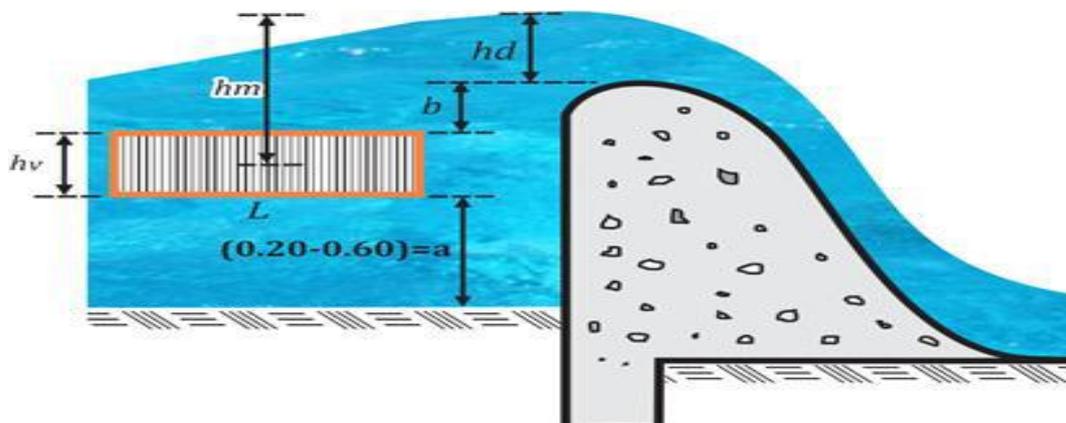


Figura 19: Esquema Ventana Captación; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

• Cálculo de la selección de la ventana

Tenemos la ecuación general para un orificio

Nº ventanas = 1.00

$$Q_o = C.A.(2.g.h_m)^{1/2} \dots \dots \dots (28)$$

Dónde:

Qd : Caudal de derivación (m³/s)

Qo : Caudal del orificio de descarga (m³/s)

C : Coeficiente del vertedero (0.6)

g : Gravedad (g = 9.81 m/s²)

h_m : Altura desde el medio de la ventana hasta N.A (m)

h_v : Alto de la ventana $h_v = 0.10\text{m}$ (Se estima 0.10-0.30 m)

L : Longitud de la ventana (m)

A : Área de la ventana = $h_v \times L$

Despejando:

$$L = \frac{Q_o}{C \cdot h_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m}} \dots \dots \dots (29)$$

1.6.7. Línea de conducción

“Se denomina obras de conducción a las estructuras y elementos que sirven para transportar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento. La estructura deberá tener capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario.” (R.N.E., 2017, p. 135).

“Es la estructura que permite conducir el agua desde la captación hasta la siguiente estructura, que puede ser un reservorio o planta de tratamiento de agua potable. Este componente se diseña con el caudal máximo diario de agua; y debe considerar: anclajes, válvulas de purga, válvulas de aire, cámaras rompe presión, cruces aéreos, sifones. El material a emplear debe ser PVC; sin embargo, bajo condiciones expuestas, es necesario que la tubería sea de otro material resistente.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018, p. 76).

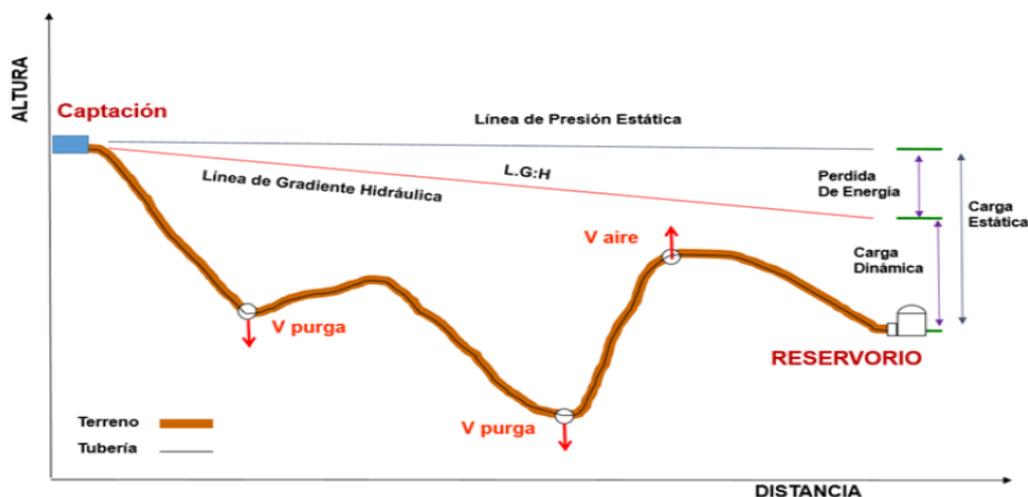


Figura 20: Línea de Conducción; (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural.)

1.6.8. Línea de Gradiente Hidráulica

“La línea de gradiente hidráulica (L.G.H.) indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulica para un caudal que descarga libremente en la atmosfera (como dentro de un tanque), puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positiva o negativa, como se ilustra en la Figura 18.” (Agüero, 1997, p.56).

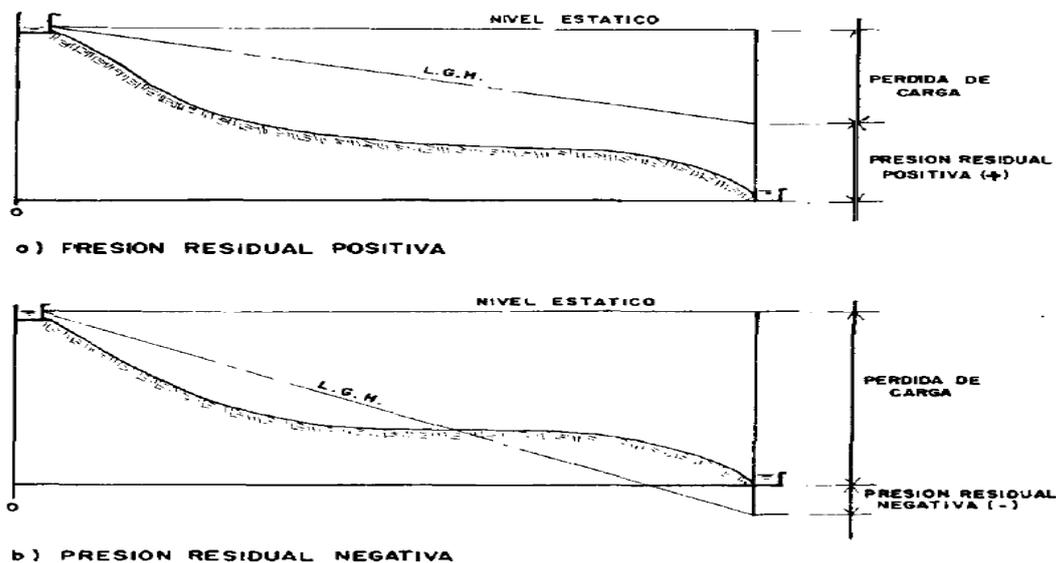


Figura 21: Presiones Residuales Positivas y Negativas; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.)

“En el Figura 18a. se observa la presión residual positiva, que indica que hay un exceso de energía gravitacional; quiere decir, que hay energía suficiente para mover el flujo. En la Figura 18b se observa la presión residual negativa, que indica que no hay suficiente energía gravitacional para mover la cantidad deseada de agua; motivo suficiente para que la cantidad de agua no fluya. Se puede volver a trazar la L.G.H. usando un menor caudal y/o un diámetro mayor de tubería con la finalidad de tener en toda la longitud de la tubería una carga operativa de agua positiva.” (Agüero, 1997, p.56).

1.6.9. Cálculo Hidráulico de Tuberías a Presión

Para el cálculo de las tuberías que trabajan con flujo a presión se utilizarán fórmulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, se utilizarán los coeficientes de fricción que se establecen en la Tabla N° 10. Para el caso de tuberías no consideradas, se deberá justificar.

Diseño de Tuberías a Presión

Para el diseño deben considerarse los siguientes elementos:

- Trazado de la línea de conducción
- Caudal de diseño
- Material y clase de tubería
- Velocidad
- Diámetros mínimos
- Pendientes.

1.6.10. Trazado de la línea de conducción

El trazado de la línea de conducción debe realizarse previo reconocimiento en campo del relieve topográfico, geológico y tipo de suelo, en lo posible paralelo a las vías públicas y caminos e uso general de la población.

En el trazado además de considerar el caudal de diseño, vida útil, y análisis económico, los siguientes factores:

Que la conducción sea cerrada (en lo posible a presión).

Que el trazado sea lo más directo posible desde la fuente a la planta de tratamiento y/o tanque de almacenamiento o red de distribución.

Que la línea evite, en lo posible los tramos de difícil construcción o inaccesibles

Que este siempre por debajo de la línea piezométrica a fin de evitar zonas de depresión que representa un peligro de aplastamiento de la tubería y posibilidad de cavitación.

Que eviten presiones superiores a las máximas permisibles que afectan la seguridad de la conducción.

Que la línea evite, en lo posible, zonas de deslizamiento e inundaciones.

Que se eviten tramos de pendiente y contra pendiente que pueden causar bloqueos de aire en la línea.

Se debe estudiar variantes para acortar la longitud de conducción (trazados en túnel), o evitar terrenos que tengan aguas freáticas muy superficiales.

Se deben determinar las cotas del terreno de los siguientes puntos:

Obra de toma.

Pasos de los accidentes topográficos sobre la línea del trazado.

Cambios bruscos de sentido y pendiente.

Tanque de almacenamiento o planta de tratamiento.

Otros puntos relevantes del terreno que determinen el trazado de la tubería.

La diferencia de elevación entre el punto de ingreso de agua y cualquier punto tubería abajo, determinará la presión estática interna en la tubería.

La presión estática entre puntos extremos de la tubería de conducción, determinará el material y las características mecánicas de trabajo de la tubería y la necesidad de colocar válvulas o cámaras rompe presión.

1.6.11. Material de tubería

La elección del material debe ser efectuada con base en:

- Las características topográficas.
- Calidad del agua.
- Tipo de suelo.
- Resistencia a la corrosión y agresividad del suelo.
- Resistencia a esfuerzos mecánicos producidos por cargas externas e internas.
- Características de comportamiento hidráulico (velocidades, presiones, golpe de ariete).
- Vida útil del proyecto.
- Costos de operación y mantenimiento.
- Análisis económico.

Un sistema de conducción puede estar constituido por tramos de diferentes materiales elegidos de acuerdo a su funcionamiento, operación y mantenimiento, condiciones de implementación en el terreno y esfuerzos actuantes.

El material de las tuberías debe ser seleccionado de acuerdo a las características que satisfagan las necesidades del proyecto, considerando principalmente los costos iniciales y de mantenimiento, así como la seguridad de la tubería.

1.6.12. Clase de Tubería

Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la

presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

En la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua potable se utilizan tuberías de PVC. Este material tiene ventajas comparativas con relación a otro tipo de tuberías: es económico, flexible, durable, de poco peso y de fácil transporte e instalación.

En la Tabla N° 08 y la Figura 19, se presentan las clases comerciales de tuberías PVC con sus respectivas cargas de presión.

Tabla 9

Clase de tuberías PVC y máxima presión de trabajo

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE PRUEBA (m.)	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (m.)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

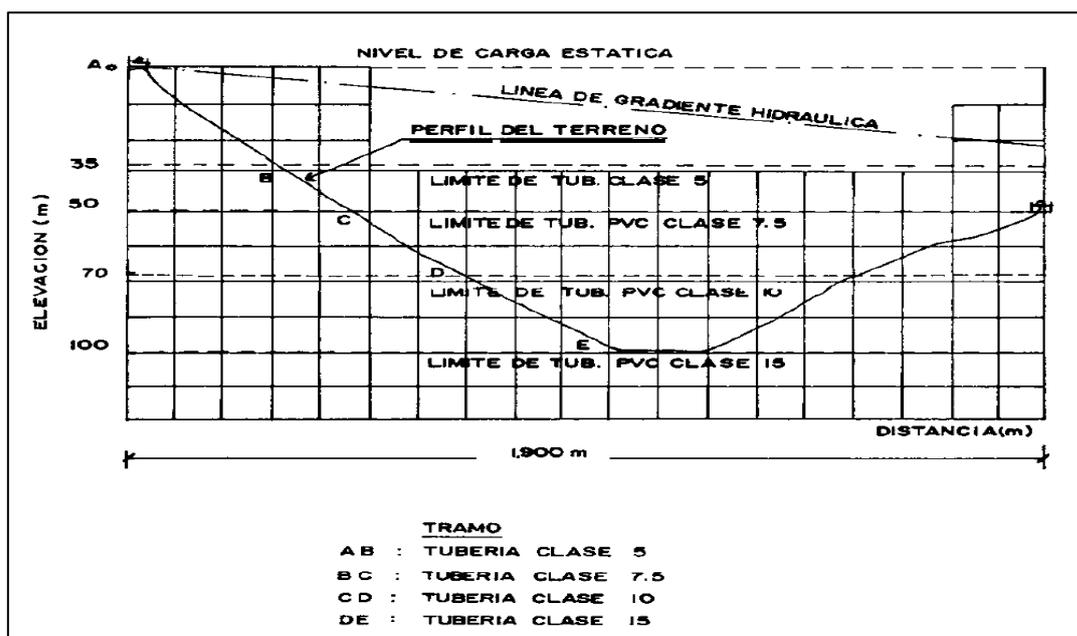


Figura 22: Presiones máximas de trabajo para diferentes clases de tuberías PVC; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales)

Cuando las presiones sean mayores a las que soporta la tubería PVC, Cuando la naturaleza del terreno haga antieconómica la excavación y donde sea necesaria la construcción de acueductos, se recomienda utilizar tubería de fierro galvanizado.

1.6.13. Velocidades de diseño

La velocidad máxima debe ser considerada en función del tipo de material de la tubería, de acuerdo a la Tabla N° 10.

Tabla 10

Velocidades máximas permisibles en tuberías

Material	Velocidad (m/s)
Tubería revestida de hormigón simple	3,00
Tubería de hormigón centrifugado	3,50
Tubería de asbesto cemento	5,00
Tubería de PVC	5,00
Tubería de hierro fundido	5,00
Tubería acero galvanizado	5,00
Tubería de acero	5,00

Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable

A objeto de mitigar los efectos por golpe de ariete, y en general cuando éste sea inminente, se recomienda que la velocidad máxima no deba superar a 1,50 m/s.

La velocidad mínima en la tubería debe ser establecida en función de la velocidad de auto limpieza. La velocidad mínima recomendada es de 0,60 m/s.

Diámetros mínimos

Para la selección del diámetro de la tubería de conducción deben analizarse las presiones disponibles, las velocidades de escurrimiento y las longitudes de la línea de conducción.

La elección debe estar basada en un estudio comparativo técnico económico mediante las técnicas de optimización que tornen mínima la función costo anual. La experiencia indica que en conducciones el diámetro mínimo es de 2 pulgadas (zona rural) por motivos socioeconómicos.

Pendientes

Con el objeto de permitir la acumulación del aire en los puntos altos y su eliminación por las válvulas colocadas para tal efecto y facilitar el arrastre de sedimentos hacia los puntos bajos para el desagüe de las tuberías, éstas no deben colocarse en forma horizontal.

Las pendientes mínimas deben ser:

$j = 0,04\%$, cuando el aire circula en el sentido de escurrimiento del agua

$j = 0,10\%$ a $0,15\%$, cuando el aire circula en el sentido contrario al escurrimiento del agua.

En este último caso la pendiente no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica de ese tramo.

Cuando se considere necesario uniformar pendientes a costa de mayor excavación a efectos de evitar un gran número de válvulas de aire y cámaras de limpieza, debe realizarse una comparación económica de ambas variantes.

Pérdidas de carga

La pérdida de carga es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido de un punto a otro en una sección de la tubería. Las pérdidas de carga pueden ser lineales o de fricción y singulares o locales. Las primeras, son ocasionadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto entre el fluido y la tubería; y las segundas son producidas por las deformaciones de flujo, cambio en sus movimientos y velocidad (estrechamientos o ensanchamientos bruscos de la sección, torneado de las válvulas, grifos, compuertas, codos, etc.).

Cuando las pérdidas locales son más del 10% de las pérdidas de fricción, la tubería se denomina corta y el cálculo se realiza considerando la influencia de estas pérdidas locales.

Debido a que en la línea de conducción las pérdidas locales no superan el 10%, para realizar los cálculos hidráulicos solamente se consideran las pérdidas por fricción.

Para el cálculo de la pérdida de carga continua, pueden utilizarse muchas fórmulas, sin embargo una de las más usadas en conductos a presión, es la de Hazem y Williams. Esta fórmula es válida únicamente para tuberías de flujo turbulento, con comportamiento hidráulico rugoso y con diámetros mayores a 2 pulg.

$$H_f = 10,674 * \left[\frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} * D^{4.86})} \right] * L \dots \dots \dots (30)$$

Siendo:

H_f , pérdida de carga continua, en m.

Q, Caudal en m³/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

L, Longitud del tramo, en m.

Tabla 11

Valores del coeficiente Chw de Hazen – Williams

Material	C_{hw}
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
PVC	150

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se deben calcular las pérdidas de carga localizadas ΔH_i en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales se evaluarán mediante la siguiente expresión:

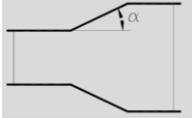
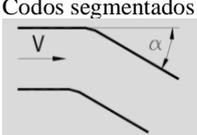
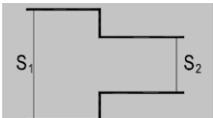
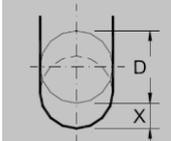
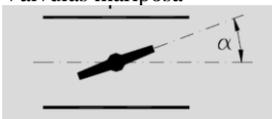
$$\Delta H_i = K_i \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (31)$$

Dónde:

- ΔH_i , pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas, en m.
- K_i , coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver Tabla).
- V, máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula en m/s.
- G, aceleración de la gravedad, m/s².

Tabla 12

Coefficiente para el cálculo de la pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas

ELEMENTO		COEFICIENTE k_i							
Ensanchamiento gradual 	α	5°	10°	20°	30°	40°	90°		
	k_i	0,16	0,40	0,85	1,15	1,15	1,00		
Codos circulares 	R/DN	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	K_{90°	0,09	0,11	0,20	0,31	0,47	0,69	1,00	1,14
$k_i = K_{90^\circ} \times \alpha/90^\circ$									
Codos segmentados 	α	20°	40°	60°	80°	90°			
	k_i	0,05	0,20	0,50	0,90	1,15			
Disminución de sección 	S_2/S_1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8			
	k_i	0,5	0,43	0,32	0,25	0,14			
Otras Entrada a depósito Salida de depósito					$k_i=1,0$	$k_i=0,5$			
	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8
Válvulas de compuerta 	k_i	97	17	5,5	2,1	0,8	0,3	0,07	0,02
	α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	
Válvulas mariposa 	k_i	0,5	1,5	3,5	10	30	100	500	
	Válvulas de globo		Totalmente abierta						
	k_i		3						

Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 78

Presiones Máximas y Mínimas

En la línea de conducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. En un tramo de tubería que está operando a tubo lleno, podemos plantear la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + H_f \dots \dots \dots (32)$$

Donde:

- Z, cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m.

- P/γ , altura de carga de presión, en m, P es la presión y γ el peso específico del fluido.
- V, velocidad del fluido en m/s.
- H_f , pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo tanto las pérdidas lineales (o longitudinales) como las locales.

Se asume que la velocidad es despreciable debido a que ha carga de velocidad, considerando las velocidades máximas y mínimas, es de 46cm. y 18cm. En base a esta consideración la ecuación queda definida como:

$$P_1/\gamma + Z_1 = Z_2 + P_2/\gamma + H_f \dots \dots \dots (33)$$

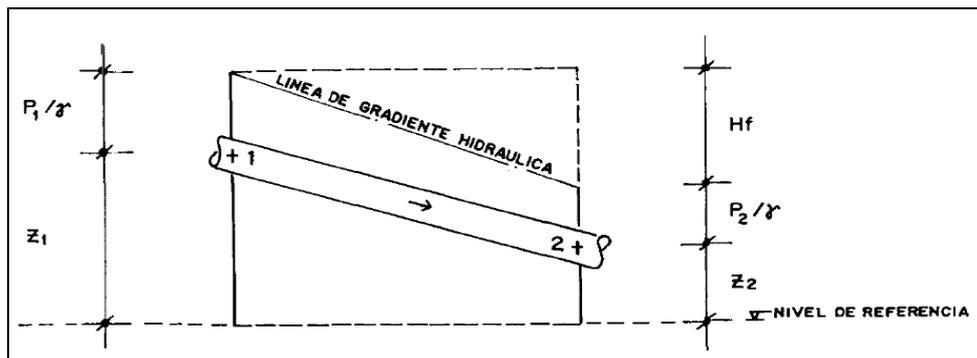


Figura 23: Energía de posición y presión; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales)

Se recomienda iniciar el diseño desde la cámara de captación. En esta estructura la presión es igual a la presión atmosférica, por lo que la carga de presión se asume como cero. El mismo criterio se aplica cuando se considera en el diseño como punto de partida una cámara rompe presión, resultando al final del tramo:

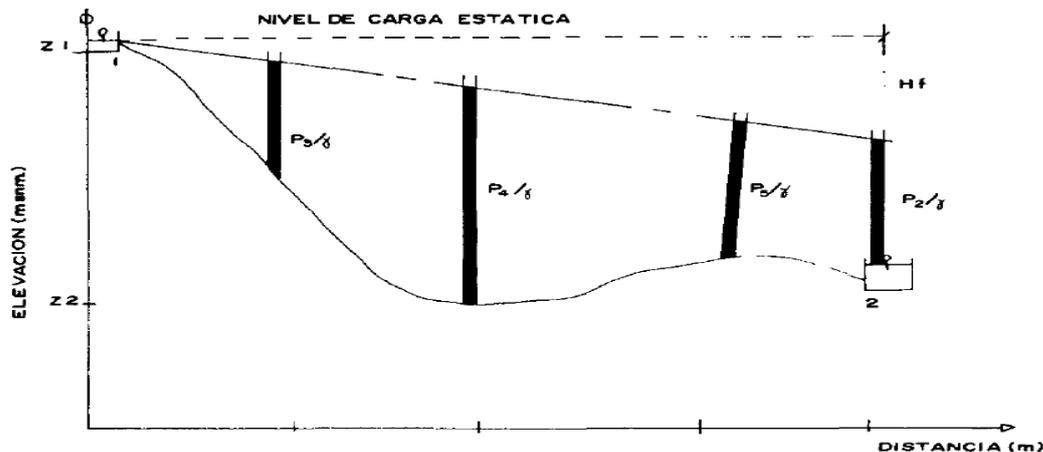


Figura 24: Equilibrio de Presiones Dinámicas; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales)

$$P_2/\gamma = Z_1 - Z_2 - H_f \dots \dots \dots (34)$$

1.6.14. Tuberías

Las conducciones formadas por segmentos rectos, podrán ser dispuestas en curva, si es necesario, mediante la deflexión de las tuberías en sus juntas, si las mismas son de tipo flexible.

La deflexión cada junta a excepción de las juntas con características especiales, es función del diámetro y no debe ser mayor a lo especificado en la Tabla N° 12 y Figura N° 22.

Los accesorios (uniones, codos, té, reducciones, válvulas, anclajes, etc.), elementos importantes complementarios a la instalación de tuberías, deben ser compatibles entre sí, en lo que se refiere a presiones de trabajo, dimensiones (diámetros, espesores, sistemas de unión).

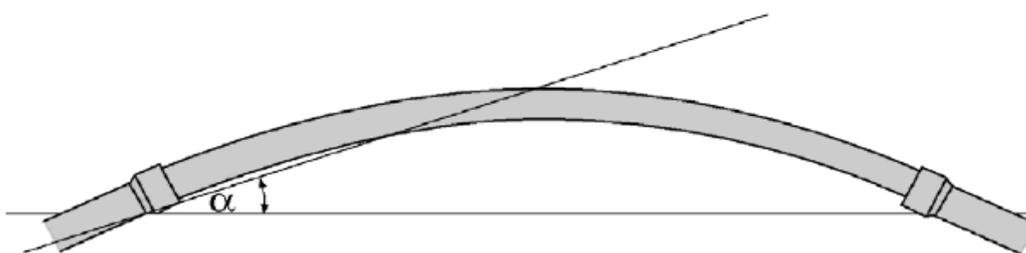


Figura 25: Deflexión en una tubería; (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable)

Tabla 13

Deflexión máxima en tuberías

Diámetro de la tubería (mm)	Deflexiones α (grados – minutos)
100	3° 0'
150	3° 0'
200	3° 0'
250	3° 0'
300	3° 0'
400	2° 40'
450	2° 25'
500	2° 10'
600	1° 45'
750	1° 25'
900	1° 10'
1000	1° 5'

Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable

Profundidad de Instalación

La profundidad mínima para el tendido de la tubería de conducción debe ser mayor o igual a 0,60 m sobre la clave de la misma.

En áreas de cultivo, cruce de caminos, líneas de ferrocarril o aeropuertos, la profundidad mínima debe ser de 1,00 m sobre la clave de la tubería. El proyectista debe justificar el uso de valores menores al indicado si éstos cuentan con un sistema de protección.

En el caso de suelos rocosos e inestables, el proyectista debe tomar medidas de protección necesarias como revestimientos de hormigón simple y anclajes.

En zonas con pendiente fuerte se deben adoptar tendidos superficiales siempre y cuando se tenga en cuenta apoyos y anclajes anti deslizables. En el caso de tuberías de PVC y PEAD deben necesariamente estar enterrados.

Cuando por la naturaleza del terreno, es necesario colocar la tubería muy próxima a la superficie, deben preverse los elementos de protección que aseguren que la misma no será sometida a esfuerzos o deformaciones que puedan provocar roturas o afectar su funcionamiento normal.

En el caso de tuberías sujetas a submergencia temporaria debe tenerse en cuenta que podrá ocurrir un levantamiento máximo debido a la subpresión, estando la tubería vacía. En este caso debe preverse la colocación de protecciones si las características de la capa freática presentasen condiciones de agresividad.

Debe verificarse que la línea piezométrica de la línea de conducción mediante tubería a presión quede ubicada en las condiciones más desfavorables de escurrimiento previsto por lo menos 2,00 m por encima de la generatriz superior de la tubería y por lo menos 1,00 m por encima de la superficie del terreno.

1.6.15. Puentes Colgantes

Los puentes colgantes son estructuras compuestas por: pilares de soporte (H^oC^o o metal) y cables de sujeción de la tubería de F.G. en hormigón armado o celosías de metal que permiten el paso del agua sobre alguna depresión natural o curso de agua (ver Figura N° 03).

Los puentes colgantes se calculan considerando que el cable principal debe formar una catenaria. El principal estado de cargas (solicitud) en el puente, considerará los pesos

propios de la tubería, cables y agua dentro de la tubería, debiéndose mayorar para prevenir el efecto de la vibración por el flujo del agua y la velocidad del viento.

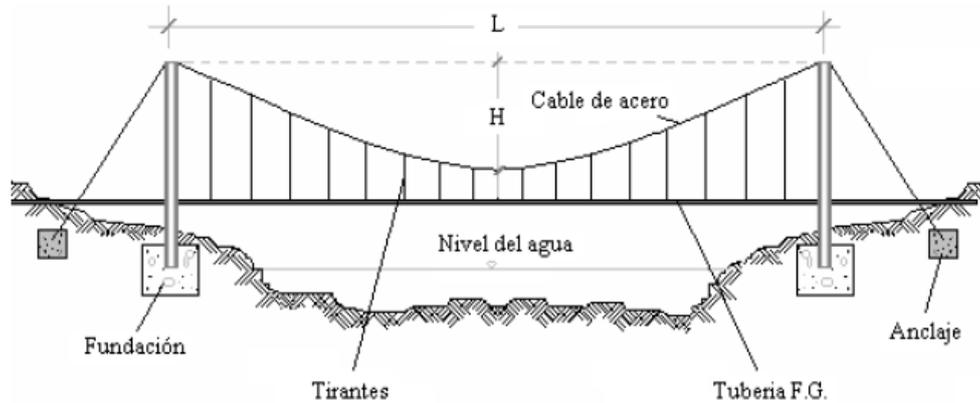


Figura 26: Puente colgante cruzando un río o quebrada; (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable)

1.6.16. Sifón Invertido

Los sifones invertidos son conductos de agua que atraviesan depresiones topográficas por presión hidráulica. Esta estructura tiene aplicación para conducir el agua potable debajo de cursos de agua y quebradas (ver Figura 24).

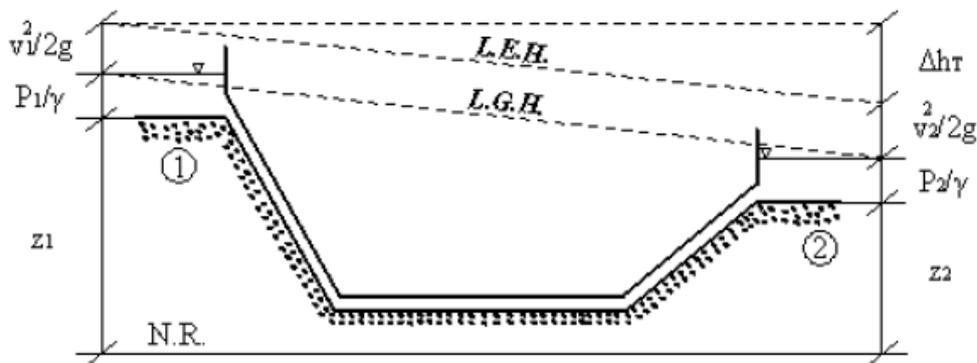


Figura 27: Sifón invertido cruzando una quebrada; (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable)

El diseño de esta estructura, se realiza mediante el análisis de las pérdidas de carga hidráulica entre el punto de entrada y salida, empleando la ecuación de Bernoulli:

$$\Delta H = E_1 - E_2 = \left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 \right) \dots \dots \dots (35)$$

Donde:

v = Velocidad del agua en m/s

g = Aceleración de la gravedad en m/s^2

p = Presión interna en la tubería en kg/m^2

γ = Peso específico del agua en kg/m^3

z = Elevación o cota sobre un nivel de referencia conocido en m

ΔH = Carga hidráulica

Subíndice 1 posición al ingreso del sifón - Subíndice 2 posición a la salida del sifón.

Se estima aceptable la velocidad mínima en sifones es de 0,6 m/s.

1.6.17. Instalación de Válvulas

Las válvulas deberán soportar las presiones de diseño y ser instalados en cajas de concreto con tapas metálicas aseguradas para evitar su manipuleo por extraños al manejo del sistema.

Las válvulas más usuales son:

- Válvula de compuerta

Se instalará al inicio de la línea para el cierre del agua en caso se requiera realizar reparaciones en la línea.

- Válvula de aire

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área de flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire pudiendo ser automáticas o manuales. Debido al costo elevado de las válvulas automáticas, en la mayoría de las líneas de conducción se utilizan válvulas de compuerta con sus respectivos accesorios que requieren ser operadas periódicamente.

Calculo Hidráulico

Para sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural, se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m², tanto por facilidad constructiva, como para permitir el alojamiento de los elementos.

La estructura será de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuyas dimensiones internas son $0,60 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$, para el cual se utilizará cemento portland tipo I.

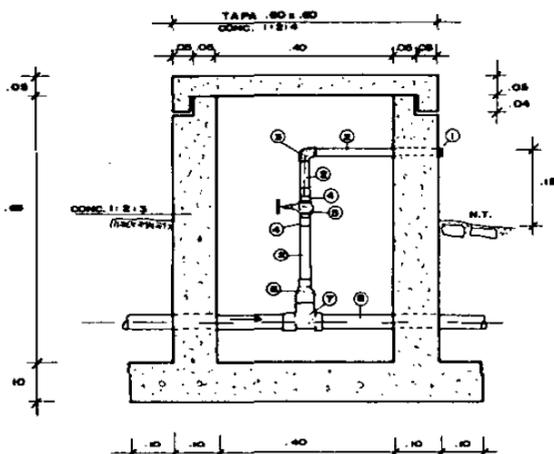


Figura 28: Válvula de Aire Manual; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales)

Tabla 14

Diámetro nominal ventosa respecto al diámetro de la tubería (mm)

DN tubería	50-250	250-450	450-550	550-700	700-1000	1000-1200
DN válvula	25-50	80	100	125-150	200	250

Fuente: Instalación de válvula ventosa en la red de conducción y distribución, EPM.

- Válvulas de purga o limpia

Es una derivación instalada sobre la tubería a descargar, provista de una válvula de interrupción (compuerta o mariposa, según diámetro) y un tramo de tubería hasta un punto de desagüe apropiado.

Calculo Hidráulico

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

La estructura sea de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, cuyas dimensiones internas son $0,60 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$ y el dado de concreto simple $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, para ello se debe utilizar el tipo de concreto según los estudios realizados.

El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.

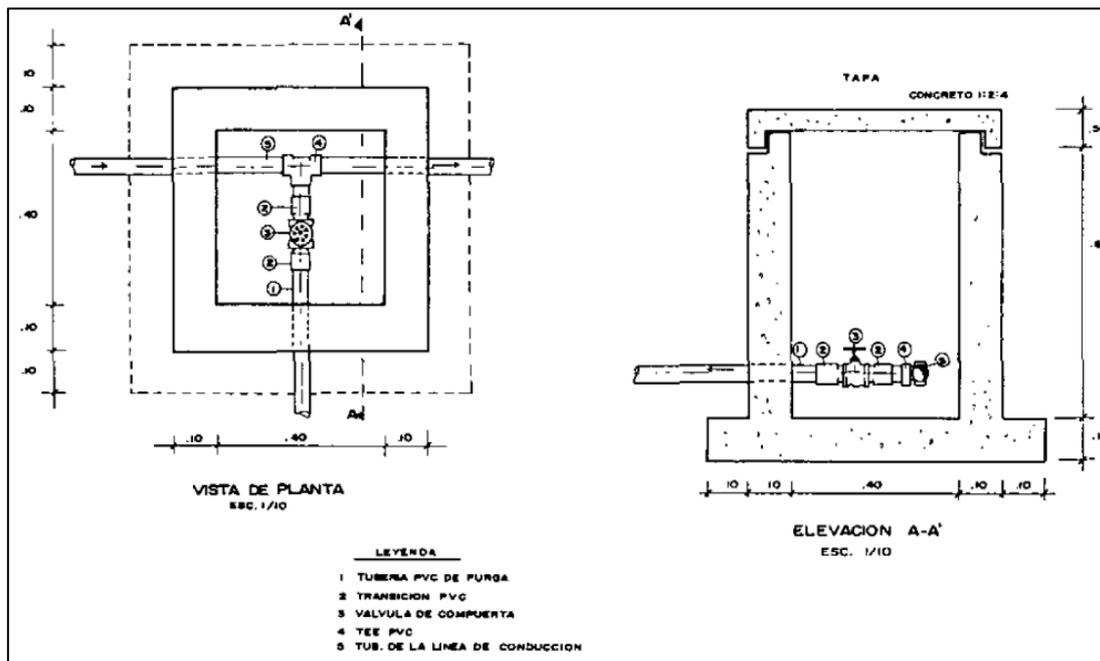


Figura 29: Válvula de purga; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales)

- Válvulas de retención

Se utiliza en línea de impulsión, para evitar el retroceso del agua, con el consiguiente vaciado del conducto y posibles daños a la bomba.

1.6.18. Pase Aéreo

El pase aéreo consiste en un sistema estructural en base a anclajes de concreto y cables de acero que permiten colgar una tubería de polietileno que conduce agua potable, dicha tubería de diámetro variable necesita de esta estructura para continuar con el trazo sobre un valle u zona geográfica que por su forma no permite seguir instalando la tubería de forma enterrada. Esta estructura está diseñada para soportar todo el peso de la tubería llena y el mismo sistema estructural, en distancias de 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 50 m, 75 m y 100 m.

El consultor, en base al diseño de su proyecto debe seleccionar el diseño de pase aéreo que más sea compatible con su caso, sin embargo, de necesitar algún modelo no incluido dentro de los modelos desarrollados, podrá desarrollar su propio diseño, tomando de referencia los modelos incluidos, para ello el ingeniero supervisor debe verificar dicho diseño.

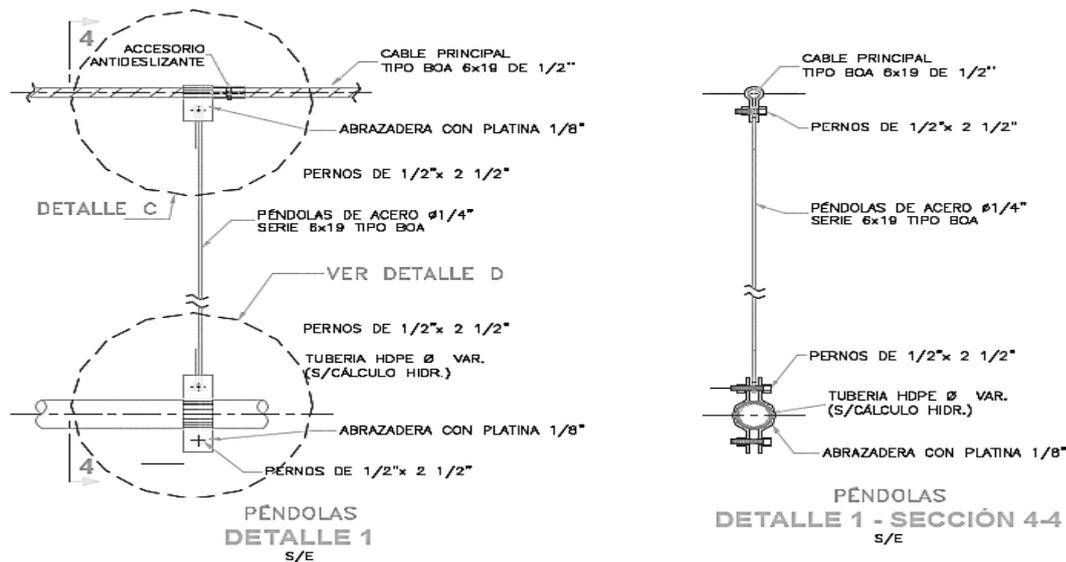


Figura 30: Detalles técnicos del pase aéreo; (Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 88)

1.6.19. Cajas de Rompe-Presión (CRP)

Cuando existe mucho desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar una tubería. En esta situación, es necesaria la construcción de cámaras rompe-presión que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños en la tubería. Estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo considerablemente los costos en las obras de abastecimiento de agua potable.

Para ello, se recomienda:

- Una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.
- La altura de la cámara rompe presión se calcula mediante la suma de tres conceptos:
 - Altura mínima de salida, mínimo 10 cm
 - Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm
 - Carga 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 debe incluir 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.

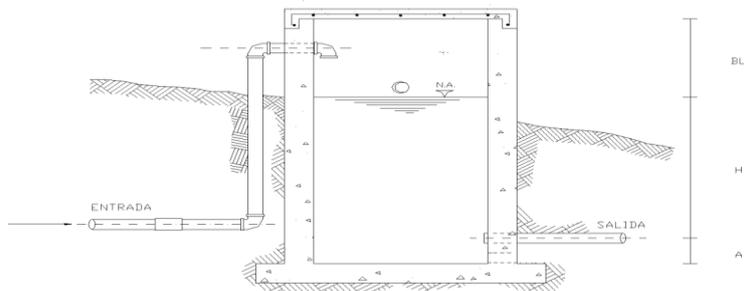


Figura 31: Cámara Rompe-Presión; (Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 82)

- Cálculo de la Cámara Rompe Presión Del gráfico:

A : altura mínima (0.10 m)

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

BL : borde libre (0.40 m)

Ht : altura total de la Cámara Rompe Presión

$$H_t = A + H + BL$$

- Para el cálculo de carga requerida (H)

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

Con menor caudal se necesitan menor dimensión de la cámara rompe presión, por lo tanto, la sección de la base debe dar facilidad del proceso constructivo y por la instalación de accesorios, por lo que se debe considerar una sección interna de 0,60 x 0,60 m. En la Figura 29 se ilustra la ubicación de las estructuras complementarias de la línea de conducción.

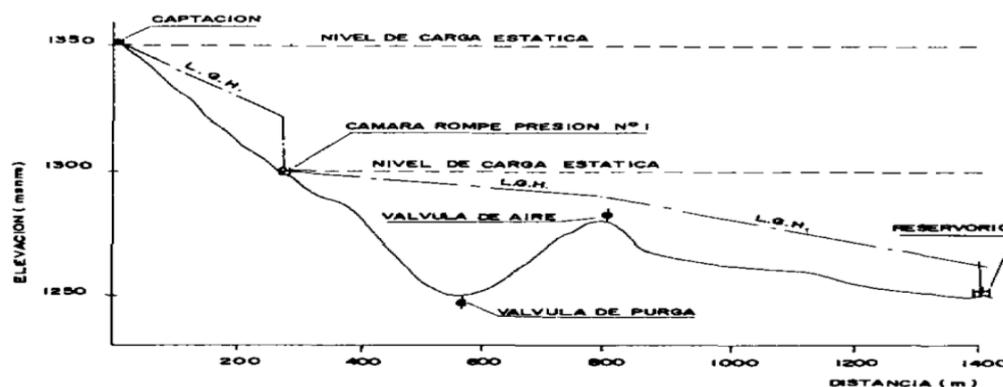


Figura 32: Ubicación de estructuras complementarias; (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales)

1.6.20. Planta de Tratamiento de Agua para el Consumo Humano

“El objetivo del tratamiento es la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del agua de bebida hasta los límites establecidos en las **NORMAS NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA** vigentes en el país.” **(RNE, 2017, p. 136).**

Los factores fisicoquímicos y microbiológicos a considerar son:

- Turbiedad.
- Color.
- Alcalinidad.
- pH.
- Dureza.
- Coliformes totales.
- Coliformes Fecales.
- Sulfatos.
- Nitratos.
- Nitritos.
- Metales pesados.

Ubicación

“La planta debe estar localizada en un punto de fácil acceso en cualquier época del año.

Para la ubicación de la planta, debe elegirse una zona de bajo riesgo sísmico, no inundable, por encima del nivel de máxima creciente del curso de agua.

En la selección del lugar, se debe tener en cuenta la factibilidad de construcción o disponibilidad de vías de acceso, las facilidades de aprovisionamiento de energía eléctrica, las disposiciones relativas a la fuente y al centro de consumo, el cuerpo receptor de descargas de agua y la disposición de las descargas de lodos. Se debe dar particular atención a la naturaleza del suelo a fin de prevenir problemas de cimentación y construcción, y ofrecer la posibilidad de situar las unidades encima del nivel máximo de agua en el subsuelo.” **(RNE, 2017, p. 138).**

Capacidad

“La capacidad de la planta debe ser la suficiente para satisfacer el gasto del día de máximo consumo correspondiente al período de diseño adoptado.” **(RNE, 2017, p. 138).**

Tipos de planta a considerar

“Dependiendo de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas como meta de calidad del efluente de la planta, el ingeniero proyectista deberá elegir el tratamiento más económico con sus costos capitalizados de inversión, operación y mantenimiento. Se establecerá el costo por metro cúbico de agua tratada y se evaluará su impacto en la tarifa del servicio.” (RNE, 2017, p. 140).

“Las unidades de la PTAP que deben diseñarse deben ser seleccionadas de acuerdo con las características del cuerpo de agua de donde se captará el agua cruda, tal como indica la tabla siguiente.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 89).

Tabla 15

Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano

ALTERNATIVAS	LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA CRUDA	
	80% DEL TIEMPO	ESPORADICAMENTE
Filtro lento (F.L.) solamente	$T_0 \leq 20$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 100$ UT
F.L. + prefiltro de grava (P.G.)	$T_0 \leq 60$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 150$ UT
F.L. + P.G. + sedimentador (S)	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 500$ UT
F.L. + P.G. + S+ presedimentador	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 1000$ UT

Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 89.

T₀: turbiedad del agua cruda presente el 80% del tiempo.

C₀: color del agua cruda presente el 80% del tiempo.

T₀ Max: turbiedad máxima del agua cruda, considerando que este valor se presenta por lapsos cortos de minutos u horas en alguna eventualidad climática o natural.

T₀: Turbiedad del agua cruda.

UC: Unidades de color cloro platinado de cobalto.

UNT: Unidades nefelométricas de turbiedad.

“Cualquiera de las 04 alternativas señaladas anteriormente puede ser complementada por un desarenador si esta contiene arenas. Adicionalmente, y en forma obligatoria, se deberá incluir Cerco Perimétrico y Lechos de secado de lodos.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 89).

1.6.21. Unidad de tratamiento

Filtro lento de arena

“La filtración lenta en arena es el tipo de tratamiento del agua más antiguo y eficiente utilizado por la humanidad, además de ser muy fácil de operar y mantener. Simula el proceso

de purificación del agua que se da en la naturaleza, al atravesar el agua de lluvia las capas de la corteza terrestre, hasta encontrar los acuíferos o ríos subterráneos.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 90).

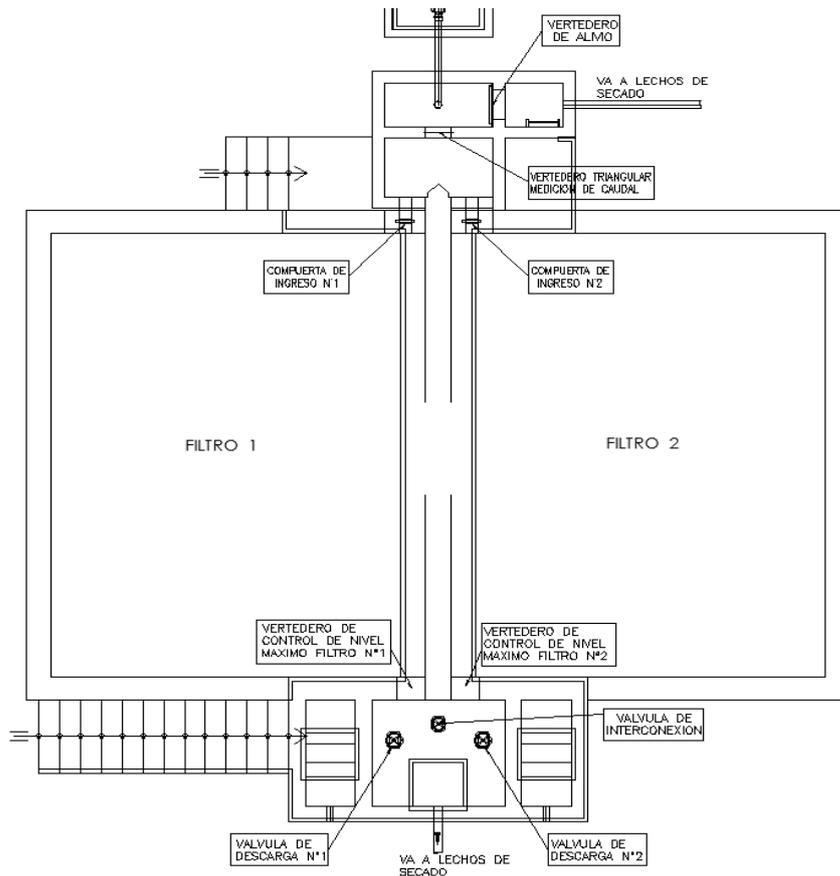


Figura 33: Esquema Filtro Lento de arena planta;(Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural)

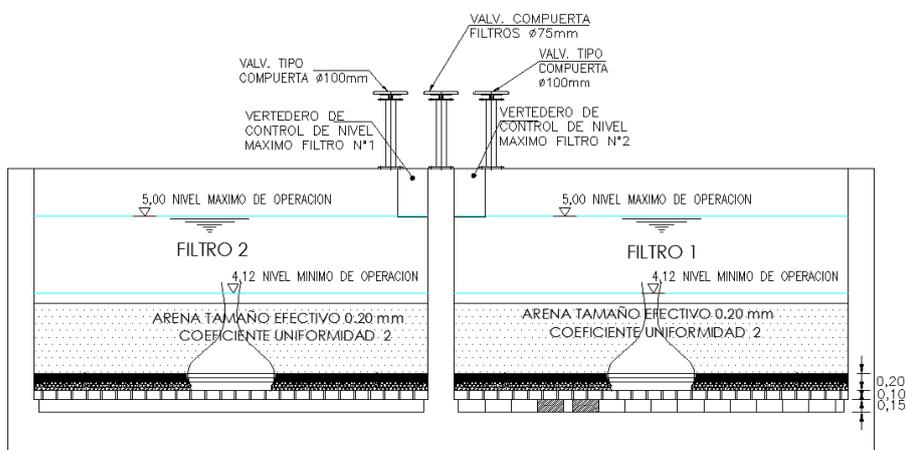


Figura 34: Esquema Filtro Lento de arena planta; (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural)

Requisitos Generales

“La turbiedad del agua cruda, sedimentada o prefiltrada del afluente deberá ser inferior a 50 UNT, se podrán aceptar picos de turbiedad no mayores de 100 UNT por pocas horas (no más de 4 horas).” (RNE, 2017, p. 144).

“El filtro lento debe proyectarse para operar las 24 horas en forma continua, para que pueda mantenerse eficiencia de remoción de microorganismos. La operación intermitente debilita al zooplancton responsable del mecanismo biológico debido a la falta de nutrientes para su alimentación.” (RNE, 2017, p. 144).

“Se debe tener un mínimo de dos unidades, las que deberán estar interconectadas a través de la estructura de salida para que se pueda llenar en forma ascendente, después de cada operación de limpieza (raspado), por el filtro colindante en operación.” (RNE, 2017, p. 144).

Componentes

Los elementos que conforman un Filtro Lento de Arena son:

Entrada: se debe considerar:

- Instalaciones para medir y regular el caudal en forma sencilla, mediante vertedero triangular o rectangular, antecedido de una válvula, o compuerta, para regular el flujo de ingreso y un aliviadero para eliminar excesos.
- Un canal que distribuya equitativamente el caudal a todas las unidades.
- Compuertas o válvulas para aislar las unidades.

Lecho filtrante: Sus consideraciones son:

- La grava se colocará en tres capas, la primera de 15 cm, con tamaños de 19 a 50 mm, seguida de dos capas de 5 cm de espesor cada una, con tamaños de 9,5 mm a 19 mm y de 3 mm a 9,5 mm, respectivamente. No debe colocarse grava en zonas cercanas a las paredes o a las columnas.
- El espesor de la arena deberá ser de 80 a 100 cm. El valor mínimo considerado, después de raspados sucesivos durante la operación de limpieza, será de 50 cm.
- El tamaño efectivo de la arena debe estar entre 0,2 a 0,3 mm, y el coeficiente de uniformidad no mayor de 3.
- El parámetro de diseño más importante en un Filtro Lento de Arena (FLA) es la velocidad de filtración (V_f). La misma debe tener un valor en el rango: 0,1 m³ /m² hora - 0,3 m³ /m² hora. Se debe notar que [m³ /m² hora] = [m/hora].

Tabla 16

Velocidad de Filtración de acuerdo al número de procesos preliminares

Procesos	V_f (m/h)
FLA	0,10 – 0,20
Sedimentación (S) + FLA	0,15 – 0,30
Prefiltración (PF) + FLA	0,15 – 0,30
S + PF + FLA	0,30 – 0,50

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Caja filtro: Sus consideraciones son:

- La caja del filtro posee un área superficial condicionada por el caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros especificados para operar en paralelo. Se recomiendan áreas de filtración máxima por módulo de 100 m² para facilitar las labores manuales de operación y mantenimiento el filtro.
- El sistema de drenaje, podrá ser:
 - Drenes formados por un colector principal y un número adecuado de ramales laterales. La pérdida de carga máxima en este sistema no deberá ser mayor que el 10% de la pérdida de carga en la arena, cuando ésta se encuentra con su altura mínima (50 cm) y limpia. Este sistema es apropiado para unidades de sección circular.
 - Canales formados por ladrillos colocados de canto y asentados con mortero, cubiertos encima con otros ladrillos colocados de plano (apoyados en su mayor superficie) y separados con ranuras de 2 cm, que drenan hacia un colector central. Con este tipo de drenaje se consigue una recolección uniforme del flujo en toda la sección y la pérdida de carga es prácticamente nula. Es apropiado para unidades de sección rectangular y cuadrada.
- La altura máxima de agua en la caja de filtro deberá ser de 0,80 a 1,0 m.

La estructura de salida: deberá estar conformada por:

- Un vertedero de salida de agua filtrada, ubicado a 0,10 m por encima del nivel del lecho filtrante para evitar que la película biológica quede sin la protección de una capa de agua. Este vertedero descargará hacia una cámara de recepción de agua filtrada.
- Un aliviadero para controlar el nivel máximo en la caja del filtro. Este vertedero, además, indicará el término de la carrera de filtración y el momento de iniciar la

operación de raspado. Los filtros lentos pueden operar con nivel variable sin menoscabo de su eficiencia. Este vertedero rebasará hacia una cámara de desagüe.

- Una regla graduada dentro de la caja del filtro, haciendo coincidir el cero de la regla con el nivel del vertedero de salida para controlar la pérdida de carga. A medida que el nivel se incrementa se podrá leer conjuntamente la pérdida de carga inicial y la pérdida de carga por colmatación.

Accesorios de regulación y control: normalmente incluyen:

- Válvula para controlar entrada de agua pretratada y regular velocidad de filtración,
- Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia,
- Válvula para drenar lecho filtrante,
- Válvula para desechar agua tratada,
- Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua tratada,
- Vertedero de entrada,
- Indicador calibrado de flujo,
- Vertedero de salida y
- Vertedero de excesos

Dimensionamiento

- Cálculo del área unitaria de filtro (A_f):

$$A_s = \frac{Q_{md}}{N \times V_f} \dots \dots \dots (36)$$

Donde:

Q_{md} : caudal (m³/h)

N : número de filtros

V_f : velocidad de filtración

- Cálculo de coeficiente de mínimo costo (K)

$$K = \frac{(2 * N)}{(N + 1)} \dots \dots \dots (37)$$

- Longitud de la unidad

$$L = \sqrt{(A_s * K)} \dots \dots \dots (38)$$

- Ancho de la unidad

$$b = \sqrt{(As/K)} \dots \dots \dots (39)$$

- Sistema de drenaje: Los drenes se diseñarán con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de estos no sobrepase de 0.30 m/s. La relación de velocidades entre el dren principal (V_p) y los drenes secundarios (V_s) debe ser de: $V_p/V_s < 0.15$, para obtener una colección uniforme del agua filtrada.

1.6.22. Almacenamiento de Agua para el Consumo Humano

“Los sistemas de almacenamiento tienen como función suministrar agua para consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria que permita compensar las variaciones de la demanda. Asimismo deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento” (R.N.E., 2017, p.155).

1.7. Aspectos Generales

1.7.1. Tipos de Reservorio

“Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc. Los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas).” (Agüero, 1997, p.78).

1.7.2. Ubicación del Reservorio

“La ubicación está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas.” (Agüero, 1997, p.78).

“De acuerdo a la ubicación, los reservorios pueden ser de cabecera o flotantes. En el primer caso se alimentan directamente de la captación, pudiendo ser por gravedad o bombeo y

elevados o apoyados, y alimentan directamente de agua a la población. En el segundo caso, son típicos reguladores de presión, casi siempre son elevados y se caracterizan por que la entrada y ha salida del agua se hace por el mismo tubo.” (Agüero, 1997, p.78).

1.7.3. Volumen de Almacenamiento

“El volumen total de almacenamiento estará conformado por el volumen de regulación, volumen contra incendio y volumen de reserva.” (R.N.E., 2017, p.155).

1.7.4. Volumen de Regulación

El volumen de regulación será calculado con el diagrama masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda.

Cuando se comprueba la no disponibilidad de esta información, se deberá adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación, siempre que el suministro de la fuente de abastecimiento sea calculado para 24 horas de funcionamiento. En caso contrario deberá ser determinado en función al horario del suministro.

1.7.5. Volumen Contra Incendio

En los casos que se considere demanda contra incendio, deberá asignarse un volumen mínimo adicional de acuerdo al siguiente criterio:

- 50 m³ para áreas destinadas netamente a vivienda.
- Para áreas destinadas a uso comercial o industrial deberá calcularse utilizando el gráfico para agua contra incendio de sólidos del anexo 1, considerando un volumen aparente de incendio de 3000 metros cúbicos y el coeficiente de apilamiento respectivo.

Independientemente de este volumen los locales especiales (Comerciales, Industriales y otros) deberán tener su propio volumen de almacenamiento de agua contra incendio.

1.7.6. Volumen de Reserva

De ser el caso, deberá justificarse un volumen adicional de reserva.

1.7.7. Funcionamiento

“Deberán ser diseñados como reservorio de cabecera. Su tamaño y forma responderá a la topografía y calidad del terreno, al volumen de almacenamiento, presiones necesarias y materiales de construcción a emplearse. La forma de los reservorios no debe representar estructuras de elevado costo.” (R.N.E., 2017, p.156).

“Debe ser construido de tal manera que se garantice la calidad sanitaria del agua y la total estanqueidad. El material por utilizar es el concreto, su diseño se basa en un criterio de estandarización, por lo que el volumen final a construir será múltiplo de 5 m³. El reservorio debe ser cubierto, de tipo enterrado, semi enterrado, apoyado o elevado. Se debe proteger el perímetro mediante cerco perimetral. El reservorio debe disponer de una tapa sanitaria para acceso de personal y herramientas.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 115).

1.7.8. Criterios de Diseño

Se deben aplicar los siguientes criterios:

- Disponer de una tubería de entrada, una tubería de salida una tubería de rebose, así como una tubería de limpia. Todas ellas deben ser independientes y estar provistas de los dispositivos de interrupción necesarios.
- La tubería de entrada debe disponer de un mecanismo de regulación del llenado, generalmente una válvula de flotador.
- La tubería de salida debe disponer de una canastilla y el punto de toma se debe situar 10 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos.
- La embocadura de las tuberías de entrada y salida deben estar en posición opuesta para forzar la circulación del agua dentro del mismo.
- El diámetro de la tubería de limpia debe permitir el vaciado en 2 horas.
- Disponer de una tubería de rebose, conectada a la tubería de limpia, para la libre escarga del exceso de caudal en cualquier momento. Tener capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.
- Se debe instalar una tubería o bypass, con dispositivo de interrupción, que conecte las tuberías de entrada y salida, pero en el diseño debe preverse sistemas de reducción de presión antes o después del reservorio con el fin de evitar sobre presiones en la distribución. No se debe conectar el bypass por períodos largos de tiempo, dado que el agua que se suministra no está clorada.

- La losa de fondo del reservorio se debe situar a cota superior a la tubería de limpia y siempre con una pendiente mínima del 1% hacia esta o punto dispuesto.
- Los materiales de construcción e impermeabilización interior deben cumplir los requerimientos de productos en contacto con el agua para consumo humano. Deben contar con certificación NSF 61 o similar en país de origen.
- Se debe garantizar la absoluta estanqueidad del reservorio.
- El reservorio se debe proyectar cerrado. Los accesos al interior del reservorio y a la cámara de válvulas deben disponer de puertas o tapas con cerradura.
- Las tuberías de ventilación del reservorio deben ser de dimensiones reducidas para impedir el acceso a hombres y animales y se debe proteger mediante rejillas que dificulten la introducción de sustancias en el interior del reservorio.
- Para que la renovación del aire sea lo más completa posible, conviene que la distancia del nivel máximo de agua a la parte inferior de la cubierta sea la menor posible, pero no inferior a 30 cm a efectos de la concentración de cloro.
- Se debe proteger el perímetro del reservorio mediante cerramiento de fábrica o de valla metálica hasta una altura mínima de 2,20 m, con puerta de acceso con cerradura.
- Es necesario disponer una entrada practicable al reservorio, con posibilidad de acceso de materiales y herramientas. El acceso al interior debe realizarse mediante escalera de peldaños anclados al muro de recinto (inoxidables o de polipropileno con fijación mecánica reforzada con epoxi).
- Los dispositivos de interrupción, derivación y control se deben centralizar en cajas o casetas, o cámaras de válvulas, adosadas al reservorio y fácilmente accesibles.
- La cámara de válvulas debe tener un desagüe para evacuar el agua que pueda verterse.
- Salvo justificación razonada, la desinfección se debe realizar obligatoriamente en el reservorio, debiendo el proyectista adoptar el sistema más apropiado conforme a la ubicación, accesibilidad y capacitación de la población.

Recomendaciones

- Solo se debe usar el bypass para operaciones de mantenimiento de corta duración, porque al no pasar el agua por el reservorio no se desinfecta.
- En las tuberías que atraviesen las paredes del reservorio se recomienda la instalación de una brida rompe-aguas empotrado en el muro y sellado mediante una

impermeabilización que asegure la estanquidad del agua con el exterior, en el caso de que el reservorio sea construido en concreto.

- Para el caso de que el reservorio sea de otro material, ya sea metálico o plástico, las tuberías deben fijarse a accesorios roscados de un material resistente a la humedad y la exposición a la intemperie.
- La tubería de entrada debe disponer de un grifo que permita la extracción de muestras para el análisis de la calidad del agua.

1.7.9. Caseta de Válvulas

“La caseta de válvulas es una estructura de concreto y/o mampostería que alberga el sistema hidráulico del reservorio, en el caso reservorios el ambiente es de paredes planas.” (**RM-192-2018-VIVIENDA, p. 118**).

Las consideraciones por tener en cuenta son las siguientes:

- Techos

Los techos serán en concreto armado, pulido en su superficie superior para evitar filtración de agua en caso se presenten lluvias, en el caso de reservorios de gran tamaño, el techo acabara con ladrillo pastelero asentados en torta de barro y tendrán junta de dilatación según el esquema de techos.

- Paredes

Los cerramientos laterales serán de concreto armado en el caso de los reservorios de menor tamaño, la pared estará compuesto por ladrillo K.K. de 18 huecos y cubrirán la abertura entre las columnas estructurales del edificio.

Éstos estarán unidos con mortero 1:4 (cemento: arena gruesa) y se prevé el tarrajeo frotachado interior y exterior con revoque fino 1:4 (cemento: arena fina).

Las paredes exteriores serán posteriormente pintadas con dos manos de pintura látex para exteriores, cuyo color será consensuado entre el Residente y la Supervisión. El acabado de las paredes de la caseta será de tarrajeo frotachado pintado en látex y el piso de cemento pulido bruñado a cada 2 m.

- Pisos

Los pisos interiores de la caseta serán de cemento pulido y tendrán un bruñado a cada 2 m en el caso de reservorios grandes.

- Pisos en Veredas Perimetrales

En vereda el piso será de cemento pulido de 1 m de ancho, bruñado cada 1 m y, tendrá una junta de dilatación cada 5 m.

- Escaleras

En el caso sea necesario, la salida de la caseta hacia el reservorio, se debe colocar escaleras marineras de hierro pintadas con pintura epóxica anticorrosivas con pasos espaciados a cada 0.30 m.

- Escaleras de Acceso

Las escaleras de acceso a los reservorios (cuando sean necesarias), serán concebidas para una circulación cómoda y segura de los operadores, previendo un paso aproximado a los 0,18 m. Se han previsto descansos intermedios cada 17 pasos como máximo, cantidad de escalones máximos según reglamento.

Veredas Perimetrales

Las veredas exteriores serán de cemento pulido, bruñado cada 1 m y junta de dilatación cada 5 m.

- Aberturas

Las ventanas serán metálicas, tanto las barras como el marco y no deben incluir vidrios para así asegurar una buena ventilación dentro del ambiente, sólo deben llevar una malla de alambre N°12 con cocada de 1”.

La puerta de acceso a la caseta (en caso sea necesaria) debe ser metálica con plancha de hierro soldada espesor 3/32” con perfiles de acero de 1.½” x 1.½” y por 6 mm de espesor.

1.7.10. Sistema de Desinfección

“Este sistema permite asegurar que la calidad del agua se mantenga un periodo más y esté protegida durante su traslado por las tuberías hasta ser entregado a las familias a través de las conexiones domiciliarias. Su instalación debe estar lo más cerca de la línea de entrada de agua al reservorio y ubicado donde la iluminación natural no afecte la solución de cloro contenido en el recipiente. El cloro residual activo se recomienda que se encuentre como mínimo en 0,3 mg/l y máximo a 0,8 mg/l en las condiciones normales de abastecimiento, superior a este último son detectables por el olor y sabor, lo que hace que sea rechazada por el usuario consumidor. Para su construcción debe utilizarse diferentes materiales y sistemas que controlen el goteo por segundo o su equivalente en ml/s, no debiéndose utilizar metales ya que pueden corroerse por el cloro.” **(RM-192-2018-VIVIENDA, p. 119).**

Desinfectantes empleados

La desinfección se debe realizar con compuestos derivados del cloro que, por ser oxidantes y altamente corrosivos, poseen gran poder destructivo sobre los microorganismos presentes en el agua y pueden ser recomendados, con instrucciones de manejo especial, como desinfectantes a nivel de la vivienda rural. Estos derivados del cloro son:

- Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$ o HTH). Es un producto seco, granulado, en polvo o en pastillas, de color blanco, el cual se comercializa en una concentración del 65% de cloro activo.
- Hipoclorito de sodio (NaClO). Es un líquido transparente de color amarillo ámbar el cual se puede obtener en establecimientos distribuidores en garrafas plásticas de 20 litros con concentraciones de cloro activo de más o menos 15% en peso.
- Dióxido de cloro (ClO_2). Se genera normalmente en el sitio en el que se va a utilizar, y, disuelto en agua hasta concentraciones de un 1% ClO_2 (10 g/L) pueden almacenarse de manera segura respetando ciertas condiciones particulares como la no exposición a la luz o interferencias de calor.

Sistema de Desinfección por Goteo

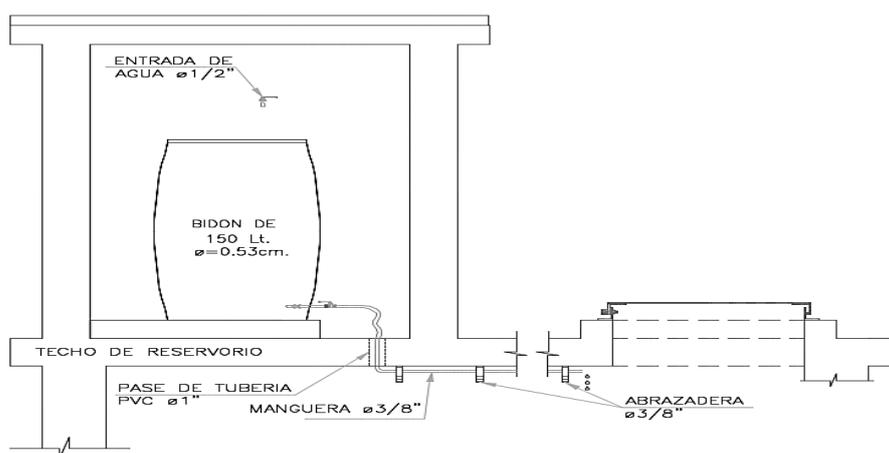


Figura 35: Sistema de desinfección por goteo; (Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 120).

- Cálculo del peso de hipoclorito de calcio o sodio necesario.

$$P = Q * d \dots \dots \dots (40)$$

Donde:

P : peso de cloro en gr/h

Q : caudal de agua a clorar en m³/h

d : dosificación adoptada en gr/m³

- Cálculo del peso del producto comercial en base al porcentaje de cloro.

$$P_c = P * \frac{100}{r} \dots \dots \dots (41)$$

Donde:

P_c : peso producto comercial gr/h

r : porcentaje del cloro activo que contiene el producto comercial (%)

- Cálculo del caudal horario de solución de hipoclorito (q_s) en función de la concentración de la solución preparada. El valor de "q_s" permite seleccionar el equipo dosificador requerido.

$$q_s = P_c * \frac{100}{c} \dots \dots \dots (42)$$

Donde:

P_c : peso producto comercial gr/h

q_s : demanda horaria de la solución en l/h, asumiendo que la densidad de 1 litro de solución pesa 1 kg

c : concentración solución (%)

- Calculo del volumen de la solución, en función del tiempo de consumo del recipiente en el que se almacena dicha solución

$$V_s = q_s * t \dots \dots \dots (43)$$

Donde:

V_s : volumen de la solución en lt (correspondiente al volumen útil de los recipientes de preparación).

t : tiempo de uso de los recipientes de solución en horas h

t se ajusta a ciclos de preparación de: 6 horas (4 ciclos), 8 horas (3 ciclos) y 12 horas (2 ciclos) correspondientes al vaciado de los recipientes y carga de nuevo volumen de solución.

1.7.11. Línea de Aducción

“En un sistema por gravedad, es la tubería que transporta el agua desde el reservorio hasta la primera casa de la red de distribución.” (Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018, p. 03).

Consideraciones Generales

“La línea de aducción debe diseñarse teniendo en cuenta el caudal máximo horario (Q_{mh}).

Para el caso que se presenta en la guía a manera de ejemplo, para el diseño de la línea de aducción se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Se ha considerado para su diseño una presión máxima de 50 mca para la clase 10 con el fin de asegurar el funcionamiento del sistema.
- ✓ Se tomará en cuenta que la velocidad mínima en la línea de aducción debe ser de 0.6 m/s y la máxima deberá ser de 3.0 m/s.
- ✓ En el trazo de la Línea se encuentra el siguiente tipo de terreno:
 - Tramo con Terreno de tipo Normal con presencia de material arcilloso, se usara tubería de PVC. La tubería estará enterrada a una profundidad mínima de 0.50 m con una zanja de 0.40 m, para la cama de apoyo se ha previsto utilizar material propio seleccionado.
 - Tramo con Terreno de tipo Rocoso, se usara la tubería HDPE la cual estará expuesta, se fijara con dados de anclaje. En los tramos que sean factibles se cubrirá con material propio seleccionado libre de piedras.
 - Dependiendo del levantamiento topográfico, se puede requerir proyectar en el trazo de la línea de aducción la construcción de pases aéreos, válvulas de purga y/o válvulas de aire.
 - Se realizará la prueba hidráulica y la respectiva desinfección de la línea.

Trazado

“Se tomará en cuenta lo siguiente:

- ✓ Se debe evitar pendientes mayores del 30% para evitar altas velocidades, e inferiores al 0,50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.
- ✓ Con el trazado se debe buscar el menor recorrido, siempre y cuando esto no conlleve excavaciones excesivas u otros aspectos. Se evitarán tramos de difícil acceso, así como zonas vulnerables.

- ✓ 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.
- ✓ Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- ✓ Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.
- ✓ Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.
- ✓ Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.
- ✓ Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.

Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.”(Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 124).

Diseño de la Línea de Aducción

✓ Carga estática y dinámica

La Carga Estática máxima aceptable será de 50 m y la Carga Dinámica mínima será de 10 m.

Los demás parámetros de diseño de la línea de aducción serán los mismos que para la línea de conducción excepto el caudal de diseño, que en la línea de aducción será el caudal máximo horario.

Memoria de Cálculo Hidráulico: Anclajes

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

- En tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soportes o adosadas a formaciones naturales de roca.

- En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique.
- En tuberías colocadas en pendiente mayores a 60 grados respecto a la horizontal.

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

1.7.12. Distribución de Redes

“Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada hasta cada vivienda a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias.” (**Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127**).

Aspectos Generales

“Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- ✓ Las redes de distribución se deben diseñar para el caudal máximo horario (Q_{mh}).
- ✓ El diámetro mínimo de las tuberías principales será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial. En casos excepcionales, debidamente fundamentados, podrá aceptarse tramos de tuberías de 50 mm de diámetro, con una longitud máxima de 100 m si son alimentados por un solo extremo ó de 200 m si son alimentados por los dos extremos, siempre que la tubería de alimentación sea de diámetro mayor y dichos tramos se localicen en los límites inferiores de las zonas de presión.
- ✓ En los cruces de tuberías no se debe permitir la instalación de accesorios en forma de cruz y se deben realizar siempre mediante piezas en tee de modo que forme el tramo recto la tubería de mayor diámetro. Los diámetros de los accesorios en tee, siempre que existan comercialmente, se debe corresponder con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.
- ✓ La red de tuberías de abastecimiento de agua para consumo humano debe ubicarse siempre en una cota superior sobre otras redes que pudieran existir de aguas grises.”

Velocidades Admisibles

“Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- ✓ La velocidad mínima no debe ser menor de 0,60 m/s. En ningún caso puede ser inferior a 0,30 m/s.

- ✓ La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127).

Trazado

“El trazado de la red se debe ubicar preferentemente en terrenos públicos siempre que sea posible y se deben evitar terrenos vulnerables.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127).

Materiales

“El material de la tubería que conforma la red de distribución debe ser de PVC y compatible con los accesorios que se instale para las conexiones prediales.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127).

Presiones de Servicio

Para la red de distribución se deberá cumplir lo siguiente:

“La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m.” (RNE, 2017, p.159).

Tipos de redes

“Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla, parrilla, etc.” (Agüero, 1997, p.94).

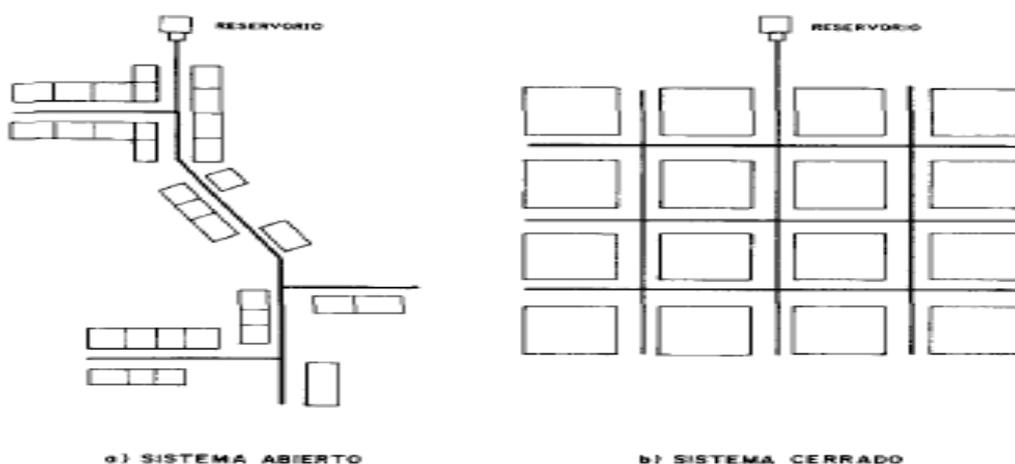


Figura 36. Tipos de Redes; (Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, Sistema de abastecimiento por gravedad.)

Criterios de diseño

✓ Redes malladas

“Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando circuitos cerrados o mallas. Cada tubería que reúna dos nudos debe tener la posibilidad de ser seccionada y desaguada independientemente, de forma que se pueda proceder a realizar una reparación en ella sin afectar al resto de la malla. Para ello se debe disponer a la salida de los dos nudos válvulas de corte.

El diámetro de la red o línea de alimentación debe ser aquél que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red.

Para la determinación de los caudales en redes malladas se debe aplicar el método de la Longitud Unitaria, este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red. Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = q * L_i \dots \dots \dots (44)$$

Donde:

$$q = Q_{mh}/L_t \dots \dots \dots (45)$$

q : Caudal unitario por metro lineal de tubería (L/s/m)

Qi : Caudal en el tramo “i” (L/s)

Qmh : Caudal máximo horario (L/s)

Lt : Longitud total de tubería del proyecto (m)

Li : Longitud del tramo “i” (m)

Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, puede utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro equivalente.

El dimensionamiento de redes cerradas debe estar controlado por dos condiciones:

- El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.
- La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino es siempre la misma.

Estas condiciones junto con las relaciones de flujo y pérdida de carga nos dan sistemas de ecuaciones, los cuales pueden ser resueltos por cualquiera de los métodos matemáticos de balanceo.

En sistemas anillados se deben admitir errores máximos de cierre:

- De 0,10 m.c.a. de pérdida de presión como máximo en cada malla y/o simultáneamente debe cumplirse en todas las mallas.
- De 0,01 l/s como máximo en cada malla y/o simultáneamente en todas las mallas.

Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 l/s para el diseño de los ramales.

La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no debe descender por debajo del 75% de la presión de diseño (DP) en ese punto.

Tanto en este caso como en las redes ramificadas, se debe adjuntar memoria de cálculo, donde se detallen los diversos escenarios calculados:

- Para caudal mínimo.
- Caudal máximo.
- Presión mínima.
- Presión máxima.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 128).

Válvula de Control

- ✓ “Las cámaras donde se instalarán las válvulas de control deben permitir una cómoda construcción, pero además la correcta operación y mantenimiento del sistema de agua, además de regular el caudal en diferentes sectores de la red de distribución.
- ✓ La estructura que alberga será de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Los accesorios serán de bronce y PVC.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 132).

Memoria de Cálculo Hidráulico

- ✓ “La ubicación y cantidad de válvulas de control se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones.
- ✓ En poblaciones concentradas deben proveerse de una válvula de ingreso a la red y en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.
- ✓ Se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.
- ✓ El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 132).

Hidrantes contra incendio

“Los hidrantes contra incendio se ubicarán en tal forma que la distancia entre dos de ellos no sea mayor de 300 m.

Los hidrantes se proyectarán en derivaciones de las tuberías de 100 mm de diámetro o mayores y llevarán una válvula de compuerta.” (RNE, 2017, p. 159).

Anclajes y Empalmes

“Deberá diseñarse anclajes de concreto simple, concreto armado o de otro tipo en todo accesorio de tubería, válvula e hidrante contra incendio, considerando el diámetro, la presión de prueba y el tipo de terreno donde se instalarán.

El empalme del ramal distribuidor de agua con la tubería principal se realizará con tubería de diámetro mínimo igual a 63 mm.” (RNE, 2017, p. 159).

1.7.13. Conexión Domiciliaria

“Cuando el suministro se realice mediante redes de distribución, cada vivienda debe dotarse de una conexión predial y de esta conexión hasta la UBS y el lavadero multiusos.

- ✓ Se debe ubicar al frente de la vivienda y próxima al ingreso principal.
- ✓ El diámetro mínimo de la conexión domiciliaria debe ser de 15 mm (1/2”).
- ✓ La conexión debe contar con los siguientes elementos:
 - Elementos de toma: mediante accesorios tipo TEE y reducciones.
 - Elemento de conducción: es la tubería de conducción que empalma desde la transición del elemento de toma hasta la conexión predial, ingresando a ésta con una inclinación de 45°.
 - Elemento de unión con la instalación interior: para facilitar la unión con la instalación interna del predio se debe colocar a partir de la cara exterior de la caja un niple de 0.30 m; para efectuar la unión, el propietario obligatoriamente debe instalar al ingreso y dentro de su predio una llave de control.
- ✓ La conexión domiciliaria se realizará a través de una caja prefabricada de concreto u material termoplástico, e ir apoyada sobre el solado de fondo de concreto.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para. Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 134).

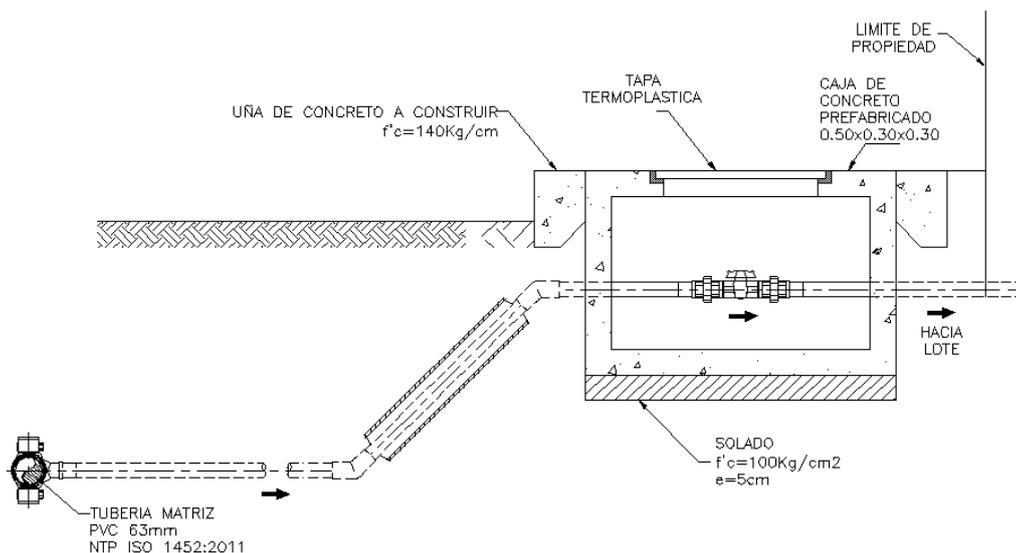


Figura 37: Conexión domiciliar; (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento)

1.7.14. Pileta Pública

Se construirá 01 pileta pública para 04 viviendas ubicadas en cotas altas donde no se logra llegar con la presión suficiente a las viviendas.

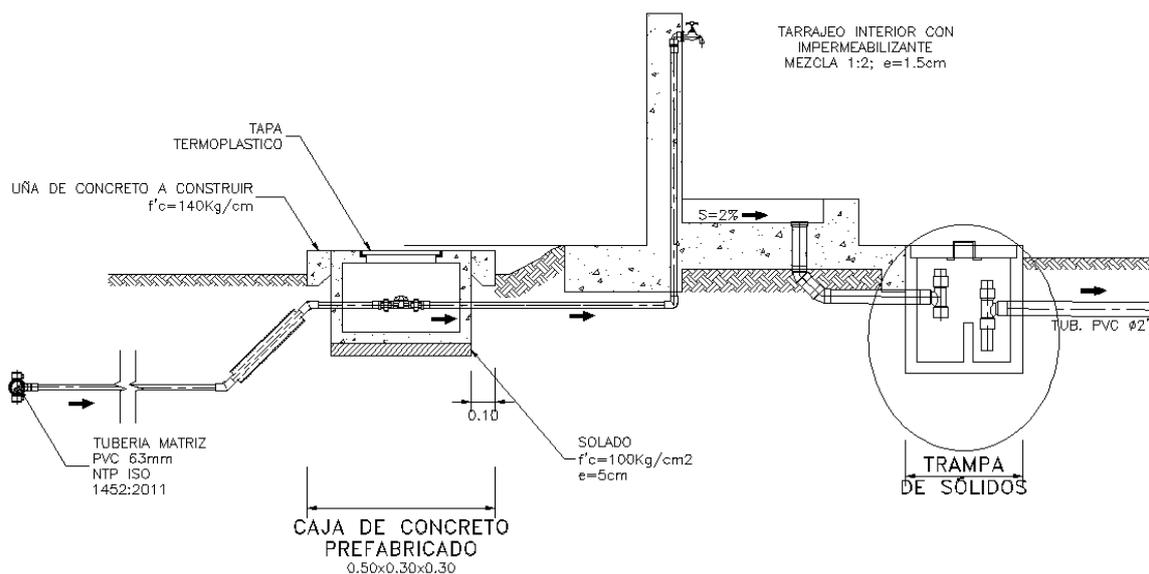


Figura 38: Pileta pública; (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento).

- ✓ La infraestructura está conformada por una conexión de 3/4" (con caja de registro), pileta y pozo de absorción.
- ✓ La pileta pública es de sección rectangular, sus dimensiones exteriores son de 1,6 de largo x 1,45m de ancho x 1,00 m de altura, se utilizará concreto f'c =210 kg/cm2.

- ✓ La instalación sanitaria incluye accesorios para agua y desagüe, tales como un grifo de bronce pesado (diámetro de 3/4”), válvula de control, codos, sumideros de bronce de 2”, trampa “P”.
- ✓ La pileta pública será revestida con mortero e impermeabilizante, y será pulido con cemento color natural.
- ✓ Se construirá un pozo de absorción de 1,25 x 1,25 x 1,0 m, en la que se llenará de grava con la finalidad de que se infiltre el agua no utilizada.

1.7.15. Medidores de Agua Potable

“Pueden ser de dos tipos:

- ✓ Medidores domiciliarios o micromedidores: cuando se emplean para medir el caudal empleado por la conexión de algún suscriptor o abonado.
- ✓ Medidores de alto caudal o macromedidores: empleados para medir los caudales que se producen en los sistemas de bombeo, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento o circuitos hidráulicos en las redes de distribución.

Todo diseño de proyecto, debe en lo posible (técnica y económicamente), prever la instalación de micromedidores para el control del consumo del agua.

Los micromedidores preferentemente deberán estar instalados fuera de la propiedad privada y protegidos mediante una caja metálica o de hormigón.

Los macromedidores deben considerarse en poblaciones mayores a 2.000 habitantes a fin de disponer de datos de control para evaluar consumos y pérdidas en la red.

Los tipos de macromedidores a emplearse para poblaciones menores a 10.000 habitantes podrán ser:

- ✓ Convencionales, con sistema de relojería plástica o de aluminio.
- ✓ Diferenciales, con sistema de medición a través de un micromedidor en paralelo a una tubería Venturi calibrada.”

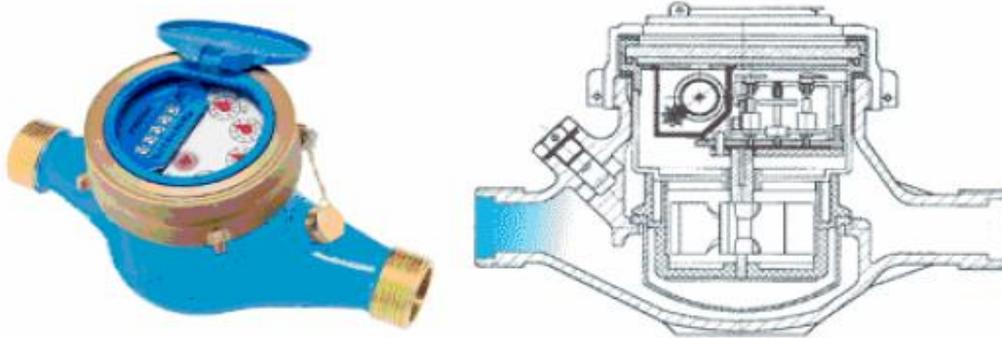


Figura 39: Micro medidor Domiciliario; (Fuente: “Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria”).

1.8. Marco Conceptual: Terminología básica

1.8.1. Agua Subterránea.

Agua localizada en el subsuelo y que generalmente requiere de excavación para su extracción.

1.8.2. Afloramiento.

Son las fuentes o surgencias, que en principio deben ser consideradas como aliviaderos naturales de los acuíferos.

1.8.3. Calidad de Agua.

Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor.

1.8.4. Caudal Máximo Diario.

Caudal más alto en un día, observado en el periodo de un año, sin tener en cuenta los consumos por incendios, pérdidas, etc.

1.8.5. Ramal distribuidor.

Es la red que es alimentada por una tubería principal, se ubica en la vereda de los lotes y abastece a una o más viviendas.

1.8.6. Tubería Principal.

Es la tubería que forma un circuito de abastecimiento de agua cerrado y/o abierto y que puede o no abastecer a un ramal distribuidor.

1.8.7. Forro de Pozos.

Es la tubería de revestimiento colocada unas veces durante la perforación, otras después de acabada ésta. La que se coloca durante la perforación puede ser provisional o definitiva. La finalidad más frecuente de la primera es la de sostener el terreno mientras se avanza con la perforación. La finalidad de la segunda es revestir definitivamente el pozo.

1.8.8. Pozo Excavado.

Es la penetración del terreno en forma manual. El diámetro mínimo es aquel que permite el trabajo de un operario en su fondo.

1.8.9. Pozo Perforado.

Es la penetración del terreno utilizando maquinaria. En este caso la perforación puede ser iniciada con un antepozo hasta una profundidad conveniente y, luego, se continúa con el equipo de perforación.

1.8.10. Afluente

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

1.8.11. Clarificación por contacto.

Proceso en el que la floculación y la decantación, y a veces también la mezcla rápida, se realizan en conjunto, aprovechando los flóculos ya formados y el paso del agua a través de un manto de lodos.

1.8.12. Efluente.

Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

1.8.13. Filtración.

Es un proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal más fina, que no alcanzó a ser removida en los procesos anteriores.

1.8.14. Tratamiento de agua.

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

1.8.15. Redes de distribución.

Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas

1.8.16. Ramal distribuidor.

Es la red que es alimentada por una tubería principal, se ubica en la vereda de los lotes y abastece a una o más viviendas

1.8.17. Tubería Principal.

Es la tubería que forma un circuito de abastecimiento de agua cerrado y/o abierto y que puede o no abastecer a un ramal distribuido

1.8.18. Conexión Domiciliaria de Agua Potable.

Conjunto de elementos sanitarios incorporados al sistema con la finalidad de abastecer de agua a cada lote.

1.9. Hipótesis

“Los factores del deficiente servicio del agua potable, no permite contar con un servicio eficiente y de calidad, con condiciones óptimas de salubridad para el consumo humano; así mismo, por ende satisfacer las necesidades primarias (básicas).

El nuevo diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Huimbayoc mejoraría las condiciones de vida de los pobladores, tales como la salud, alimentación, educación y economía, con el eficiente servicio del agua potable.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Diseño de investigación

La investigación se llevará a cabo en cuatro etapas:

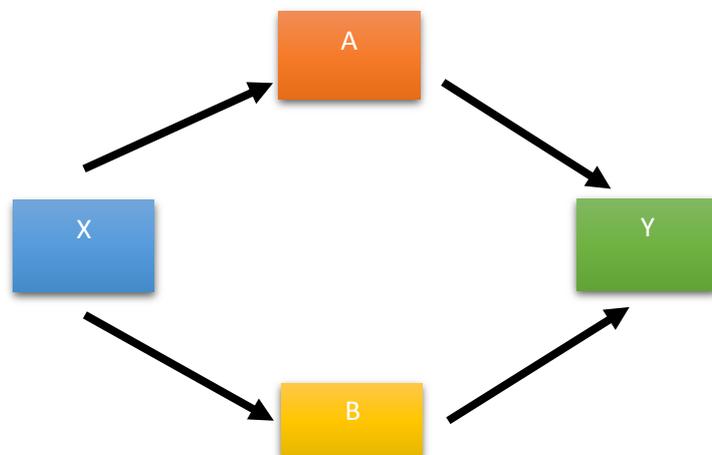
En la primera etapa, se harán visita a la zona (reconocimiento de las calles en estudio), variando los días de visita para estar pendiente de los constantes cambios climáticos que se tiene en dicha zona y así tener la dimensión e importancia de la obra que se está construyendo.

En la segunda etapa de la investigación, se tomarán los datos que se consideren necesario en campo por ejemplo la cantidad de familias que residen en esta zona, el clima, tipo de utilización del agua, etc.

La tercera etapa consistirá en la ejecución de ensayos y pruebas de laboratorio siguiendo las especificaciones técnicas que se necesiten. Estos estudios nos permitirán efectuar los posteriores métodos y sistemas que se requieran para el saneamiento básico de agua potable de la Localidad de Shambuyacu; como por ejemplo el agua, la fuente de captación, el sistema de distribución, etc.

La última etapa de la investigación se evaluará e interpretarán los métodos obtenidos mediante los ensayos y pruebas que se efectuaron para el posterior sistema de saneamiento en el sector Satélite.

El diseño de investigación es el siguiente:



Donde:

X: Situación de la Investigación en la fase de estudio

A: estudios para determinar el caudal de diseño

B: estudios de ingeniería para fundamentar el diseño del drenaje pluvial en la zona.

Y: resultado del estudio de evaluación, que presenta la alternativa de solución.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1 Sistema de Variables

Variable Independiente

Diseño hidráulico del Sistema de Abastecimiento de agua potable.

Variable Dependiente

Mejorar la calidad de vida de los pobladores de la Localidad de Shambuyacu.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Universo.

Estará compuesto por todos los sistemas de abastecimiento de agua potable de la Provincia de Picota dado que la investigación es plenamente aplicada.

2.3.2. Población.

Está compuesto por la población futura de la Localidad de Shambuyacu.

2.3.3. Muestra.

Está compuesto por la dotación diaria para los habitantes de la Localidad de Shambuyacu.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

- **El análisis de Documentos:** Esta técnica nos permitirá obtener la información necesaria respecto a la investigación en la cual se sustentará la misma.

2.4.2. Instrumentos

Para la recolección de información de la presente investigación se utilizará:

- **La lista de cotejo:** Lista que contendrá datos de los últimos censos poblacionales obtenidos del INEI (Compendio Estadístico San Martín 2018) con respecto al distrito

de Sambuyacu, así mismo se recaudó información de la cantidad de población específicamente del sector satélite para el cálculo de la tasa de crecimiento y la población de diseño. Se recaudó también información de las enfermedades que padecen los pobladores por el consumo de agua sin tratamiento con la que cuentan actualmente.

2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

La validación y confiabilidad del instrumento durante el proceso de la investigación se basa en la obtención de la información y/o datos con certeza y reales de entidades públicas, mediante la supervisión y consulta a expertos en los temas relacionados a la investigación, a fin de procesar la información y obtener resultados de acuerdo a los parámetros ya definidos en la normas y a criterios experimentales. Entre aquellos datos utilizados como fuentes confiables tenemos a SENAMHI, INEI, así como los programas de ingeniería como AUTOCAD 2018, AUTOCAD CIVIL 3D 2018, WATER CAD v10.00, a los parámetros a los cuáles serán aplicadas las variables de estudio y poder realizar los cálculos y operaciones matemáticas complejas mediante el uso dinámico del Excel.

2.5. Métodos de análisis de datos

Luego de recopilar y cotejar la información de la fuente de los informantes y de campo se realizó el análisis de los datos de forma computarizada empleando el apoyo de programas de ingeniería, como es el caso del programa de dibujo automatizado AutoCAD 2018, AutoCAD Civil 3D 2018 para el procesamiento de la información topográfica, así mismo se empleó el programa WaterCAD v10.00 para procesar los datos de la red de distribución. Se toman en cuenta el análisis mediante fórmulas expuestas en el marco teórico, se empleó el programa Microsoft Excel, con la cual generar hojas de cálculo que hicieron más factible y rápido el diseño hidráulico y su exposición a través del programa de textos Microsoft Word.

2.5.1. Bases de Diseño Sistema de Agua Potable

Es considerada la fase más importante de todo proyecto, ya que determina los parámetros y dimensiones reales con los cuáles se diseñan las estructuras, por ello es necesario establecer con exactitud dichos parámetros para el beneficio de la zona en estudio tales como: población actual, población futura y el periodo de diseño de la obra.

El presente estudio está constituido por los diferentes elementos que forman parte del sistema de abastecimiento de agua y que serán diseñadas de acuerdo a la función que cumple cada uno de ellos, dando al sistema la factibilidad de poder entregar un buen producto siendo en este caso la materia en cuestión “el agua”.

Para los diseños que exige la presente tesis se empleará el documento de “OBRAS DE SANEAMIENTO”, el cuál es una información completa brindado por el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, y que sirve de guía para la formulación de proyectos presentes en el Perú de manera exitosa.

La elaboración de un proyecto de agua potable amerita de tres parámetros básicos, los cuáles rigen el diseño óptimo de todo sistema de abastecimiento de agua potable.

- Periodo de diseño.
- Población de diseño.
- Caudal de diseño.

2.5.2. Cálculo de Parámetros de Diseño

Periodo de diseño

Cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema. Se denomina periodo de diseño del proyecto al número de años para el cual se diseña una obra de abastecimiento de agua potable considerando que durante ese periodo se proporcionara un servicio de calidad y eficiente, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía del proyecto sin descuidar los elementos técnicos y de sostenibilidad. El periodo de diseño del proyecto se define basado en el requerimiento previsible de la población el monto de las inversiones y las necesidades de operación. Su elección debe apoyarse en un estudio previo de posibilidades financieras de la población, de la vida útil estimada para los materiales y del equipo para operar el sistema.

Factores de importancia en esta determinación son:

- Vida útil de las estructuras y equipo tomados en cuenta obsolescencia, desgaste y daños.
- Ampliaciones futuras y planeaciones de las etapas de construcción del proyecto.

- Cambios en el desarrollo social y económico de la población: La fijación de un período de diseño está íntimamente ligado a factores económicos y su asignación está ajustado a criterios económicos, los cuales están regidos por los costos de construcción que inducirán a mayores o menores periodos de inversión, para atender la demanda que el crecimiento poblacional obliga.

-Comportamiento hidráulico: El análisis hidráulico de las obras cuando no estén funcionando a su plena capacidad.

- Tendencias de crecimiento de la población: el crecimiento poblacional es función de factores económicos y sociales. Un sistema de abastecimiento de agua debe de propiciar y estimular el desarrollo, no de frenarlo. De acuerdo a las tendencias de crecimiento de la población es conveniente elegir periodos de diseño más largos para crecimientos lentos y viceversa.

La determinación de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua de una comunidad debe ser dependiente de su costo total capitalizado. Generalmente estos sistemas se diseñan y se construyen para satisfacer una población mayor que la actual (población futura).

El periodo considerado para el diseño del presente proyecto es de 20 años con un año de inicio determinada, llegando a cúspide o límite.

Año de Inicio = 2019

Año Límite = 2039

Exploración de campo y entrevistas

De acuerdo a la primera fase del estudio se hizo una supervisión técnica situacional del Distrito de Shambuyacu, para conocer las condiciones actuales en las cuales se encuentra la zona y verificar la factibilidad del diseño a elaborarse.

Se realizaron entrevistas, para poder elaborar un padrón de usuarios. Se obtuvo la cantidad de los usuarios en el año de estudio mostrado en el **Cuadro N° 02**, cantidad total de las viviendas que prevalecen en el sector Satélite, y la cantidad de habitantes por vivienda.

La formulación de encuestas permite conocer con precisión la cantidad de población en el sector Satélite, población futura, a fin de prevenir y evitar errores en los dimensionamientos

de las estructuras a proyectarse, ya que se encuentra ligados factores de desarrollo social, económico, de una sociedad en pleno crecimiento.

Teniendo en cuenta los datos censales otorgados por el INEI y considerando que el crecimiento poblacional está determinado por el desarrollo económico del distrito estratégicamente ubicado, se ha calculado la población de diseño con el Método Aritmético; teniendo en cuenta un periodo de diseño de 15 años; vale decir hasta el año 2023. Este método es aplicado en ciudades que dependen de un buen desarrollo del territorio agrícola

Tabla 17

Población beneficiaria del Proyecto

Región- Provincia	Distrito	Localidad	Área	Habitantes 2020 (a×b)
San Martín- San Martín	Shambuyacu	Shambuyacu	Urbano	8 554
Total				8 554

Fuente:INEI 2017.

2.5.3. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento viene a ser uno de los parámetros más importantes, como antes lo habíamos mencionado, para la obtención de la población futura de diseño en un proyecto de ingeniería como es el sistema de agua potable en un espacio de tiempo o periodo de diseño de los elementos que conforman el estudio en cuestión.

La tasa de crecimiento poblacional se obtuvo de los datos de la fuente INEI obtenidos del distrito de Shambuyacu de los censos 2007 y 2017.

$$r = \left[\frac{P_f}{P_i} \right]^{1/(T_f - T_i)} - 1$$

Donde:

r : Tasa de crecimiento poblacional promedio anual (Porcentual)

Pf : Población Nominalmente Censada de 2017

Pa : Población Nominalmente Censada de 2007

Tf-Ti : Años transcurridos entre censos

La corroboración del resultado obtenido con respecto a la tasa de crecimiento poblacional se presenta en tablas de la fuente Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI presentes en el **Anexo N° 04**-Compendio Estadístico San Martín 2018, específicamente en la pg. 55.

2.5.4. Población de Diseño

Prever el diseño de la población futura en el más beneficioso de los casos no pasa de ser una adivinación por la presencia de imprevistos expresados en diversos factores que tienen cierto grado de influencia en el crecimiento y la probabilidad que ocurra dicho crecimiento durante el periodo de diseño previsto.

Población Actual = Habitantes Correspondientes al Año 2019

Para encontrar la tasa de crecimiento hacemos uso de los datos solicitados de la fuente INEI que se presenta en el **Cuadro N° 03**, del sector en estudio.

La existencia de varios métodos para establecer el cálculo de la población futura, da una previa variación y diferenciación de acuerdo al método seleccionado, dicho método es elegido por ciertas características planteadas en la práctica, siendo de tipo analíticos y aplicados para poblaciones en donde se apliquen las mismas observaciones, se considera también los años de existencia de la población en cuestión. Para el presente estudio se estableció utilizar el método aritmético, sugerido de crecimiento temprano, estimo crecimiento de jóvenes y la condición de “iniciación”.

2.5.5. Población Actual

Se realizó el empadronamiento en la respectiva área de estudio, elaborado en el Distrito de Shambuyacu. Se recopiló la información en las visitas de campo, las encuestas realizadas y se realizó el cálculo de la población de diseño, con lo cual se describe de manera realista los parámetros más importantes expresados en la **Tabla 21** y la **Tabla 22** antes elaborados.

2.5.6. Dotación y Caudal de Diseño

Para la elaboración de un proyecto de sistema de suministro de agua potable, es necesario establecer la cantidad requerida, esto exige obtener información precisa sobre el número de habitantes que serán atendidos a la necesidad del recurso y su consumo de agua per cápita, se realizó un análisis de los principales factores que pueden afectar al consumo directamente; entre estos podemos nombrar: tamaño de la población, desarrollo, educación, cultura, clima, hábito de consumo de agua de los pobladores, finalidad de uso, etc.

La demanda de agua es aquella cantidad de agua potable consumida cotidianamente para satisfacer las necesidades básicas del recurso para el consumo y uso de los pobladores, incluye los siguientes consumos: domestico, comercial, industrial, publico, consumo por desperdicios y fugas; para fines de diseño se los expresa en lt/hab./día.

El consumo de agua de una población se obtiene dividiendo el volumen total de agua que se utiliza en un año sobre el número de habitantes de la misma y para el número de días del año. Constituido por el consumo familiar de agua destinada para beber, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias.

Dotación de Agua

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS.100) la dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución se considerará, los valores indicados en la tabla 18.

Tabla 18

Dotación de agua según RNE (l/hab/d) (Habilitaciones Urbanas).

Ítem	Criterio	Clima Templado	Clima Frio	Clima Cálido
1	Sistemas con conexiones	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90m ²	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas publicas	30-50	30-50	30-50

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Considerando el tipo de población, clima de los pobladores se recomienda una dotación de 150 Lt. /Hab. /Día, pero estas dotaciones consideran el consumo proveniente de ducha y lavadero multiuso, la zona de estudio también comprende los niveles de educación como son los de inicial y primaria de la I.E 292, para ello se considera una dotación extra de 20 Lt./Alum./Día. En conclusión, se sumarán ambos caudales promedio (Qp), producto de ambas dotaciones.

Caudal de Diseño

Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual (Q p.)

- **Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual – Viviendas (Q p.1)**

➤ Dotación = 150 lts./hab./día.

➤ Caudal Promedio Diario Anual (Q p.1)

$$Q_{p.1} = \frac{P_f \times D}{86400} \quad \text{En l/s}$$

Dónde:

Q p.1 = Caudal promedio diario anual por habitante, en l/s.

Pf = Población futura.

D = Dotación en litros/ habitantes - día.

86400 = segundos que tiene un día.

$$Q_{p.1} = \frac{20958 \times 150}{86400}$$

$$Q_{p.1} = 36.39 \text{ l/s}$$

- **Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual – Alumnos (Q p.2)**

Número de alumnos de la Escuela dos turnos.

Cuenta con nivel inicial, primaria y secundaria, existe un solo centro educativo integral que cuenta con 14 secciones con un total de 800 alumnos

Fuente: ESCALE Estadística de la Calidad de Educación-MINEDU.

➤ N° alum. =800

➤ Dotación = 20 lts./alumno/día.

➤ Caudal Promedio Diario Anual (Q p.2)

$$Q_{p.2} = \frac{N^{\circ} \text{ Alum.} \times D}{86400} \quad \text{En l/s}$$

Dónde:

$Q_{p.2}$ = Caudal promedio diario anual por alumno, en l/s.

Nº Alum.= Número total de alumnos.

D = Dotación en litros/ Alumno - día.

86400 = segundos que tiene un día.

$$Q_{p.2} = \frac{800 \times 20}{86400}$$

$$Q_{p.2} = 0.19 \text{ lts /seg}$$

➤ Por lo tanto, el Caudal promedio diario anual será:

$$Q_{p.(TOTAL)} = Q_{p.1} + Q_{p.2}$$

$$Q_{p.(TOTAL)} = 36.58 \text{ l /s}$$

Cálculo del Caudal Máximo Horario (Qm.d) y Máximo Diario (Qm.h.)

Con este valor de consumo obtenido, calculamos los caudales máximo diario y horario con las variaciones de consumo, para lo cual utilizaremos factor de amplificación para que sea más conservador; los factores son: K1= 1.30, empleado para el Caudal Máximo Diario; K2 = 2.00 para el Caudal Máximo Horario de donde obtenemos los siguientes valores.

➤ Caudal Máximo Diario (Q m.d.)

$$Q_{m.d.} = Q_p. \times k_1$$

Dónde:

Q m.d. = Caudal máximo Diario, l/s

Q p. = Caudal promedio diario, en l/s

K₁ = coeficiente de variación diaria, se aplica 1.3

$$Q_{m.d.} = 36.58 \times 1.30$$

$$Q_{m.d.} = 47.55 \text{ lts/seg}$$

➤ Caudal Máximo Horario (Q m.h.)

$$Q_{m.h.} = Q_p. \times 2.00$$

$$Q_{m.h.} = 36.58 \times 2.00$$

$$Q_{m.h.} = 73.16 \text{ lts/seg}$$

Caudal Disponible en la Fuente

Según las características, condiciones de la fuente, tablas estadísticas de las variaciones del caudal (presentes en el **Anexo N° 06**) en la zona de la captación trabajamos con los siguientes datos:

$$\text{Caudal Máximo (Época de Máximas Avenidas)} = 4.50 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\text{Caudal Mínimo (Época de Estiaje)} = 1.50 \text{ m}^3/\text{seg}$$

De los resultados anteriores se considera para el diseño el caudal de máxima avenida de la Fuente de Abastecimiento, es decir el Caudal máximo, ya que este sería considerado el más crítico.

$$\text{Caudal Disponible en la Fuente} = 4.5 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Las condiciones de la fuente están en óptimas condiciones para la captación.

2.5.7. Cálculo de los Componentes del Sistema de Agua Potable

Captación

Barraje Fijo Sin Canal De Derivación

Ancho del encauzamiento

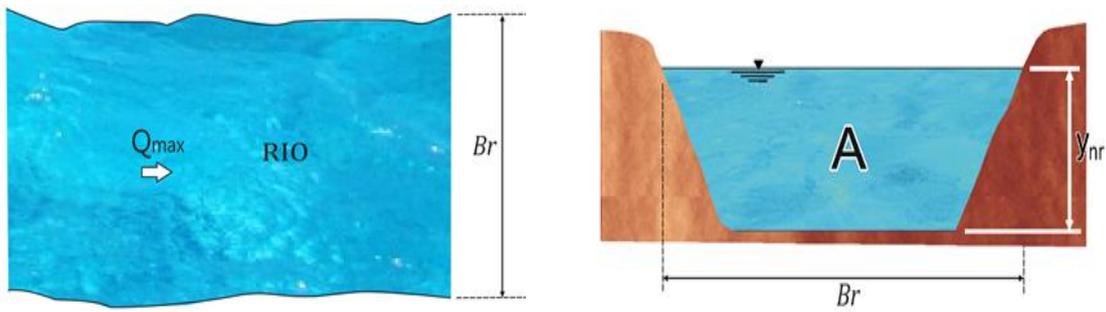
Caudal de diseño:

$$Q = 0.0253 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Br = 7.30 \text{ m Ancho de la Quebrada}$$

$$S = 0.02 \text{ Pendiente de la Quebrada}$$

Ancho del encausamiento

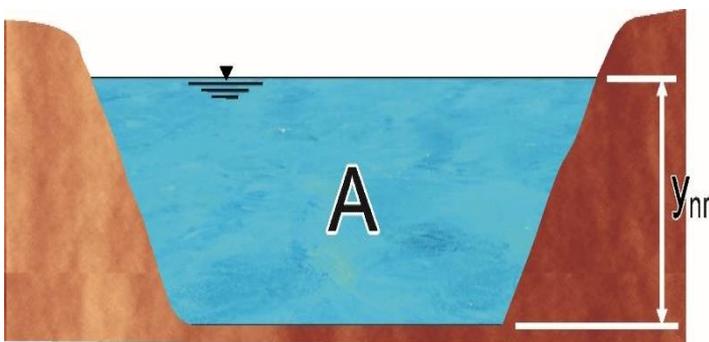


Tirante de la Quebrada

Tirante Normal de la Quebrada

n	=	0.05	Material considerado
Br	=	7.30 m	Ancho de la quebrada
Q _{rio}	=	4.50 m ³ /s	Caudal que transporta la quebrada
S _{rio}	=	0.020	Pendiente de la quebrada
g	=	9.81	m/s ²

Tirante de la Quebrada



Luego por tanteo o por Hcanales

$$Q_R = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n \cdot P^{\frac{2}{3}}} = \frac{(B_r \cdot Y_{nr})^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n(2Y_{nr} + B)^{2/3}}$$

Tabla 19*Verificación de Tirante de la Quebrada*

QR	Br	N	S	Ynr	Q	QR - Qi =0
4.50	7.30	0.05	0.020	0.718	4.4981	0.0019
						OK

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

Entonces $Y_{nr} = 0.718 \text{ m} = 0.72 \text{ m}$

También tirante crítica Y_c

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Qr^2}{g \cdot Br^2}} \rightarrow Y_c = 0.0812 \text{ m} = 0.81 \text{ m}$$

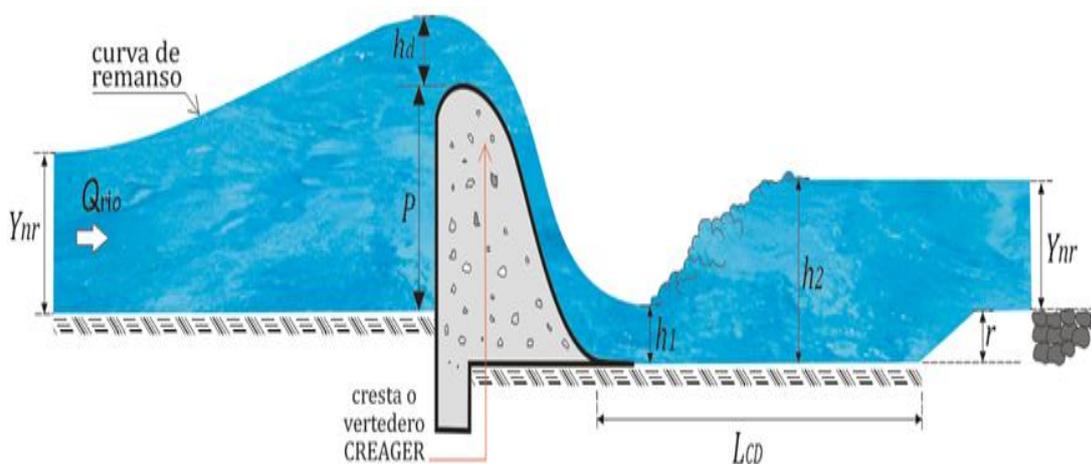
Cálculo de velocidad media de la quebrada

$$V_r = \frac{Qr}{Ar} \rightarrow V_r = 2.25 \text{ m/s}$$

$$A_r = y_{nr} \cdot B_r \rightarrow A_r = 5.21 \text{ m}^2$$

Cresta Creager

Cálculo de Diseño de la Cresta Creager



Carga sobre el barraje

$$Q = \frac{2}{3} (u \cdot b \cdot \sqrt{2g}) \left[\left(h_d + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} \right]$$

Dónde:

u	:	Coef. Según forma de la cresta	u = 0.75
b	:	Ancho del encausamiento	b = 7.30 m
v	:	Velocidad de acercamiento de la quebrada	v = 2.25 m/s
g	:	Gravedad	g = 9.81 m/s ²
hd	:	Altura de carga hidráulica o tirante de agua sobre la cresta del vertedero	

$$hd = 0.395 \text{ m (por tanteo)}$$

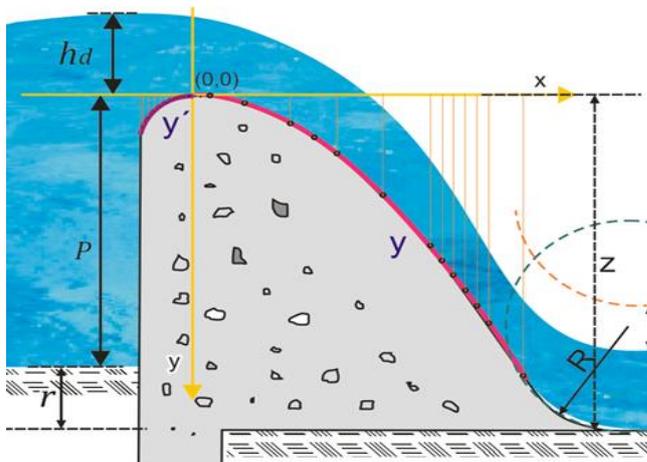
$$Q = 4.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de la velocidad de agua sobre la cresta del azud

$$Q = V_H \cdot A \rightarrow V_H = \frac{Q}{A}$$

$$A = b \cdot h d$$

$$A = 3.270 \text{ m}^2 \quad V_H = 2.618 \text{ m/s}$$



Cresta del barraje

$$hd = 0.395 \text{ m}$$

$$0.282xh_d = 0.11139 \text{ m}$$

$$0.175xh_d = 0.069125 \text{ m}$$

Luego:

$$y' = 0.724 \cdot \left(\frac{x + 0.27h_d}{hd^{0.35}} \right)^{1.85} + 0.126 h_d - 0.4315 h d^{0.375} \cdot (x + 0.27 h d)^{0.625}$$

$$y = \frac{x^{1.85}}{2 \cdot h d^{0.85}}$$

Tabla 20

Valores Perfil Creager-Curva Y'

y'	
x	y
-0.02	-0.012
-0.12	-0.045
-0.09	-0.038
-0.08	-0.022
-0.07	-0.019
-0.04	-0.018

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

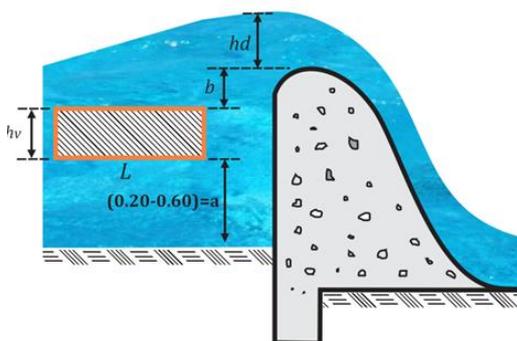
Tabla 21

Valores Perfil Creager-Curva Y'

Y	
X	y
0.02	-0.0120
0.042	-0.0815
0.15	-0.125
0.35	-0.3233
0.58	-0.5712
0.72	-0.8415
0.91	-1.0510
1.12	-1.2910
1.13	-1.4130
1.14	-1.5841
1.19	-1.7485
1.22	-1.8912
1.27	-2.0148
1.45	-3.120

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

Altura del azud



Dónde:

- Z = Altura del vertedero (m)
 Br = Ancho del encauzamiento (m)
 Q = Caudal máximo de diseño
 A = Altura del umbral del vertedero de captación (m)
 h_v = Altura de la ventana de captación (m)
 P = Altura del Azud (m)

Tabla 22

Valores Recomendados Asumidos

VALORES RECOMENDADOS			
P			r
b	h_v	a	$r \leq 1.00$
0.20	0.1	0.6	0.35

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

$$z = P + r \dots \text{Condición}$$

$$P = 0.95 \text{ m}$$

$$Z = 1.45 \text{ m}$$

Dimensionamiento del canal de derivación

Por relación de áreas

El área hidráulica del canal desarenador tiene una relación de 1/10 del área obstruida por el aliviadero.

$$A_1 = \frac{A_2}{10}$$

Dónde:

N de pilares = 1

A1 = Área del barraje móvil

A2 = Área del barraje fijo

Numero de componente = 1.00



$$A1 = P \times Ld$$

$$A2 = P (7.30 - Ld)$$

Reemplazando valores tenemos que:

$$0.95 \times Ld = 0.95 \times (7.30 - Ld) / 10$$

$$Ld = 0.66 \text{ m}$$

Se asume $Ld = 0.70 \text{ m}$

Entonces:

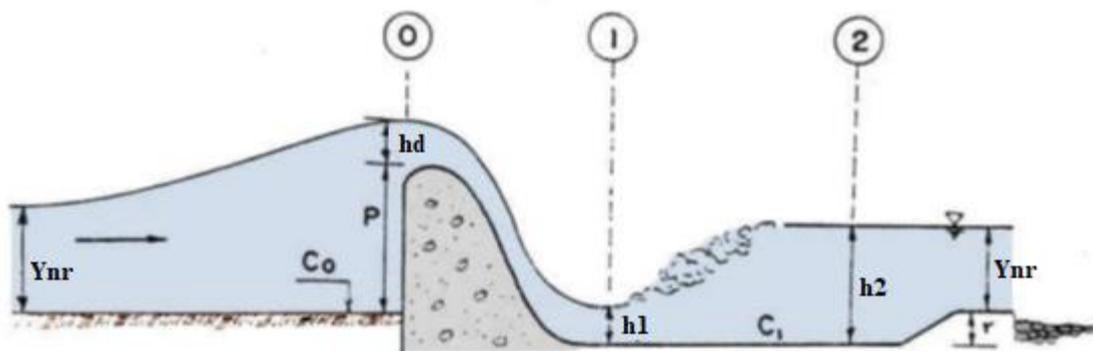
$$(7.3 - Ld) = 6.6 \text{ m}$$

Diseño del Colchón Disipador

Calculo de h1

De acuerdo a la figura:

Parámetros Hidráulicos



$$E_0 = C_0 + P + h_d + V_H^2 / 2g$$

$$E_1 = C_1 + h_1 + V_1^2 / 2g$$

Por Bernoulli: $E_0 = E_1 + h_{f\ 0-1}$

Reemplazando en Bernoulli:

$$C_0 + P + h_d + V_H^2 / 2g = C_1 + h_1 + V_1^2 / 2g + h_{f\ 0-1}$$

$$V_1^2 / 2g = C_0 - C_1 + P + h_d + h_1 + V_H^2 / 2g - h_{f\ 0-1}$$

$$V_1 = (2g \times (C_0 - C_1 + P + h_d - h_1 + V_H^2 / 2g - h_{f\ 0-1}))^{1/2}$$

Donde:

C_0 : cota del terreno en 0

C_1 : cota del colchón disipador

P : altura del barraje

h_d : altura de lámina vertiente

h_1 : tirante del río al pie del talud

$h_{f\ 0-1}$: pérdida por fricción entre 0 y 1

V_H : velocidad en la cresta del barraje vertedero

V_1 : velocidad al pie del talud

Para resolver es necesario asumir ciertos valores tales como:

$$r = (C_0 - C_1), 0.45 \text{ m}$$

$$h_{fo-1} = (0.1 \times V_H^2 / 2g), (\text{en m.})$$

$$h_1 \geq 0.12 \text{ m.}$$

Reemplazando

$$V_1 = (2g \times (r + p + h_d - h_1 + 0.9 \times V_H^2 / 2g))^{1/2}$$

$$V_1 = (2 \times 9.81 \times (0.45 + 0.90 + 0.395 - h_1 + 0.9 \times 1.78^2 / 2 \times 9.81))^{1/2}$$

Este valor calculado por la ecuación necesita una comprobación, ya que:

$$V_1 = Q_1 / A_1 = Q_1 / (b_1 \cdot h_1) = 4.20 / (6 \times h_1)$$

$$V_1 = 0.9 / h_1$$

Reemplazando la ecuación se tiene:

$$V_1 = 7.21 \text{ m/s}$$

El valor encontrado se reemplaza en la ecuación

$$h_1 = 0.25 \text{ m}$$

Cálculo de tirante conjugado mayor (h₂)

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{2} + \frac{2 * V_1^2 * h_1}{g}}$$

$$h_2 = -\frac{0.25}{2} + \sqrt{\frac{0.25^2}{2} + \frac{2 * 5.73^2 * 0.25}{9.81}}$$

$$h_2 = 1.11 \text{ m}$$

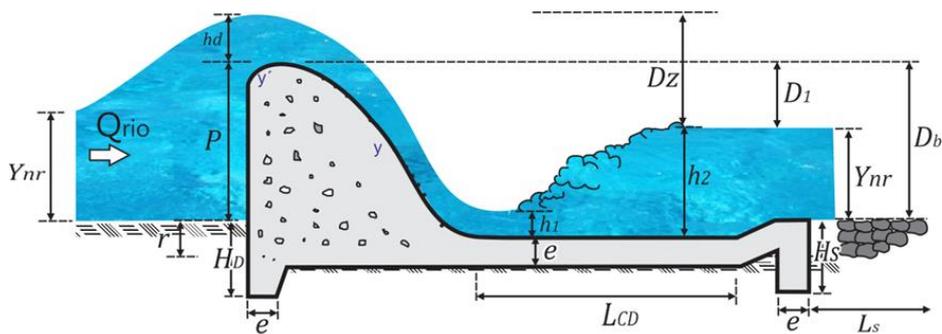
Comprobando:

$$h_2 \leq Ynr + r$$

$$1.11 \leq 1.168 \quad (\text{ok})$$

Longitud del colchón Disipador

Calculo Longitud Colchón Disipador



$$L = 4 \cdot h_2 = 4.44 \text{ m}$$

Longitud promedio

$$L = 5 \cdot (h_2 - h_1) = 4.30 \text{ m}$$

Lcd = 0.10 m

$$F1 = v1 / (g \cdot h_1)^{0.5} = 5.28 \text{ m}$$

$$L = 6 \cdot h_1 \cdot F1 = 4.1024 \text{ m}$$

Tomamos Lcd = 4.250 m

Cálculo de la longitud de protección y enrocado

$$L_s = 0.6 C \cdot D^{1/2} \left[1.12 \left(\frac{q \cdot D_b}{D_1} \right)^{1/2} - 1 \right]$$

C = 4-8 para gravas y arenas

C = 5 se considera: P = 0.90 m ; Ynr = 0.718 m

$$D_1 = P - Y_{nr} \rightarrow D_1 = 0.182 \text{ m}$$

$$D_b = D_1 + Y_{nr} \rightarrow D_b = 0.9 \text{ m}$$

$$q = \frac{Q_{rio}}{B_r} \rightarrow q = 0.80 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando:

$$L_s = 1.86 \text{ m}$$

Se considera: $L_s = 2.00 \text{ m}$

$$Dz = (P + hd - Y_{nr}) = 0.80 \text{ m}$$

$$HD = 1 * Dz = 0.80 \text{ m}$$

$$H_s = K \cdot \sqrt{q \sqrt{Dz} - Y_{nr}}$$

H_s , es la profundidad del dentello del colchón dissipador aguas abajo para evitar la socavación de la quebrada. Según VYSGO:

K ; encontramos en la tabla con:

$$\frac{L_s}{Y_n} = 3.481 \text{ m} \quad K = 2.1$$

Reemplazando:

$$H_s = 0.70 \text{ m} \quad \text{Tomamos para este caso } 0.80 \text{ m}$$

Cálculo del radio de enlace

$$R = 10 \left[\frac{V^1 + 6.4 \cdot hd}{3.6 h + 64} \right]$$

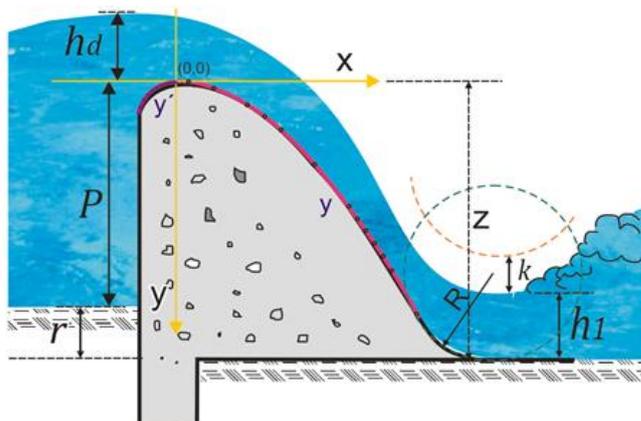
Dónde:

R = Radio de enlace (m)

V = velocidad en 1(pie/s) = 19 pies/s

hd = (pies) = 1.50 pies

Calculo Radio de Enlace ($V^1 > 1.5 \text{ m/s}$)



Dónde:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{h_1 \cdot B_r}$$

$$V_1 = 7.21 \text{ m/s}$$

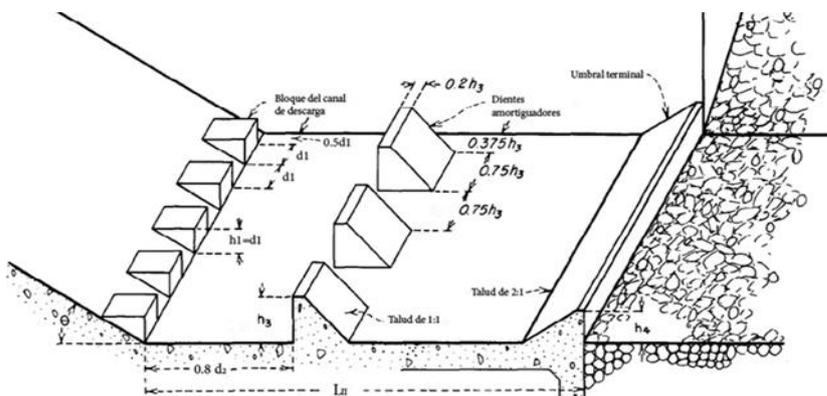
$$V_1 = 1.50 \text{ pie/s}$$

Reemplazando

$$R = 0.750 \text{ m}$$

Bloque de amortiguamiento

Esquema Bloques de Amortiguamiento



Datos:

$$h_1 = 0.25$$

$$F = 7.28$$

De la ilustración 9 del libro Bocatomas-Ing. Msc. José Arbulu Ramos

Ubicación de los dientes amortiguadores

$$d_2 = \frac{L_c}{1.071 + 0.358F - 0.025F^2 + 0.00055F^3}$$

$$d_2 = \frac{3.6}{1.071 + 0.358 * 5.28 - 0.025 * 5.28^2 + 0.00055 * 5.28^3}$$

$$d_2 = 2.33$$

Altura de los bloques amortiguadores y del umbral terminal

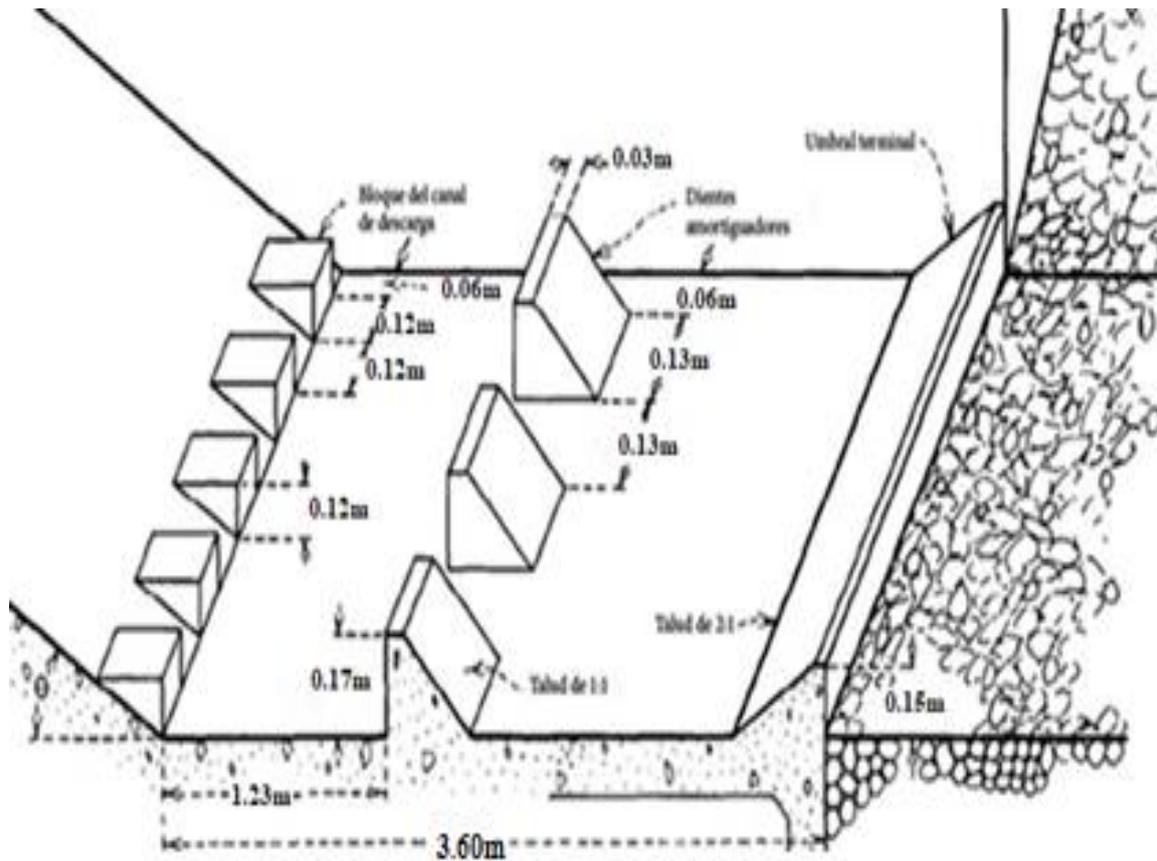
$$h_3 / h_1 = 2.20$$

$$h_3 = 0.87 \text{ m}$$

$$h_4 / h_1 = 1.92$$

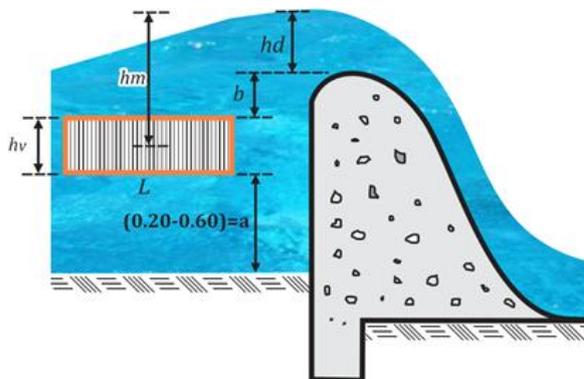
$$h_4 = 0.41 \text{ m}$$

Ilustración 10: Bloques de Amortiguamiento



Diseño de Ventana de Captación

Esquema Ventana Captación



Cálculo de la selección de la ventana

Tenemos la ecuación general para un orificio

Nº ventanas = 1.00

$$Q_0 = C.A.(2.g.h_m)^{1/2}$$

Dónde:

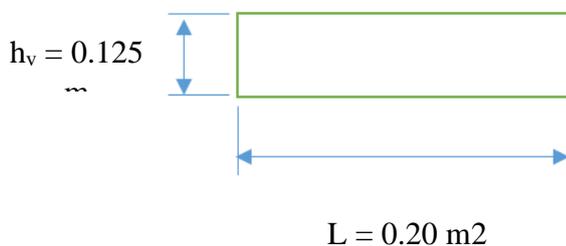
Q_d = Caudal de derivación	$Q_d = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$
Q_o = Caudal del orificio de descarga	$Q_o = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$
C = Coef del vertedero	$C = 0.7$
g = Gravedad	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
h_m = Altura desde el medio de la ventana hasta N.A	$h_m = 1.10\text{m}$
h_v = Alto de la ventana	$h_v = 0.10\text{m}$ (Se estima 0.10-0.30m)
L = Longitud de la ventana	
A = Área de la ventana = $h_v \times L = 0.10 \times L$	

Despejando:

$$L = \frac{Q_o}{C \cdot h_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m}}$$

$$L = 0.125 \text{ m}$$

Consideramos para este caso el ancho de la ventana $L = 0.50\text{m}$



2.5.8. Línea de Conducción

Diseño Hidráulico De La Línea De Conducción

A continuación, se muestra el cálculo de las presiones aplicando la fórmula de Hazen – Williams.

Tramo km 0+000 - km 1+000 (Captación C_1 – Punto A_1)

- Caudal De Diseño (Q_{md})

$$Q_{md} = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En C_1 (C_{0PZ})

$$C_{0PZ} = 689.12 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En A₁ (C_{1 TN})

$$C_{1 TN} = 678.89 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1000.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams (C_{H&W})

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots (tuberia PVC)$$

- Diámetro Nominal (Ø Nm)

$$\text{Ø Nm} = 8 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior (Ø Int)

$$\text{Ø Int} = 198.10 \text{ mm.}$$

- Área (A_Ø)

$$A_{\text{Ø}} = \frac{\pi * \text{Ø Int}^2}{4} m^2$$

$$A_{\text{Ø}} = \frac{\pi * 0.1981^2}{4} m^2$$

$$A_{\text{Ø}} = 0.0368 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\text{Ø}}} m/s$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0257} m/s$$

$$V = 0.97 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf₀₋₁)

$$hf_{0-1} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{0-1} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1981^{4.86}} \right) * 1000$$

$$hf_{0-1} = 2.31 \text{ m}$$

- Cálculo De La Cota Piezométrica En A₁(C_{1PZ})

$$C_{1PZ} = C_{0PZ} - hf_{0-1}$$

$$C_{1PZ} = 689.12 - 2.31$$

$$C_{1PZ} = 686.81 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En A₁ (P₁)

$$P_1 = C_{1PZ} - C_{1TN}$$

$$P_1 = 686.81 - 678.89$$

$$P_1 = 7.92 \text{ m. c. a}$$

Tramo km 1+000 - km 2+000 (Punto A₁ – Punto B₂)

- Caudal De Diseño (Q_{md})

$$Q_{md} = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En A₁ (C_{1PZ})

$$C_{1PZ} = 678.89 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En B₂ (C_{2TN})

$$C_{2TN} = 625.74 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1000.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams ($C_{H\&W}$)

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (\text{tuberia PVC})$$

- Diámetro Nominal ($\emptyset Nm$)

$$\emptyset Nm = 8 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior ($\emptyset Int$)

$$\emptyset Int = 180.80\text{mm.}$$

- Área(A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset Int^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.1808^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0257 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0257} m/s$$

$$V = 0.97m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{1-2})

$$hf_{1-2} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{1-2} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1808^{4.86}} \right) * 1000$$

$$hf_{1-2} = 1.72 \text{ m}$$

- Calculo De La Cota Piezométrica En B₂(C_{2PZ})

$$C_{2PZ} = C_{1PZ} - hf_{1-2}$$

$$C_{2PZ} = 678.89 - 1.72$$

$$C_{2PZ} = 677.17 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En B₂ (P₂)

$$P_2 = C_{2PZ} - C_{2TN}$$

$$P_1 = 677.17 - 625.74$$

$$P_1 = 51.43 \text{ m. c. a}$$

Tramo km 2+000 - km 3+000 (Punto B₂ – Punto C₃)

- Caudal De Diseño (Qmd)

$$Qmd = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Qmd = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En B₂ (C_{2PZ})

$$C_{2PZ} = 625.74 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En C₃ (C_{3TN})

$$C_{3TN} = 600.04 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1000.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams (C_{H&W})

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (tuberia PVC)$$

- Diámetro Nominal (Ø Nm)

$$\text{Ø Nm} = 8 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior (Ø Int)

$$\emptyset \text{ Int} = 180.80\text{mm.}$$

- Área(A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset \text{Int}^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.1808^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0257 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0257} m/s$$

$$V = 0.97 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{2-3})

$$hf_{2-3} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{2-3} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1808^{4.86}} \right) * 1000$$

$$hf_{2-3} = 2.988 m$$

- Calculo De La Cota Piezométrica En C_3 (C_{3PZ})

$$C_{3PZ} = C_{2PZ} - hf_{2-3}$$

$$C_{3PZ} = 625.74 - 2.988$$

$$C_{3PZ} = 622.75 m. s. n. m.$$

- Presión En La Tubería En C_3 (P_3)

$$P_3 = C_{3PZ} - C_{3TN}$$

$$P_3 = 622.75 - 600.04$$

$$P_3 = 22.71 m. c. a$$

Tramo km 3+000 - km 4+000 (Punto C₃ – Punto D₄)

- Caudal De Diseño (Q_{md})

$$Q_{md} = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En C₃ (C_{3 PZ})

$$C_{3 PZ} = 600.04 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En D₄ (C_{4 TN})

$$C_{4 TN} = 589.32 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1000.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC \ C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams (C_{H&W})

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (tuberia PVC)$$

- Diámetro Nominal (Ø Nm)

$$\text{Ø Nm} = 8 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior (Ø Int)

$$\text{Ø Int} = 180.80 \text{ mm.}$$

- Área (A_Ø)

$$A_{\text{Ø}} = \frac{\pi * \text{Ø Int}^2}{4} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Ø}} = \frac{\pi * 0.1808^2}{4} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Ø}} = 0.0257 \text{ m}^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} \text{ m/s}$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0257} \text{ m/s}$$

$$V = 0.97 \text{ m/s}$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{3-4})

$$hf_{3-4} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{3-4} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1808^{4.86}} \right) * 1000$$

$$hf_{3-4} = 2.988 \text{ m}$$

- Calculo De La Cota Piezométrica En D₄(C_{4 PZ})

$$C_{4 PZ} = C_{3 PZ} - hf_{3-4}$$

$$C_{4 PZ} = 589.32 - 1.38$$

$$C_{4 PZ} = 587.94 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En D₄(P₄)

$$P_4 = C_{4 PZ} - C_{4 TN}$$

$$P_4 = 600.04 - 587.94$$

$$P_4 = 12.10 \text{ m. c. a}$$

Tramo km 4+000 - km 5+000 (Punto D₄ – Punto E₅)

- Caudal De Diseño (Qmd)

$$Qmd = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Qmd = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En D₄(C_{4 PZ})

$$C_{4 PZ} = 589.32 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En E₅(C_{5 TN})

$$C_{5TN} = 570.11 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1000.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC \ C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams ($C_{H\&W}$)

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (tuberia \ PVC)$$

- Diámetro Nominal ($\emptyset Nm$)

$$\emptyset Nm = 8 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior ($\emptyset Int$)

$$\emptyset Int = 180.80 \text{ mm.}$$

- Área (A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset Int^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.1808^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0257 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0257} m/s$$

$$V = 0.97 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo ($hf_{4.5}$)

$$hf_{4-5} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{4-5} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1808^{4.86}} \right) * 1000$$

$$hf_{4-5} = 2.98 \text{ m}$$

- Cálculo De La Cota Piezométrica En E₅(C_{5 PZ})

$$C_{5 PZ} = C_{4 PZ} - hf_{4-5}$$

$$C_{5 PZ} = 589.32 - 2.98$$

$$C_{5 PZ} = 586.34 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En E₅(P₅)

$$P_5 = C_{5 PZ} - C_{5 TN}$$

$$P_5 = 586.34 - 570.11$$

$$P_5 = 16.23 \text{ m. c. a}$$

Tramo km 5+000 - km 6+000 (Punto E₅ – Punto F₆)

- Caudal De Diseño (Qmd)

$$Qmd = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Qmd = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En E₅(C_{5 PZ})

$$C_{5 PZ} = 570.11 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En F₆(C_{6 TN})

$$C_{6 TN} = 550.99 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1000.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams ($C_{H\&W}$)

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (\text{tuberia PVC})$$

- Diámetro Nominal ($\emptyset Nm$)

$$\emptyset Nm = 8 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior ($\emptyset Int$)

$$\emptyset Int = 180.80\text{mm.}$$

- Área(A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset Int^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.1808^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0257 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0257} m/s$$

$$V = 0.52m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{5-6})

$$hf_{5-6} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{5-6} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1808^{4.86}} \right) * 1000$$

$$hf_{5-6} = 2.98 \text{ m}$$

- Calculo De La Cota Piezométrica En F₆(C_{6PZ})

$$C_{6PZ} = C_{5PZ} - hf_{5-6}$$

$$C_{6PZ} = 570.11 - 2.98$$

$$C_{6PZ} = 567.13 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En F₆ (P₆)

$$P_6 = C_{6PZ} - C_{6TN}$$

$$P_6 = 567.13 - 550.99$$

$$P_6 = 16.14 \text{ m. c. a}$$

Tramo km 6+000 - km 6+900 (Punto F₆ – Punto G₇)

- Caudal De Diseño (Qmd)

$$Q_{md} = 25.00 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 0.0250 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En F₆ (C_{6PZ})

$$C_{6PZ} = 550.99 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En G₇ (C_{7TN})

$$C_{7TN} = 501.73 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 900.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC \ C - 15$$

- Coeficiente De Hazen – Williams (C_{H&W})

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (\text{tubería PVC})$$

- Diámetro Nominal (Ø Nm)

$$\text{Ø Nm} = 6 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior (Ø Int)

$$\text{Ø Int} = 137.60 \text{ mm.}$$

- Área (A_Ø)

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset \text{Int}^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.1976^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0189 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.0250}{0.0189} m/s$$

$$V = 1.32 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{6-7})

$$hf_{6-7} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{6-7} = 10.674 * \left(\frac{0.0250^{1.852}}{150^{1.852} * 0.1376^{4.86}} \right) * 900$$

$$hf_{6-7} = 3.25 m$$

- Calculo De La Cota Piezométrica En G₇(C_{7PZ})

$$C_{7PZ} = C_{6PZ} - hf_{6-7}$$

$$C_{7PZ} = 550.99 - 3.25$$

$$C_{7PZ} = 547.74 m. s. n. m.$$

- Presión En La Tubería En G₇(P₇)

$$P_7 = C_{7PZ} - C_{7TN}$$

$$P_7 = 547.74 - 501.73$$

$$P_7 = 46.01 m. c. a$$

2.5.9. Planta de Tratamiento de Agua Potable

Filtro Lento de Arena

Caudal de diseño y tasas de trabajo

- Caudal de diseño

$$Q_d = 25.00 \text{ l/s.}$$

- Número de unidades

$$N = 5 \text{ und.}$$

- Caudal unitario de diseño

$$Q_{du} = \frac{Q_d}{N}$$

$$Q_{du} = \frac{25.00}{2}$$

$$Q_{du} = 12.50 \text{ l/s}$$

- Coeficiente de funcionamiento

$$C = 1.00$$

- Relación de mínimo costo(K)

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

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

$$K = 1.33$$

- Velocidad de Filtración (V_f)

– Filtración lenta : 0.10 – 0.50 m/h

– Sedimentador + filtro lento : 0.15 – 0.30 m/h

– Sedimentador +pre filtro + filtro lento : 0.20 – 0.50 m/h

$$\therefore V_f = 0.30 \text{ m/h}$$

- Turbiedad del agua cruda (T_0)

$$T_0 = 21 \text{ UNT}$$

– Aceleración de la gravedad (g)

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2$$

Dimensionamiento del Filtro

- Área Superficial del Filtro (A_s)

$$A_s = \frac{Q_{du} * 3600}{V_f}$$

$$A_s = \frac{12.50 * 3600}{0.20}$$

$$A_s = 225.00 \text{ m}^2$$

- Ancho de la Unidad (B)

$$B = \sqrt{\left(\frac{A_s}{K}\right)}$$

$$B = \sqrt{\left(\frac{225}{1.33}\right)}$$

$$B = 13.00 \text{ m}$$

$$\therefore B = 13.00 \text{ m}$$

- Largo de la Unidad (L)

$$L = \sqrt{A_s * K}$$

$$L = \sqrt{225 * 1.33}$$

$$L = 18.23 \text{ m}$$

$$\therefore L = 18.23 \text{ m}$$

- Velocidad de filtración real

$$V_f' = \frac{Q_{du} * C * 3.6}{B * L}$$

$$V_f' = \frac{12.5 * 1.00 * 3.6}{9.50 * 18.23}$$

$$V_f' = 0.259 \frac{\text{m}}{\text{hrs}}$$

- Borde libre (B)

$$h_B = 0.7 \text{ m}$$

- Altura máxima del agua sobre el lecho filtrante <0.80 m – 1.70 m>

$$h_a = 1.50 \text{ m}$$

Características Granulométricas de la Arena

- Diámetro efectivo (D_{10}); <0,35 - 0,50>

$$D_{10} = 0.50 \text{ mm}$$

- Coeficiente de uniformidad (C_U); <1,80 - 2,00>

Cu=2.00

- Profundidad inicial del lecho de arena (H_o); <0,80 - 1,00>

$H_o=0.90$ m

- Profundidad mínima del lecho de arena (H_f); <0,30 - 0,50>

$H_f=0.45$ m

- Espesor removido en el raspado (**R**)

R=0.02 m

- Frecuencia de raspado (**f**)

f= 6.00 vez/año

- Años de operación (**Y**)

$$Y = \frac{H_o + H_f}{R * f}$$

$$Y = \frac{0.90 - 0.45}{0.02 * 6.00}$$

$$Y = 3.75 \text{ años} \quad \therefore \quad Y = 4.00 \text{ años}$$

Características Granulométricas de la Grava

- Coeficiente de uniformidad (C_u); <1,50 - 3,00>

$C_u=2.50$

- Diámetro de grava en capa de soporte 1; < 3,00 – 9,50 >

$D_{G1}=6.10$ mm

- Diámetro de grava en capa de soporte 2; < 9,50 - 19,00 >

$D_{G2}=17.0$ mm

- Diámetro de grava en capa de soporte 3; < 19,0 - 50,00 >

$D_{G3}=38.0$ mm

- Altura de capa de soporte 1 (H_{G1})

$H_{G1}= 0.09$ m

- Altura de capa de soporte 2 (H_{G2})

$H_{G2}= 0.08$ m

- Altura de capa de soporte 3 (H_{G3})

$H_{G3}= 0.17$ m.

Pérdida de carga en Arena y Grava

- Lecho filtrante

Tabla 23

Valor del coeficiente de uniformidad para cálculo de la pérdida de carga en arena y grava.

Material	Coef. Uniformidad	Factor de Forma	Porosidad	u
Lecho filtrante	2.00	0.75	0.40	1.60
Capa de soporte 1	1.50	0.65	0.48	1.30
Capa de soporte 2	1.50	0.65	0.48	1.30
Capa de soporte 3	1.50	0.65	0.48	1.30

u=valor del coeficiente de uniformidad para cálculo de la pérdida de carga en arena y grava

Los valores del **Tabla 11** fueron obtenidos para poder determinar las pérdidas de cargas.

- Pérdida de carga en arena

h_{fa}

$$= \frac{V_f' * H_o}{(180 * (0.72 + 0.028 * Tem.) * \left(\frac{porosidad^3}{(1 - porosidad)^2} \right) * factor\ forma^2 * u^2 * D_{10}^2}$$

$$h_{fa} = \frac{0.199 * 0.80}{180 * (0.72 + 0.028 * 28) * \left(\frac{0.40^3}{(1 - 0.40)^2} \right) * 0.75^2 * 1.60^2 * 0.25^2}$$

$$h_{fa} = 0.04621 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en capa de grava 1

h_{G1}

$$= \frac{V_f' * H_{G1}}{(180 * (0.72 + 0.028 * Tem.) * \left(\frac{porosidad_{G1}^3}{(1 - porosidad_{G1})^2} \right) * factor\ forma_{G1}^2 * u_{G1}^2 * D_{G1}^2}$$

$$h_{G1} = \frac{0.199 * 0.05}{180 * (0.72 + 0.028 * 28) * \left(\frac{0.48^3}{(1 - 0.48)^2} \right) * 0.65^2 * 1.30^2 * 5^2}$$

$$h_{G1} = 0.0000798 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en capa de grava 2

h_{G2}

$$= \frac{V_f' * H_{G2}}{(180 * (0.72 + 0.028 * Tem.) * \left(\frac{\text{porosidad}_{G2}^3}{(1 - \text{porosidad}_{G2})^2}\right) * \text{factor forma}_{G2}^2 * u_{G2}^2 * D_{G2}^2}$$

$$h_{G2} = \frac{0.199 * 0.05}{180 * (0.72 + 0.028 * 28) * \left(\frac{0.48^3}{(1 - 0.48)^2}\right) * 0.65^2 * 1.30^2 * 15.0^2}$$

$$\mathbf{h_{G2} = 0.00000089 m}$$

- Pérdida de carga en capa de grava 3

 h_{G3}

$$= \frac{V_f' * H_{G3}}{(180 * (0.72 + 0.028 * Tem.) * \left(\frac{\text{porosidad}_{G3}^3}{(1 - \text{porosidad}_{G3})^2}\right) * \text{factor forma}_{G3}^2 * u_{G3}^2 * D_{G3}^2}$$

$$h_{G3} = \frac{0.199 * 0.15}{180 * (0.72 + 0.028 * 28) * \left(\frac{0.48^3}{(1 - 0.48)^2}\right) * 0.65^2 * 1.30^2 * 30^2}$$

$$\mathbf{h_{G3} = 0.00000055 m}$$

∴ Pérdida total de grava → $h_{TG} = h_{G1} + h_{G2} + h_{G3}$

$$h_{TG} = \mathbf{0.00000503} + \mathbf{0.00000056} + \mathbf{0.00000042}$$

$$\mathbf{h_{TG} = 0.000009 m}$$

- Pérdida de carga total en arena y grava

$$h_t = h_{fa} + h_{TG}$$

$$h_t = \mathbf{0.04621} + \mathbf{0.00009}$$

$$\mathbf{h_t = 0.046 m}$$

Dimensionamiento del sistema de drenaje

- Velocidad en el dren principal (V_d); máx. 0.80 m/s

$$\mathbf{V_d=0.55m/s}$$

- Ancho del canal principal (b)

-

$$b = 1.4048 * \sqrt{\frac{Q_{du}}{V_d}}$$

$$b = 1.4048 * \left(\sqrt{\frac{6.70}{0.55}} \right) * 0.0254$$

$$b = 0.185 \text{ m}$$

$$\therefore b_C = 0.42 \text{ m}, h_C = 0.23 \text{ m}$$

- Altura total del Filtro Lento

$$H_t = h_C + H_{G1} + H_{G2} + H_{G3} + H_0 + h_a + h_b$$

$$H_t = 0.15 + 0.05 + 0.05 + 0.15 + 0.80 + 1.00 + 0.30$$

$$H_t = 2.50 \text{ m}$$

2.5.10. Reservorio

Se requiere la construcción de un Reservorio Apoyado, para regular el caudal en las horas de máxima demanda.

Capacidad del Reservorio

- Caudal Promedio Diario Anual (Q p.) = 13.41 l/s
- Caudal Máximo Diario (Q m.d.) = 25.00 l/s

Las consideraciones de diseño son las siguientes según el Reglamento Nacional de Edificaciones:

- Volumen de regulación = 25 % Q p.
- Volumen de reserva = 0.00.

De ser el caso, se debe justificar un volumen adicional de reserva. Para nuestro caso no se considera.

- Volumen contra incendio = 0.00

Es obligatorio 50 m³ solo para poblaciones mayores o iguales a 10,000.00 habitantes, de acuerdo a la norma OS.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Consumo de producción: (Q p.)

$$Q p. = 13.41 \text{ l/s}$$

$$\therefore Q p. = 1120.33 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Volumen de almacenamiento

$$V_{alm.} = V_{reg.} + V_{res.} + V_{coinc.}$$

$$V_{reg.} = 25 \% Q_p.$$

$$V_{reg.} = 0.25(1120.33)$$

$$V_{reg.} = 280.08 \text{ m}^3$$

$$V_{alm.} = 280.08 + 00 + 00 \text{ m}^3$$

$$V_{alm.} = 280 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{reservorio.} = \mathbf{280 \text{ m}^3}$$

Forma del Reservorio

Según los cálculos se diseñará un reservorio cuadrado de una capacidad de 280 m³.

Dimensiones

- Calculo de la Altura (H) y del Diámetro (D) y Volumen (V) del Reservorio

$$V = A_s * H \dots\dots\dots (1)$$

$$A_s = B^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$H = B/3 \dots\dots\dots(3) \text{ Relación aproximada entre H y B del reservorio}$$

Reemplazando las ecuaciones (3) y (2) en (1)

$$V = \frac{B^3}{3} \dots\dots\dots(4)$$

Despejando D

$$B^3 = 3V$$

$$B = 11.35$$

$$\mathbf{B = 12.00 m}$$

Reemplazando el valor de B en (1)

$$V = A_s * H$$

$$H = 7.72 \text{ m}$$

$$H = 8.00 \text{ m}$$

- Distancia vertical de eje de salida y fondo de reservorio (h_i)

$$h_i = 0.23 \text{ m}$$

- Altura total de agua

$$H_a = H + h_i$$

$$H_a = 4.72 + 0.23$$

$$H = 4.95 \text{ m}$$

- Distancia vertical techo reservorio y eje tubo de ingreso de agua (h_t)

$$h_t = 0.33 \text{ m}$$

- Distancia vertical entre eje tubo de rebose y eje ingreso de agua (h_r)

$$h_r = 0.30 \text{ m}$$

- Distancia vertical entre eje tubo de rebose y nivel máximo de agua (h_m)

$$h_m = 0.15 \text{ m}$$

- Altura total interna

$$H_t = H_a + h_t + h_r + h_m$$

$$H_t = 4.95 + 0.33 + 0.30 + 0.15$$

$$H_t = 5.73 \text{ m.}$$

Dimensionamiento de Canastilla

- Diámetro de Salida (D_s)

$$D_s = 5.1/2 \text{ pulg.}$$

- Diámetro de canastilla (D_c) debe ser dos veces el diámetro de la línea de aducción

$$D_c = 11 \text{ pulg}$$

$$D_c = 12 \text{ pulg (Comercial)}$$

- Se recomienda que la longitud de la canastilla (L_c) sea mayor a 3 D_s y menor que 6 D_s :

$$L_c = 4 * D_s$$

$$L_c = 4 * 5.5$$

$$L_c = 22 \text{ pulg.}$$

- Área de ranuras (A_r)

$$D_r = 7 \text{ mm}$$

$$Ar = \frac{\pi * 7^2}{4}$$

$$Ar = 38.48 \text{ mm}^2$$

Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia

- Cálculo de la tubería de rebose y limpia tienen el mismo diámetro:

$$Dr = \frac{0.71 * Qp^{0.38}}{hf^{0.21}}$$

$$Dr = \frac{0.71 * 10.31^{0.38}}{0.015^{0.21}}$$

$$Dr = 4.16 \text{ pulg.}$$

$$Dr = 6 \text{ pulg.}$$

2.5.11. Línea de Aducción y Redes de Distribución

- ✓ Gasto Medio Diario Anual (Qp.) $Q_p = 10.31 \text{ l/s}$
- ✓ Consumo máximo diario (Q_{m.d.}) $Q_{m.d.} = 13.40 \text{ lts/seg}$
- ✓ Consumo máximo horario (Q_{m.h.}) $Q_{m.h.} = 20.62 \text{ lts/seg}$
- ✓ Longitud total de la red (Lt) $L_t = 7180.73 \text{ m}$
- ✓ Caudal unitario $q_u = \frac{Q_{m.h.}}{L_t} = \frac{20.62}{7180.73}$

$$q_u = 0.002872 \text{ lts/seg/l}$$

Tabla 24

Planteamiento hidráulico red de distribución de agua potable Distrito Shambuyacu.

NODO (N)	LONGITUD		NODO (N)	LONGITUD	
	TUBERIA	(m)		TUBERIA	(m)
1	P-1	3.44	16	P-25	3.29
	P-30	36.99		P-8	115.67
	P-15	111.47		P-15	3.42
	P-29	64.61		P-9	111.11
2	P-13	69.45	17	P-21	66.73
	P-22	4.75		P-13	67.28
	P-28	110.22		P-20	110.22

	P-14	4.78		P-9	3.42
	P-11	113.28		P-13	3.44
	P-17	1587.59		P-10	36.99
4	P-26	106.78	19	P-30	111.47
	P-12	3.44		P-11	64.61
	P-27	36.99		P-5	69.45
5	P-19	67.28	20	P-10	67.28
	P-23	109.44		P-16	109.44
	P-28	105.88		P-11	105.88
6	P-24	155.73	21	P-27	155.73
	P-3	2.53		P-14	2.53
	P-4	3.21		P-18	3.21
7	P-24	30.13	22	P-11	30.13
	P-29	39.09		P-25	39.09
	P-4	3.21		P-12	3.21
8	P-16	41.50	23	P-27	41.50
	P-29	116.52		P-25	116.52
	P-5	3.29		P-30	3.29
9	P-28	115.27	24	P-12	115.27
	P-19	70.11		P-10	70.11
	P-7	62.84		P-13	67.28
10	P-5	110.22	25	P-21	110.22
	P-16	3.42		P-18	3.42
	P-6	3.44		P-26	3.44
11	P-26	36.99	26	P-13	36.99
	P-29	3.21		P-19	3.21
	P-14	30.13		P-14	30.13
12	P-23	110.22	27	P-11	39.09
	P-6	3.42		P-25	3.21
	P-7	3.44		P-23	41.50
13	P-26	36.99	28	P-14	116.52
	P-24	3.21		P-29	3.29
	P-28	30.13		P-15	115.27
14	P-16	39.09	29	P-5	70.11
	P-7	3.21		P-24	67.28
	P-8	41.50		P-16	109.44
15	P-13	116.52	30	P-9	105.88
	P-28	3.21		P-27	155.73

Fuente: elaboración propia

Tabla 25*Caudales de Consumo por nudo en Red de Distribución*

NODOS	Long. Tramo	Q unitario/ml	Q nodo	Elevación (m)
N-1	91.66	0.00287	0.25065	418.00
N-2	90.16	0.00287	0.26479	418.03
N-3	89.89	0.00287	0.21865	414.01
N-4	91.02	0.00287	0.27349	413.99
N-5	91.62	0.00287	0.25737	405.99
N-6	92.21	0.00287	0.37924	405.96
N-7	158.62	0.00287	0.10398	406.98
N-8	78.14	0.00287	0.23147	406.90
N-9	89.34	0.00287	0.27089	400.45
N-10	90.40	0.00287	0.26102	401.54
N-11	90.63	0.00287	0.26025	412.67
N-12	90.46	0.00287	0.25975	412.62
N-13	75.95	0.00287	0.21809	418.00
N-14	89.71	0.00287	0.25760	418.03
N-15	91.66	0.00287	0.26321	414.01
N-16	90.16	0.00287	0.25891	413.99
N-17	89.89	0.00287	0.25813	405.99
N-18	91.02	0.00287	0.26137	401.54
N-19	91.62	0.00287	0.26311	412.67
N-20	92.21	0.00287	0.26478	412.62
N-21	146.62	0.00287	4.72840	418.00
N-22	90.90	0.00287	0.22439	418.03
N-23	90.63	0.00287	0.25367	414.01
N-24	90.46	0.00287	0.26507	413.99
N-25	75.95	0.00287	0.23254	405.99
N-26	89.71	0.00287	0.22119	401.54
N-27	91.66	0.00287	0.22598	412.67
N-28	90.90	0.00287	0.25895	412.62
N-29	90.63	0.00287	0.23313	418.00
N-30	90.46	0.00287	0.23289	418.03

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Fuente de abastecimiento y análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).

La fuente superficial donde se establecerá la captación para el sistema de abastecimiento de agua potable es de las aguas de la quebrada Chambira, la cual garantiza la disponibilidad del recurso hídrico en todas las épocas del año, es decir el caudal de dicha fuente en épocas de estiaje ($Q_{\text{río}} = 1.50 \text{ m}^3/\text{s}$), Anexo N° 06, es mayor al requerido ($Q_{\text{md}} = 4.50 \text{ m}^3/\text{s}$).

Con respecto a la calidad del agua a de la fuente, se verificó in situ las propiedades del recurso hídrico que se toman en cuenta para el consumo en el mismo punto de la captación de la quebrada Chambira, se han tomado muestras inalteradas para regir el proceso de estudio de la fuente.

Para el ensayo del Análisis Físico, Químico y Bacteriológico se utilizó como norma de contraste el “Reglamento de la calidad del Agua para el Consumo Humano” así también como las “Guías para la Calidad del Agua Potable”, en la que se determinó según el Ensayo que la muestra obtenida in situ de la referencia, CUMPLE y es benéfico con todos los requisitos según el Anexo N°09, el estudio de la Fuente de Agua.

No obstante, los resultados obtenidos durante el ensayo realizado: concentraciones de aluminio (0.304 mg/l) fueron comparados con respecto a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, efectuando el contraste con la sub categoría A-1 (0.9 mg/l), estando por debajo de sus estándares. Estas Aguas pueden ser potabilizadas con desinfección, pero considerando que en la zona los periodos de avenidas son importantes en frecuencia y duración principalmente durante los meses que van de noviembre a mayo y que en éstos periodos los niveles de turbiedad se elevan considerablemente en relación a los que se obtienen en épocas de estiaje donde predomina el color; por lo tanto, de acuerdo a los resultados del análisis de agua de la fuente, se hace indispensable el diseño y construcción de un FILTRO LENTO Y SISTEMA DE DESINFECCIÓN.

3.2. Parámetros de Diseño

El cálculo de los parámetros de Diseño del Sistema de abastecimiento de Agua Potable como son:

- La población futura se concretó utilizando los últimos censos (2007 y 2017) y se calculó la tasa de crecimiento con los datos del INEI, también se compara dicha tasa de crecimiento con los datos del Compendio Estadístico San Martín 2018 brindados también por el INEI para el distrito de Shambuyacu.
- El cálculo de los caudales de diseño de los componentes se tomó una dotación de 150 lts/hab./día a lo que le sumamos 20 lts/hab./día por la presencia de Instituciones Educativa de nivel Inicial y Primaria, según la guía de saneamiento rural, los parámetros están dispuestos para un período de diseño de 20 años durante los cuales el sistema prestará con eficiencia el servicio para el cual es diseñada y que no habrán futuras modificaciones o mantenimientos considerables en cuanto a lo económico-social y estructural, para el aprovechamiento óptimo del sistema planteado.

3.3. Componentes del Sistema de Agua Potable

3.3.1. Captación.

Para la ubicación de este componente, se tuvo en cuenta diferentes variables y aspectos: la topografía, hidrología, la calidad de la fuente. La preferencia de escoger la fuente en una ubicación estratégica, es a causa de evitar tener problemas durante la vida útil de la estructura. La localidad de Huimbayoc cuenta en la actualidad con una captación ubicada en la quebrada Chambira que no cumple los parámetros establecidos en la norma. La captación de la quebrada Chambira, no se encuentra en condiciones de ser aprovechada, porque el caudal requerido para la población es mayor al caudal que provee la quebrada Chambira. Por lo cual según los estudios realizados y convenientes la captación se proyectará del Chambira aguas arriba, tomado en cuenta el aforo en el tiempo de estiaje del Quebraba, siendo el caudal mínimo de 1350 lts/s que analizando las cantidades con el caudal máximo diario para el periodo de diseño en el periodo de 20 años (13.40 lts/seg), resulta óptimo y más que suficiente. La estructura de captación es de tipo convencional, es conformada por un barraje fijo, ventana de captación y caja de válvulas. Dicha captación se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 18 M E: 534925.632 y N: 9419512.652 con una altura de 689.12 m.s.n.m.

3.3.2. Línea de Conducción

Tabla 26

Resultados de la Línea de Conducción

TRAMO	TRAMO		COTA DEL TERRENO (msnm)		LONGITUD (Km)	CAUDAL DEL TRAMO (L/S)	CLASE TUB.	DIAMETRO COM. (pulg)	DIAMETRO INT. (m)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA (Hf)	C H&W	COTA PIEZOMETRICA (msnm)	PRESION (m-ca)	CLASE DE TUBERIA
	Ni	Nj	Ci	Cj											
01	CAPTACION (C1)	PUNTO (A1)	689.12	678.89	1.000	25.00	PVC	8.00	0.1808	0.97	2.31	150	686.81	7.92	C-10
02	PUNTO (A1)	PUNTO (B2)	678.89	625.74	1.000	25.00	PVC	8.00	0.1808	0.97	1.72	150	677.17	51.43	C-10
03	PUNTO (B2)	PUNTO (C3)	625.74	600.04	1.000	25.00	PVC	8.00	0.1808	0.97	2.98	150	622.75	22.71	C-10
04	PUNTO (C3)	PUNTO (D4)	600.04	589.32	1.000	25.00	PVC	8.00	0.1808	0.97	2.98	150	587.94	12.10	C-10
05	PUNTO (D4)	PUNTO (E5)	589.32	570.11	1.000	25.00	PVC	8.00	0.1808	0.97	2.98	150	586.34	16.23	C-10
06	PUNTO (E5)	PUNTO (F6)	570.11	550.99	1.000	25.00	PVC	8.00	0.1808	0.97	2.98	150	567.13	16.14	C-10
07	PUNTO (F6)	PUNTO (G7)	550.99	501.73	0.252	25.00	PVC	6.00	0.1808	0.97	1.32	150	547.74	46.01	C-15

Fuente: Elaboración propia

3.4. Planta de Tratamiento

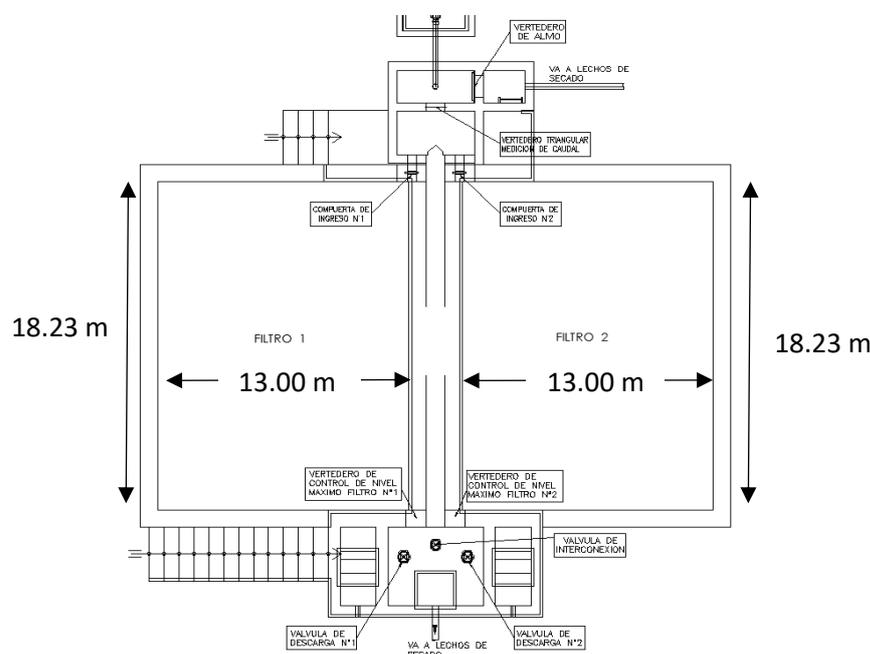
3.4.1. Filtro Lento de Arena

Tabla 27

Resultados de Filtro Lento

Parámetro de Diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Número de unidades del filtro	N	05	-
Velocidad de filtración	V'_f	0.30	m/h
Área superficial del filtro	A_s'	225	m ²
Coefficiente del mínimo costo	k	1.33	
Ancho del filtro lento	B'	13	m
Largo del filtro lento	L'	18.23	m
Diámetro efectivo del lecho de arena	D_{10}	0.50	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 1	D_{G1}	6.10	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 2	D_{G2}	17.00	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 3	D_{G3}	38.00	mm
Profundidad del lecho de arena	H_0	0.90	m
Altura de capa de soporte 1	H_{G1}	0.09	mm
Altura de capa de soporte 2	H_{G2}	0.08	mm
Altura de capa de soporte 3	H_{G3}	0.17	mm

Fuente: Elaboración propia



3.5. Reservorio

La localidad de Shamboyacu contará con su propio reservorio de concreto armado de sección cuadrada con la capacidad de almacenamiento $V = 284 \text{ m}^3$, con la finalidad de suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución y poder mantener las presiones adecuadas en toda la red, se emplea un cálculo adicional para tener agua de reserva en caso de interrupciones en la línea de conducción. Para poder coincidir y cumplir con los objetivos mencionados se estipuló la ubicación de los reservorios en cotas por encima de la localidad para garantizar las presiones de diseño en la zona actual y zonas de expansión, así el recurso pueda llegar y abastecer con toda normalidad.

Tabla 28

Resultados del Reservorio

PARÁMETRO DE DISEÑO	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Volumen de Reservorio	V reserv.	280.00	m^3
Dimensiones del reservorio			
- Largo	L	12.00	m
- Ancho	A	8.00	m
- Altura total	H	5.73	m
Volumen asumido	V	284.90	m^3

Fuente: Elaboración propia

3.6. Línea de Aducción y Redes de Distribución

Tabla 29

Resultado del cálculo hidráulico- redes de distribución-sector Shamboyacu en el programa WaterCAD V10.0

Nudo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Cota Piezometrica (m)	Presión (mH2O)
J-1	428.348	0.221	446.789	46.19
J-2	412.674	0.226	446.823	18.58
J-3	412.617	0.254	446.821	18.6
J-4	418.002	0.265	450.123	34.1
J-5	428.348	0.233	446.981	34.15
J-6	411.494	0.221	446.843	29.19
J-7	400.977	0.226	446.837	29.14
J-8	413.988	0.259	446.868	39.76
J-9	405.992	0.233	446.791	39.84
J-10	405.956	0.233	446.843	49.58
J-11	406.981	0.254	446.837	47.97
J-12	406.904	0.265	446.837	34.69
J-13	400.447	0.233	447.25	29.14
J-14	401.538	0.224	447.223	46.19
J-15	413.988	0.263	446.869	39.76
J-16	401.538	0.221	446.868	39.84
J-17	428.366	0.226	446.791	49.58
J-18	428.348	0.259	446.843	47.97
J-19	412.674	0.233	446.837	34.69
J-20	406.904	0.233	446.789	29.14
J-21	400.447	0.226	446.823	46.19
J-22	401.538	0.259	446.981	47.97
J-23	428.366	0.233	446.843	34.69
J-24	428.348	0.233	446.837	29.14
J-25	412.674	0.254	446.843	46.19
J-26	412.617	0.265	447.223	18.58
J-27	418.002	0.233	446.869	18.6
J-28	418.027	0.224	446.981	34.1
J-29	414.007	0.226	446.843	29.14
J-30	428.366	0.259	446.837	46.19

Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos del WaterCad V10.0

CONCLUSIONES

Con base en la información recolectada y procesada de las diferentes fuentes se logró analizar y describir de una manera adecuada las principales características del área en estudio.

Por medio del desarrollo de los diferentes métodos de proyección de población se logró obtener un estimado de la cantidad de personas que habitarán en el municipio hasta el periodo de diseño establecido.

Luego de identificar las deficiencias que presenta el sistema de agua potable, se rediseñó el desarenador que hace parte del sistema de captación de la quebrada Chambira, se trazó otra línea de conducción, y la red de distribución acorde con lo estipulado en las normas.

El Estudio de Factibilidad propone la construcción del reservorio junto con las plantas de tratamiento de agua para recolectar y tratar las aguas de la localidad de shamboyacu. Técnicamente, el sistema propuesto tratará la cantidad estimada de aguas hasta el año 2039 de acuerdo con la práctica de ingeniería generalmente aceptada.

El trabajo realizado es un aporte importante para el desarrollo del municipio y el mejoramiento en la calidad de vida de su población.

RECOMENDACIONES

Tener en cuenta los lineamientos estipulados por las autoridades ambientales competentes en cuanto a que la ejecución del proyecto genere la menor afectación ambiental posible a la región, y de esta manera contribuir a la preservación del medio ambiente.

Implementar y ejecutar los diseños propuestos para las estructuras hidráulicas que presentan deficiencias en su funcionamiento, y de esta manera lograr que el sistema de acueducto satisfaga la demanda de la población

Llevar a cabo el mantenimiento propuesto a cada una de las estructuras hidráulicas que componen el sistema de agua potable, con el fin de mejorar la prestación del servicio, la eficiencia y el costo operacional.

Se recomienda llevar a cabo el trazado de la red de distribución de la cabecera municipal en las zonas destinadas para andenes, con el fin de proteger la tubería de esfuerzos generados por el flujo vehicular.

Garantizar la salubridad del agua potable a partir de las aguas protegidas (manantiales, pozos o perforaciones) o de redes de abastecimiento de agua tratada, hasta el momento de su uso o su consumo. Se deberá realizar algún tipo de tratamiento del agua no tratada proveniente de fuentes no protegidas con métodos sencillos como el filtrado y desinfección.

Tener en cuenta los lineamientos estipulados por las autoridades ambientales competentes en cuanto a que la ejecución del proyecto genere la menor afectación ambiental posible a la región, y de esta manera contribuir a la preservación del medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- REYNA, C, (2003), *Abastecimiento de agua potable del distrito de Barranquita* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- ARCE, P, & SAAVEDRA, V, (2011). *Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de Nuevo Celendín, distrito de zapatero provincia de lamas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- MEZA, J, (2010), *Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- AGÜERO, R, (1997). “*Agua Potable para Poblaciones Rurales*”, Editorial Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 1997; Lima – Perú
- MANSEN, A, (2002). “*Diseño de Bocatomas*”, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería civil, Departamento académico de hidráulica e hidrología.
- RODRÍGUEZ, P, (2001). “*Abastecimiento de Agua*”, Instituto tecnológico de Oaxaca, México.
- JIMÉNEZ, J, (2007). “*Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*”, Universidad de Veracruz, México
- LOSSIO, M, (2012), *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú. Descargado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/188>
- MATA, J, (2014), *Comparativa técnica, operativa y financiera entre un sistema de velocidad variable y un tanque elevado en el abastecimiento de agua potable* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Descargado de: <http://pirhua.udel.edu.pe/handle/123456789/2053>
- MINISTERIO DE SALUD, DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL, (2011), *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, Lima-Peru. Descargado de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5849/Tesis.pdf?sequence=1>

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, (2018), *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*, Lima- Perú.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, (2006), *Obras de Saneamiento*, Lima- Perú.

PNSU, PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO URBANO, (2016), *Guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento*, Lima- Perú.

ANEXOS

PLANOS