



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



**Diseño del sistema de agua potable por bombeo de la localidad de Víveres,
Distrito de Pajarillo - Mariscal Cáceres - San Martín**

Tesis para optar título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Magali Pinchi Laulate

ASESOR:

Ing. Dr. Fernando Ruiz Saavedra

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN- TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño del sistema de agua potable por bombeo de la localidad de Viveres,
Distrito de Pajarillo - Mariscal Cáceres - San Martín**

AUTOR:

Magali Pinchi Laulate

Sustentada y aprobada el día 17 de mayo de 2019, ante el honorable jurado:

.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Presidente

.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón

Secretario

.....
Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo

Miembro

.....
Ing. Dr. Fernando Ruiz Saavedra

Asesor

Declaratoria de Autenticidad

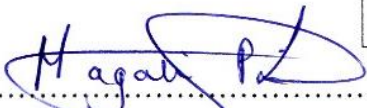
Magali Pinchi Laulate, con DNI N° 70219527, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño del sistema de agua potable por bombeo de la localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo - Mariscal Cáceres - San Martín**


Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 17 de mayo del 2019.


.....
Bach. Magali Pinchi Laulate
DNI N° 70219527

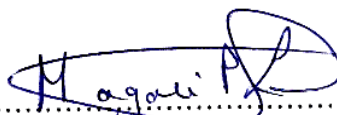


Declaración jurada

Magali Pinchi Laulate, con DNI N° 70219527, domicilio legal en el Jr. Miguel Grau N° 128 – Banda de shilcayo, 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, **Declaro bajo juramento**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

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

Tarapoto, 17 de mayo del 2019.



.....
Bach. Magali Pinchi Laulate
DNI N° 70219527



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:	Pinchi Jaulate Magali		
Código de alumno :	103125	Teléfono:	954874161
Correo electrónico :	magi091@outlook.es	DNI:	70219527

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

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

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

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Diseño del sistema de agua potable por bombeo de la localidad de Viveres, Distrito de Pajarillo - Mariscal Cáceres - San Martín.
Año de publicación:	2019

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".

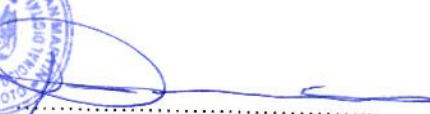

Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

15 / 07 / 2019




Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

* **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, porque mi fe me permite creer que cada paso que doy es gracias a él.

A mi madrecita, una mujer que me llena de orgullo, porque tuvo la sensibilidad de una madre y también la fuerza y protección de un padre; y no va haber manera de devolverle tanto. Gracias mamá, mientras mi corazón siga guardando tu recuerdo, nunca podré decirte adiós, jamás dejaré de quererte y extrañarte.

A mis hermanos por el gran apoyo emocional, educativo y económico, por ser mi sostén durante mi desarrollo a la adultez, por su cariño individual y permitirme disfrutar de sus pequeños hijos, los que con su dulzura me llenan de amor y ganas de luchar en esta vida.

Magali Pinchi Laulate

Agradecimiento

A la Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto, por haberme albergado en su alma mater durante mi formación profesional y a los catedráticos que se convirtieron en un ejemplo a seguir para ser mejor persona y buena profesional.

Magali Pinchi Laulate

Índice general

	Pág.
Resumen	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	1
CAPITULO I.....	2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1. Exploración preliminar orientado a la investigación.....	2
1.2. Aspectos generales del estudio.....	2
1.2.1. Ubicación geográfica donde se desarrollará el proyecto	2
1.2.2. Aspectos generales de la zona del proyecto	4
1.2.2.1. Altitud	4
1.2.2.2. Geología, clima y topografía	4
A. Geología y Suelos	4
B. Climatología.....	4
C. Topografía.....	5
1.2.2.3. Acceso y vías de comunicación	5
1.2.2.4. Demografía y área beneficiada	7
1.2.2.5. Niveles de vida.....	8
A. Salud	8
B. Educación.....	8
C. Infraestructura Urbana	8
1.2.2.6. Actividades principales.....	9
1.2.2.7. Descripción del proyecto	9
A. Captación caisson	10
B. Línea de succión	11
C. Línea de impulsión.....	11
D. Reservorio –tanque elevado $v = 82 \text{ m}^3$	11
E. Línea de aducción	12
F. Red de distribución	13
G. Red de distribución y conexiones domiciliarias.....	13
1.3. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver	14

1.3.1.	Antecedentes del problema.....	14
1.3.2.	Formulación del problema.....	15
1.3.3.	Objetivos.....	15
1.3.3.1.	Objetivo general.....	15
1.3.3.2.	Objetivos específicos	15
1.3.4.	Justificación de la investigación	16
1.3.5.	Delimitación de la investigación	17
1.4.	Marco teorico	17
1.4.1.	Antecedentes teoricos de la investigacion.	17
1.4.1.1.	Internacional	17
1.4.1.2.	Nacional	19
1.4.1.3.	Local	20
1.5.	Marco histórico	21
1.6.	Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación.....	22
1.6.1.	Sistema de agua potable indirecto (bombeo).....	22
1.6.1.1.	Captación	23
1.6.1.2.	Línea de succión	24
1.6.1.3.	Línea de impulsión.....	24
1.6.1.4.	Reservorio	25
1.6.1.5.	Línea De Alimentación (Aducción).....	25
1.6.1.6.	Red de Distribución	25
1.6.1.7.	Conexiones domiciliarias.....	25
1.6.2.	Período de diseño y estudios de población.....	26
1.6.2.1.	Período de diseño.....	26
1.6.2.2.	Determinación del período de diseño	26
1.6.2.3.	Cálculo de la población futura	26
1.6.2.4.	Dotación y consumo	27
1.6.3.	Parámetros específicos de agua potable	28
1.6.3.1.	Redes de distribución.....	29
1.6.3.2.	Coefficientes de fricción	29
1.6.3.3.	Velocidad en el conducto.....	30
1.6.3.4.	Zonas de presión	30
1.6.3.5.	Válvulas de aire	30

1.6.3.6.	Válvulas de Purga	30
1.6.3.7.	Criterios de diseño	31
1.6.4.	Características físicas del agua	31
1.6.4.1.	Turbiedad	31
1.6.4.2.	Sólidos y residuos	31
1.6.4.3.	Color	31
1.6.4.4.	Olor y sabor	32
1.6.4.5.	Temperatura	32
1.6.4.6.	Características químicas del agua	32
1.6.4.7.	Alcalinidad	32
1.6.4.8.	Hierro	32
1.6.4.9.	Manganeso	33
1.6.4.10.	pH.....	33
1.6.4.11.	Boro	33
1.6.4.12.	Cadmio.....	34
1.6.5.	Características microbiológicas del agua	34
1.6.5.1.	Coliformes totales	34
1.6.5.2.	Coliformes fecales	34
1.6.6.	Demanda de agua.....	35
1.6.6.1.	Factores que Afectan el Consumo	35
1.6.6.2.	Dotación (Dot.)	35
1.6.7.	Caudales de diseño	36
1.6.7.1.	Consumo Promedio Diario Anual (Qp)	36
1.6.7.2.	Consumo Máxima Diario (Qmd).....	36
1.6.8.	Disposiciones generales.....	36
1.6.8.1.	Generalidades.....	36
1.6.8.1.1.	Ubicación	36
1.6.8.1.2.	Capacidad.....	37
1.6.8.1.3.	Acceso.....	37
1.6.8.1.4.	Área.....	38
1.6.9.	Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras.....	38
1.6.10.	Tipos de plantas de tratamiento de agua.....	38
1.6.10.1.	Plantas de filtración rápida.....	38

1.6.11.	Planta de filtración rápida completa	39
1.6.11.1.	Filtración Directa	40
1.6.11.2.	Plantas de filtración lenta.....	45
1.6.11.3.	Procesos unitarios de tratamiento de agua potable coagulación.....	47
1.6.11.4.	Unidades de tratamiento de agua potable	50
1.7.	Marco conceptual: terminología basica.....	60
1.7.1.	Afluente	60
1.7.2.	Agua potable.....	61
1.7.3.	Agua cruda.....	61
1.7.4.	Agua tratada.....	61
1.7.5.	Agua de consumo humano	61
1.7.6.	Calidad de agua	61
1.7.7.	Caudal máximo diario	61
1.7.8.	Coagulación.....	61
1.7.9.	Filtración.....	61
1.7.10.	Floculación	61
1.7.11.	Flóculos	62
1.7.12.	Mezcla rápida	62
1.7.13.	Límite máximo permisible.....	62
1.7.14.	Sedimentación	62
1.7.15.	Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.....	62
1.7.16.	Tratamiento de agua	62
1.7.17.	Floculador.....	62
1.7.18.	Turbiedad de origen coloidal.....	62
1.7.19.	Partículas floculentas.....	62
1.7.20.	Parámetros microbiológicos	63
1.7.21.	Parámetros organolépticos.....	63
1.7.22.	Parámetros inorgánicos.....	63
1.8.	Hipotesis.....	63
CAPÍTULO II.....		64
MATERIALES Y MÉTODOS		64
2.1.	Materiales	64
2.1.1.	Recursos humanos	64

2.1.2.	Recursos materiales	64
2.1.3.	Recursos de equipos	64
2.1.4.	Otros recursos	64
2.2.	Metodología de la investigación	65
2.2.1.	Universo, muestra y población	65
2.2.1.1.	Universo: Sistema de agua potable de la provincia de Mariscal Cáceres..	65
2.2.1.2.	Muestra: Sistema de agua potable del Distrito de Pajarillo	65
2.2.1.3.	Población: Sistema de agua potable de la localidad de Víveres	65
2.2.2.	Sistema de variables	65
2.2.2.1.	Variables independientes	65
2.2.2.2.	Variable dependiente	65
2.2.3.	Tipo y nivel de investigación.....	65
2.2.4.	Diseño experimental de la investigación	65
2.2.5.	Diseño de instrumentos	66
2.2.5.1.	Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos.....	66
2.2.5.2.	Técnicas Estadísticas	67
2.2.6.	Procesamiento de la información	67
2.2.6.1.	Diseño De Estructuras	67
CAPITULO III		73
RESULTADOS Y DISCUSION		73
3.1.	Resultados	73
3.1.1.	La fuente de abastecimiento	73
3.1.2.	Caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable	73
3.1.3.	Unidades de tratamiento	73
3.1.3.1.	Pozo Caisson.....	73
3.1.3.2.	Tanque de Almacenamiento	73
3.2.	Análisis y discusión de resultados.....	74
3.2.1.	La fuente de abastecimiento	74
3.2.2.	Unidades de tratamiento	74
3.2.2.1.	Pozo Caisson.....	74
3.2.2.2.	Tanque de Almacenamiento	74
3.2.3.	Contrastación de la hipótesis	74

CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77
ANEXOS.....	78

Índice de planos

- Plano de ubicación del proyecto	U-01
- Plano clave de agua potable	AP-01
- Planta general de pozo caisson y tanque elevado	AP-02
- Planta y elevación del tanque elevado	AP-03
- Detalle en tanque elevado y tapa metálica	AP-04
- Estructura de pozo caisson	E-01
- Estructuras de tanque elevado	E-02
- Cortes en tanque elevado	E-03
- Planta de cimentación y detalles de cuarto de máquinas	E-04
- Planta de cuarto de máquinas, cortes y elevaciones	E-05
- Estructura de cobertura de cuarto de máquinas	E-06
- Instalaciones sanitarias en cisterna y tanque elevado	IS -01
- Planta general de suministro de energía de baja tensión	IE-01

Resumen

El presente trabajo de tesis se ha desarrollado en la Escuela Profesional De Ingeniería Civil de la Facultad De Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto, con fines de titulación como ingeniero Civil, teniendo como punto de trabajo la localidad de Víveres.

El trabajo consta de una propuesta para el diseño de un sistema de agua potable mediante bombeo en la localidad de Víveres, distrito de Pajarillo, provincia Mariscal Cáceres, Región San Martín, con el fin de suministrarles un servicio de calidad y eficiente de agua potable. Como logros se indica que es posible obtener agua tratada que cumpla con los requisitos establecidos en el reglamento nacional de calidad de agua, y así garantizar realmente que se entregue a la población agua potable y/o inocua, aprovechando el recurso hídrico de una fuente cerca de la localidad.

Palabras clave: Diseño, sistema, agua, potable, bombeo, Víveres, [Distrito], Pajarillo.

Abstract

The following thesis report has been developed in the Professional School of Civil Engineering of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín - Tarapoto, for purposes of degree as a Civil Engineer, having as a working point the location of *Viveres*.

The work consists of a proposal for the design of a potable water system by pumping in the town of Viveres, Pajarillo district, Mariscal Cáceres province, San Martín region, in order to provide them with a quality and efficient drinking water service.

As achievements, it is indicated that it is possible to obtain treated water that complies with the requirements established in the national regulation of water quality, and thus guarantee that potable and / or safe water is delivered to the population, taking advantage of the water resource from a nearby source of the locality.

Keywords: Design, system, water, potable, pumping, *Viveres* [District], *Pajarillo*.



Introducción

El Estado a fin de optimizar el uso de los recursos públicos hoy en día maneja diversos programas de inversión, el antiguo Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) fue un gran avance en América Latina, pero ha quedado desfasado. Para superarlo ha entrado en vigencia el nuevo Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, conocido como INVIERTE.PE. El mismo que permite la disponibilidad de un sistema moderno y eficaz para el uso de recursos financieros, que son destinados a la infraestructura mediante sistemas de abastecimiento de servicios públicos de una manera tal que produzcan mayor impacto sobre el crecimiento económico y bienestar de la población.

Si se considera la evolución de los servicios de agua potable y saneamiento en los últimos años, pueden identificarse dos puntos de inflexión que impactan la trayectoria de la política pública relativa a dichos servicios en América Latina, y que son fundamentales para entender su actual nivel de desarrollo. La crisis económica y financiera de los años noventa motivó la aplicación de reformas drásticas en el sector de agua potable y saneamiento en la mayoría de los países de la región, al igual que en otros servicios públicos.

En los últimos años, los avances relativos a la construcción de infraestructura y al aumento de la cobertura de agua han sido manifiestos, sin embargo, los desafíos han variado junto con la transformación del sector. Actualmente, la población latinoamericana presenta un nivel adquisitivo mayor, una creciente clase media y manifiestas aspiraciones a contar con un servicio de agua de mejor calidad, que supone acceder al agua potable a través de una cañería, tal situación se vive en un contexto nacional y local donde la demanda por un servicio de calidad y que tiene como objetivo la disminución del índice de enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas en la localidad de Pajarillo.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Exploración preliminar orientada a la investigación

El agua disponible para la localidad es subterránea, de los cuales serán captados mediante pozos caisson, y luego serán almacenados en un reservorio elevado y tratadas en el mismo para que sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. Este proceso se denomina potabilización y se realiza a través de las plantas de tratamiento. A estas aguas se debe realizar un análisis físico - químico y bacteriológico la cual nos indicará las características y/o concentración que el agua contiene (elementos químicos, Coliformes totales y termo tolerantes) y así tomar las medidas que correspondan.

Asimismo, para el diseño de este sistema es necesario realizar un sistema de captación por el cual será mediante un pozo caisson que, realizando un cálculo de aforo, también se utilizará línea de succión e impulsión, un reservorio de almacenamiento y tratamiento del mismo todo de acuerdo a los cálculos hidráulicos que se realizará en función a la demanda de la población.

Para el diseño de los pozos caisson se tendrá en cuenta las cantidades de agua que existe (oferta de agua) que tendrá que ser suficiente para abastecer a la población de viveres las 24 horas del día y a una población proyectado a 20 años.

Las líneas de succión e impulsión se diseñarán de acuerdo a la demanda máxima horario del cálculo hidráulico.

El almacenamiento será calculado de acuerdo a los cálculos de dotación demanda máxima diaria, asimismo tendrá que ser lo suficiente para abastecer a una población futura a 20 años de vida útil del proyecto.

1.2. Aspectos generales del estudio

1.2.1. Ubicación geográfica donde se desarrollará el proyecto

Departamento: San Martín.
Provincia : Mariscal Cáceres.
Distrito : Pajarillo.
Localidad : Víveres.

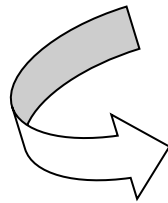
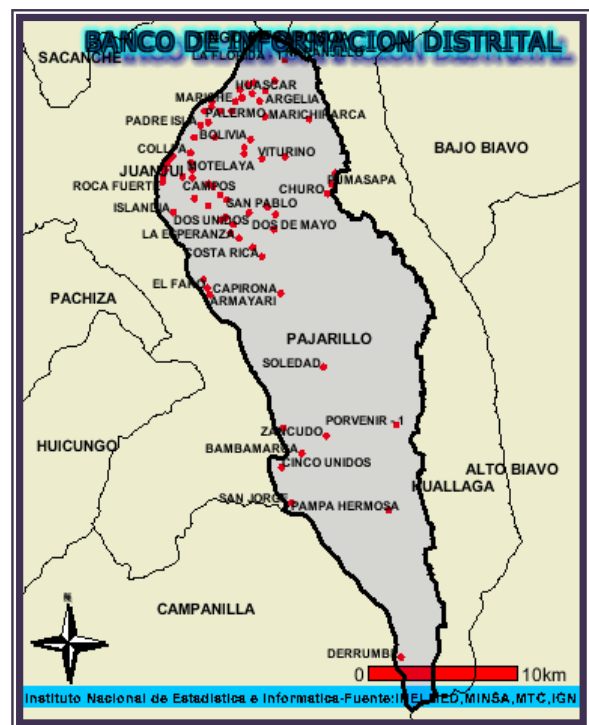
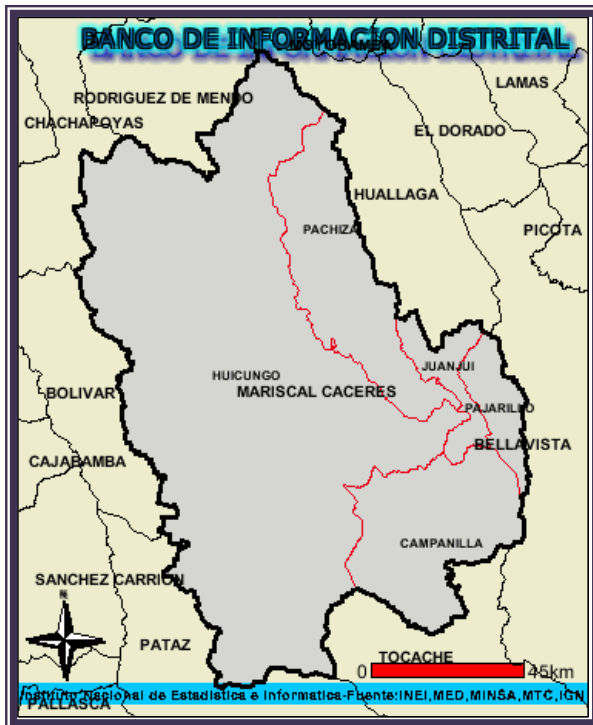


Grafico 1. Ubicación del proyecto en el Perú



(Fuente: Banco de Información Distrital INEI).

1.2.2. Aspectos generales de la zona del proyecto

1.2.2.1. Altitud

La localidad de víveres pertenece al Distrito de pajarillo, provincia de Mariscal Cáceres, región de San Martín entre los paralelos 07° 10' 02,26" de latitud sur y los meridianos 76° 40' 26,86" de longitud oeste, con una altitud promedio de 267 m.s.n.m.

1.2.2.2. Geología, clima y topografía

A. Geología y Suelos

La evaluación geológica, descrita en el estudio de suelos, fue realizada con el fin de establecer las características geomorfológicas, lito estratigráficas, geodinámicas estructurales y propiedades físico mecánicas de los suelos existentes en la zona de estudio.

Marco geológico regional

El estudio se ha realizado tomando en consideración del boletín Ge “Geología del cuadrángulo” “Juanjuí hoja 15-J” publicado por INGEMMET.

El área de estudio se ubica al Nor-Este del país, en la parte media de la franja Sub-andina, correspondiente a la unidad geomorfológica de ladera de montaña, su relieve es de pendiente elevada y presentan proceso de meteorización, erosión y saturación, los cuales originan depósitos residuales

B. Climatología

El Clima en la zona del proyecto, por su ubicación geográfica en la región selva alta o Rupa Rupa, es variado y tropical, cálido y húmedo, caluroso desde mayo hasta el mes de agosto, lluvioso de octubre a marzo.

Presenta un clima favorable para la actividad agraria durante todo el año, manifestado a través de la adecuada precipitación pluvial, temperatura y radiación solar que predomina en el territorio.

La precipitación totaliza más de 2000 mm/ año. Las lluvias se presentan a lo largo del año, con un periodo de máxima precipitación entre los meses de octubre a marzo, y un periodo menor de precipitación entre los meses de junio a agosto; los otros meses tienen precipitación pluvial intermedia.

La evaporación es del orden de 800 a 30400 mm. Por año, dejando un poco de agua disponible para ser usada por las plantas o para infiltrarse a través del suelo y lixiviarlo.

La temperatura está determinada por el calor solar; con una temperatura promedio de 28°C, con leves descensos en los meses de junio, julio y agosto. La oscilación media generalmente es de 5°C, con respecto a la media anual, no observándose riesgos de helada o disminuciones bruscas de temperatura que pueden hacer peligrar los cultivos, aun cuando es frecuente que en los meses de junio y julio se presentan “olas de frío” que marcan un constante con la temperatura normalmente alta, por lo que se hace más agradable el clima en estas épocas.

En cuanto a los vientos alisios, ascendentes en las vertientes orientales andinas, pasan sucesivamente por niveles atmosféricos de depresión decreciente, como corrientes, que ascienden miles de pies al día; pasando una vez y otra vez por este proceso, el que hace posible que los flancos orientales de los Andes sean afectados por la lluvia durante todo el año. Los vientos alisios soplan generalmente del Este, característico de esta parte de los trópico.

C. Topografía

El relieve del terreno de la zona en estudio es ondulado con una elevación promedio de 267 m.s.n.m. y una distancia promedio de 12 km. en línea recta desde la ciudad de Juanjui, pasando por Puerto Amberes.

La zona de Captación tipo Caisson se encuentra en una elevación promedio de 270.60 m.s.n.m. y presenta un relieve accidentado para tener acceso hacia esta zona, la cual a su vez se encuentra a una distancia aproximada de 0.11 km desde la localidad de Víveres.

El área del reservorio elevado se encuentra en una elevación promedio de 296 m.s.n.m. y presenta un relieve ondulado, la cual a su vez se encuentra a una distancia aproximada de 0.11 km desde la localidad de Víveres.

La zona urbana del distrito de Campanilla se encuentra en una elevación promedio de 270 m.s.n.m. y presenta un relieve plano y con tendencia hacia la expansión por la zona norte del distrito.

1.2.2.3. Acceso y vías de comunicación

El acceso a la localidad de Víveres es a través de vías terrestres. Partiendo de la ciudad de Moyobamba – Tarapoto, a través de carretera asfaltada Tarapoto, con un recorrido de 110 Km., luego desde Tarapoto a Través de la Carretera marginal de la Selva- Tramo sur, pasando

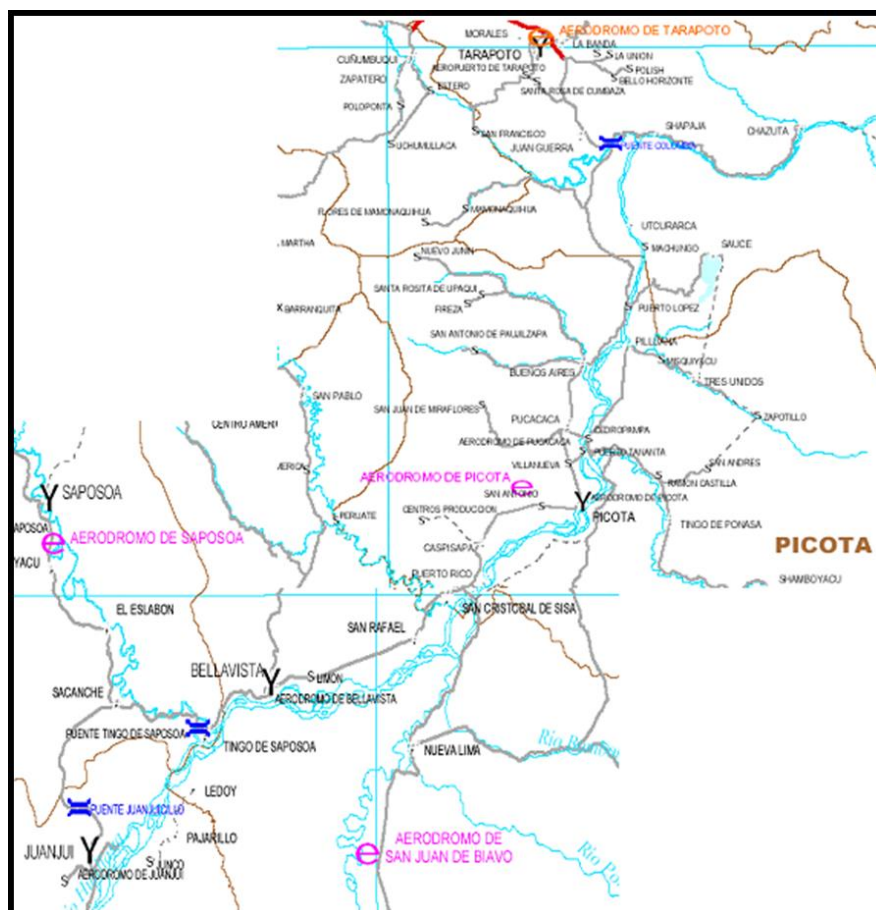
por las ciudades de Picota y Bellavista hasta llegar a la ciudad de Juanjuí, con 130 Km. aproximadamente, luego por bote motor en un recorrido de 10 min., se desembarca en Puerto Ríos, Luego a través de una carretera afirmada de 5 Km. (20 min. Aprox.) se arriba a la localidad de Víveres, lugar donde se ubica la zona de estudios.

También se puede arribar con camioneta rural, siguiendo la carretera FBT Sur, a 5 Km. De la ciudad de Juanjuí se arriba a Puerto Amberes y se cruza el río Huallaga, a través de una Balsa Cautiva, luego por una carretera afirmada de 7 Km. Se arriba al lugar de la zona de estudios.

COSTO DE TRANSPORTE MOYOBAMBA - TARAPOTO		
Medio de Transporte	Cabina	Tolva
Combi	S/. 15.00	
Auto	S/. 20.00	
Camioneta	S/. 15.00	S/. 10.00

COSTO DE TRANSPORTE TARAPOTO – JUANJUI		
Medio de Transporte	Cabina	Tolva
Combi	S/. 12.00	
Auto	S/. 20.00	
Camioneta	S/. 13.00	S/. 10.00

COSTO DE TRANSPORTE JUANJUI – PAJARILLO		
Medio de Transporte	Cabina	Forma
Moto taxi (inc. Trans. Fluvial)	S/. 6.00	Terrestre
Puerto Amberes – Puerto Ríos (por persona)	S/. 2.00	Fluvial
Puerto Ríos - Pajarillo	S/. 5.00	Terrestre



Esquema Vial –Tarapoto – Juanjui

1.2.2.4. Demografía y área beneficiada

A fin de obtener la población en la zona de estudio se ha realizado el estudio socioeconómico donde se ha determinado la cantidad de viviendas habitadas existentes, los mismos que multiplicados por la densidad poblacional de 4.64 habitante/vivienda nos dan los valores de la población beneficiaria tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Población Beneficiaria en el ámbito del proyecto:

Zona de Estudio	Viviendas	Densidad (Hab/viv)	Población 2016
Localidad de VIVERES	220 (2016)	4.64	1021
TOTAL	220		1021

Fuente: Estudio Socio-económico.

1.2.2.5. Niveles de vida

A. Salud

La localidad de Víveres, para la atención de los servicios de salud, no cuenta con un centro de salud por lo que tienen que trasladarse hasta la localidad de Pajarillo y para casos graves o de mayor especialización acuden al hospital de la ciudad de Juanjui. Los enfermos con síntomas graves son transferidos al Hospital de Juanjui y/o Hospital II de la ciudad de Tarapoto.

Cuadro 1

Morbilidad Víveres año 2003-2007

N° DE ORDEN	DIAGNOSTICOS	2003	2004	2005	2006	2007	TOTAL
1	Infecciones de vías respiratorias agudas	419	629	480	737	541	2806
2	Enfermedad de la piel y del tejido subcutáneo	205	187	121	122	100	735
3	Otras enfermedades infecciosas y parasitarias y secuelas de las enfermedades infecciosas y parasitarias	203	140	92	137	204	776
4	Enfermedades infecciosas intestinales	169	177	124	176	143	789
5	Enfermedades del aparato urinario	80	171	113	140	128	632
6	Enfermedades de la sangre de los órganos hematocíticos y de la inmunidad	54		40	23	171	288
7	DEMÁS DAÑOS	1099	834	230	219	274	2656

B. Educación

Se cuenta con una Institución Educativa Inicial y una Institución Educativa Primaria, que atienden los niveles de Inicial y Primaria de la localidad de Víveres.

- Institución Educativa Inicial N° 199 Víveres.
- Institución Educativa Primaria N° 0553 General Don José de San Martín - Víveres

En términos generales la problemática educativa del distrito reproduce las características de las prácticas educativas tradicionales del ámbito urbano, con un déficit no sólo en lo referente a la infraestructura sino fundamentalmente en la calidad de la educación hacia los alumnos.

C. Infraestructura Urbana

Las calles están conformadas por vías en terreno afirmada, vehicular, siendo básicamente las que rodean la plaza de armas y la principal vía de ingreso y salida de estas localidades.

En cuanto a los materiales empleados en sus edificaciones, algunos son de material noble, sin embargo, el material predominante utilizado en las construcciones de sus viviendas, es el adobe y quincha. La arquitectura es sencilla, generalmente de un piso y dos pisos.

La distribución de los ambientes de las casas generalmente consiste en cocina, dos dormitorios, un ambiente de uso múltiple, silo o baño rústico. Tienen escasa iluminación y ventilación, los pisos son de tierra y la estructura de techo son de madera rolliza y la cobertura predominante es la calamina a dos aguas.

1.2.2.6. Actividades principales

La población de la localidad de víveres de Mariscal Cáceres está conformada por personas nacidas en la región y el resto por una población inmigrante. A raíz del crecimiento poblacional se ha logrado que las actividades de sostenimiento económico se diversifiquen, siendo la agricultura la actividad desarrollada en mayor escala teniendo como productos principales la producción y comercialización del arroz, maíz y el plátano. Además, estas zonas se encuentran aptas para la ganadería y cultivos de pan llevar para el autoconsumo. Como producto de este fenómeno de transculturación, la población ha buscado el camino de acuerdo a sus capacidades para generar sus ingresos en función de las oportunidades presentadas, por lo tanto, estas actividades se reflejan en el cuadro siguiente:

CARACTERISTICAS SOCIO ECONOMICAS		
Nº	OCUPACION/PROFESION	PORCENTAJE (%)
1	AGRICULTURA	68.00
2	GANADERIA	11.00
3	ACUICULTURA	3.00
4	COMERCIO	12.00
5	SIN OCUPACION	6.00
	TOTAL	100.00

El ingreso promedio por familia es del orden de S/.20.00 nuevos soles por familia que asciende a un total mensual de S/. 600.00 nuevos soles.

1.2.2.7. Descripción del proyecto

El estudio considera un diseño de una infraestructura de sistema de agua potable con una captación subterránea pozo caisson y tanque elevado e implementar programas de capacitación a los

usuarios y a la administración en el valor del agua potable y adecuada prácticas de higiene.

Consiste en la Construcción de una captación para agua subterránea de concreto armado tipo Caisson, con dos electrobombas de 8 HP de potencia, en forma conectada, con una tubería de Succión de 3” de FºGº de la cual se impulsa el agua con tubería PVC SAP 2 1/2” C-10 hacia el Almacenamiento (Tanque Elevado de 82.00 m³), ambos ubicado a 110 metros de la localidad y por una línea de aducción con tuberías PVC SAP de Ø2 ½” que abastecerá con una Red de Distribución, Conexiones Domiciliarias del proyecto.

El predio donde se va desarrollar la captación tipo Caisson, la cámara de bombeo de agua potable y la construcción del tanque elevado, tiene los siguientes datos geo referenciales.

A. Captación caisson

Estructura ubicada Geográficamente, en

Este	Norte	Altura
316282.048	9208035.277	265.50

Estructura de concreto armado de sección circular con dimensiones interiores de 2.00m de diámetro y una altura total de 9.30m, hasta la base de la plataforma del Caisson, el Caisson está cimentado a 8.30m del nivel del terreno natural y cumple la función de captación, donde las paredes laterales del Caisson tiene 20cm de espesor con una malla de acero de refuerzo y en la losa del Caisson tiene 20cm de espesor con doble malla de acero de refuerzo, en la parte superior del Caisson está construido la caseta de bombeo, que está al nivel del terreno, presenta una altura de piso a techo de 3.0m, además presenta una vereda de 1.00m de ancho. La caseta de bombeo tiene la cimentación siguiente: sobrecimientos será de concreto simple, sardineles, zapatas, columnas y vigas de amarre de concreto armado, y muros de ladrillo serán asentados de soga, tarrajeados con mortero de arena – cemento y acabados con pintura Látex, las puertas serán de madera, las ventanas también serán de madera con barrotes de fierro corrugado de ½” para seguridad, la cobertura es construida con tijerales de madera tornillo y techo de calamina galvanizada, piso de cemento pulido sin colorear.

Para las instalaciones eléctricas se colocarán salidas en muros y techos, para el sistema de fuerza cuenta con 3 salidas de tomacorrientes monofásico, y el alumbrado cuenta con 3 centros de luz en la caseta de bombeo y 2 en el techo de la vereda, cada uno con sus respectivos interruptores.

En la Caseta de Bombeo sobre plataforma de C°A° del Caisson lleva dos (02) electro bombas de 8HP de potencia, instalados a una sub-estación de energía eléctrica.



Ubicación de la Captación de Agua Subterránea

B. Línea de succión

La línea de succión ha sido diseñada para succionar el caudal necesario que llega a la electrobomba de 8 HP de potencia, para luego a través de la tubería de impulsión llega al tanque elevado. La línea de succión es de tubo F°G° Ø 3", con una longitud de 12.50 metros.

C. Línea de impulsión

La línea de impulsión ha sido diseñada para conducir el caudal máximo de impulsión, siendo este entre fuente de captación (Caisson) y el tanque elevado. La línea de impulsión es de TUBERIA PVC-SAP C-10 D=2 ½", y parte de la caseta de bombeo hacia el tanque elevado con una longitud de 97.00m de tubería.

D. Reservorio – tanque elevado v = 82 m³

Ubicación.

Estructura ubicada Geográficamente, en

Este	Norte	Altura
315230.240	9207970.474	265.55

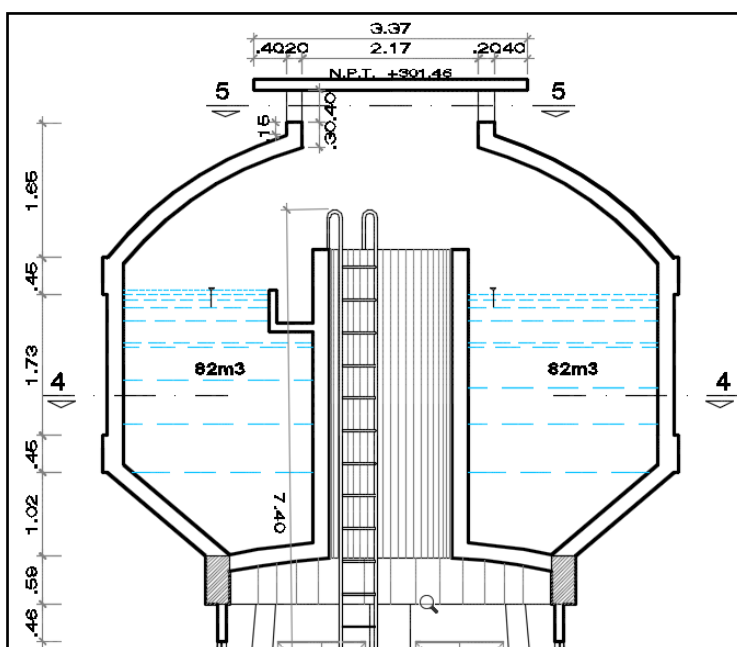
El reservorio será de tanque elevado de sección circular de concreto armado, con capacidad para 82.00m³ de volumen de reservorio, ubicado en la localidad de Víveres, ubicado a 110 metros de la localidad con dimensiones interiores especificadas en los planos.

Constará de las siguientes partes:

1. Solado de concreto
2. Zapata circular
3. Placa circular
4. Viga principal de amarre
5. Tanque Elevado de capacidad 82m³
6. Sistemas de barandas para seguridad.

Además, constará de caseta de válvulas, escalera exterior e interior, barandas de protección y tapas de registro.

Será de concreto armado $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, de forma circular de diámetro interior 6.58m, altura de agua 5.25m, borde libre 1.70m, paredes y losa superior de 20cm; losa inferior de 20cm., armado con Acero según diseño.



E. Línea de aducción

Ha sido diseñado para conducir el caudal máximo diario, siendo este entre el reservorio y la red de distribución.

La línea de aducción tendrá una longitud de 110.00 ml es de TUBERIA PVC-UF DN=2 ½”, C-10, NTP-ISO 4422, y parte del tanque elevado hasta el punto 1 de alimentación a las redes de distribución.

F. Red de distribución

Ha sido diseñado para conducir el caudal máximo diario, siendo este entre el reservorio y las conexiones domiciliarias. La red de distribución ha sido diseñada por medio del cálculo hidráulico mediante el programa de Watercad y con la norma del Reglamento Nacional de Edificaciones, para conducir el gasto máximo horario y proporcionar la suficiente presión en los distintos puntos de la red.

La longitud de la tubería de alimentación es de 1,104.45ml de tubería PVC – SAP C – 10, las cuales se sustentan en la planilla de metrados y han sido plasmados en los planos. El detallado de longitudes totales por diámetros se presenta en el siguiente cuadro:

TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø1.25"	80.98	m
TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø1.50"	267.53	m
TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø2.00"	451.10	m
TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø2.50"	304.84	m

G. Red de distribución y conexiones domiciliarias

Todas las conexiones domiciliarias han sido diseñadas para conducir el caudal máximo horario desde la red de distribución hasta las viviendas de la localidad cuyos diámetros serán en tubería matriz.

La red de distribución está dada por las tuberías que se detallan en el cuadro siguiente:

TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø3/4"	2,426.24	m
TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø1"	1,027.68	m

TUBERIA PVC SAP C-10 DE Ø1.50"	70.34	m
--------------------------------	-------	---

1.3. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver

1.3.1. Antecedentes del problema

Actualmente existe en la Localidad de Víveres, cuenta un sistema de agua Potable que fue construido en el año de 1998 que debido a la antigüedad este sistema se encuentra colapsada de tal manera que los pobladores se vienen abasteciendo de agua con galones que acarrear de pozos perforados desde la localidad de Pajarillo, además este líquido elemento no tiene ningún tipo de tratamiento por lo que resulta ser agentes causantes de enfermedades de caracteres endémico.

El crecimiento de las poblaciones en la región como producto de las migraciones, data de la década de los 70, con la construcción de la carretera marginal de la Selva, la región San Martín se convirtió en una zona prospera vista por muchos como potencial para las actividades agrícolas y de extracción.

Es así como la población migrante proveniente en su gran mayoría de la Sierra norte, Alto Amazonas, Lambayeque, Piura, se asentaron en el Distrito de Buenos Aires y demás distritos de la provincia con el objeto de cultivar la tierra, visto por ellos como un potencial para actividades agropecuarias y forestales que hoy en día es el sustento económico, lo que motivo el asentamiento en el distrito de Pajarillo, entonces se hizo necesario la construcción de obras de infraestructura básica como caminos vecinales, agua, infraestructura educativa, de salud y otros, que permitiera conectarse entre pueblos y mejorar los servicios básicos que permiten elevar el nivel de vida de la población, creando un ambiente alentador para el desarrollo.

Ante la necesidad de contar con el servicio de agua Potable en óptimas condiciones, la población de la localidad de víveres, con sus autoridades locales han efectuado múltiple reuniones, obteniéndose como resultado la ejecución del proyecto del "Mejoramiento del Sistema de Agua Potable e Instalación del Sistema de Saneamiento en la Localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo - Mariscal Cáceres - San Martín", el cual ha sido priorizado dentro del proceso de planeamiento concertado y presupuesto participativo del distrito de Pajarillo-2015.

La población, considerando la importancia que merece el presente proyecto en el aspecto “socioeconómico” de su desarrollo, se encuentra comprometida con las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, habiéndose formado un comité Pro Agua Potable para la gestión respectiva.

Existe la necesidad de atender el requerimiento de agua Potable y Alcantarillado Sanitario en dicha Localidad, para garantizar la salubridad de la población, más aun teniendo en cuenta que el gobierno dentro de su política de estado está invirtiendo en proyectos de saneamiento básico.

Es política del Gobierno Nacional, Regional y Local, de intervenir en las zonas alejadas para brindarles la infraestructura básica como soporte para el desarrollo sostenido de su población, así como también es prioridad del Sector Salud, apoyar en proyectos de saneamiento básico en el ámbito urbano y rural, para reducir los altos índices de morbilidad en la población.

1.3.2. Formulación del problema

¿De qué manera puedo solucionar los problemas de la localidad mediante el Diseño del Sistema de Agua Potable por Bombeo mediante pozos Caissón para la Localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo-Mariscal Cáceres-San Martín?

1.3.3. Objetivos

1.3.3.1. Objetivo general

Realizar el Diseño Hidráulico del Sistema de Agua Potable por Bombeo mediante pozos caisson, para la Localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo-Mariscal Cáceres-San Martín.

1.3.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el sistema de agua potable para la localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo-Mariscal Cáceres-San Martín.
- Proponer un diseño del sistema de agua potable indirecto para la localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo-Mariscal Cáceres-San Martín.

- Plantear un diseño de la captación mediante un caisson para la localidad de Víveres, Distrito de Pajarillo-Mariscal Cáceres-San Martín.
- Diseño hidráulico de la línea de succión e impulsión.
- Diseño estructural de sistema de almacenamiento (Reservorio).
- Elaboración de los planos del sistema de agua potable.

1.3.4. Justificación de la investigación

El desarrollo del presente proyecto es debido a que existe una necesidad de plantear un perfil de diseño de un sistema de agua potable por gravedad debido que a la fecha en el centro poblado el servicio es deficiente e insuficiente; además de que no se cuenta con el sistema de alcantarillado. Por ello es necesario diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, en ese sentido los factores que justifican el proyecto son el mejoramiento de la calidad de vida de la población mediante el acceso a mejores servicios básicos, reducir el índice de mortalidad por infecciones de ingesta de agua contaminada, y por otra parte reducir la contaminación en la localidad de Víveres, distrito pajarillo, Provincia Mariscal Cáceres, Departamento de San Martín.

Los motivos que generaron la propuesta de este proyecto, son principalmente la deficiencia y carencia de servicios de saneamiento básico y el paupérrimo conocimiento de la población de temas de educación sanitaria, especialmente en la localidad de víveres, que es la que carece de los servicios tanto de agua como de desagüe, la cual está a cargo de la Municipalidad distrital de Pajarillo, en la cual el abastecimiento de agua mediante galones es constante, pero con agua con contienen finos que le da un aspecto turbio, especialmente los niños se encuentren propensos a enfermedades del sistema respiratorio, infecciosas y parasitarias, así como la piel y tejido celular subcutáneo, ya que debido a la poca calidad de agua por el sistema actual, hacen que la población consuma agua del Río y/o pozos de pajarillo, los cuales originan las enfermedades mencionadas.

En los últimos años, estas localidades han tenido un crecimiento poblacional significativo, provenientes de otros lugares del país atraídos por la actividad agrícola y pecuaria en el lugar del proyecto, razón por la cual es necesario que cuenten con un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable e infraestructura para evacuación de excretas con calidad, contribuyendo así a la salud integral de sus pobladores.

1.3.5. Delimitación de la investigación

- Se limita a presentar un análisis descriptivo y propositivos para la solución del problema.
- La investigación se limita debido a que los resultados a presentar solo serán aplicables a la realidad del centro poblado.
- Los recursos como antecedentes, bases teóricas son limitados, siendo su obtención muy prolongada.
- Carencia de antecedentes locales sobre los temas de investigación considerando las variables objeto de estudio.
- Falta de accesibilidad para efectuar el instrumento de recolección de datos.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Antecedentes teóricos de la investigación.

1.4.1.1. Internacional

Lam, José Andrés (5) en su investigación “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Captzín Chiquito, municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango” concluye que con la realización del Ejercicio Profesional Supervisado EPS, con apoyo de INFOM-UNEPAR, se analizaron las necesidades de los servicios básicos y de infraestructura que carecen en la aldea Captzín Chiquito, por lo que se atendió la solicitud del comité realizando un estudio y planificación de un proyecto de agua potable. El sistema de agua potable para la aldea Captzín Chiquito, se diseñó por gravedad, aprovechando las ventajas topográficas que presenta el lugar, para una población de 850 habitantes distribuidas en 150 viviendas. Además, el sistema de distribución funcionará por medio de ramales abiertos, debido a la dispersión de las viviendas. En tanto el criterio para determinar la dotación dependió directamente de poder tener una vida útil adecuada para que el sistema sea viable y funcional. Además, por la magnitud del proyecto se designó la dotación mínima para optimizar y reducir los costos; por último, los beneficiarios del proyecto formulado podrán solucionar y mejorar la situación actual en que viven, al ejecutar el sistema con los componentes adecuados para conducir, almacenar, desinfectar y distribuir el vital líquido.

Alvarado, Paola (6) en su investigación “Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá” concluye que con el buen uso y mantenimiento adecuado del proyecto, se beneficiará a las futuras generaciones,

constituyéndose la herramienta fundamental para la ejecución o construcción, será posible implementar un sistema de abastecimiento para la comunidad de San Vicente, que cumpla las condiciones de cantidad y calidad y de esta manera garantizar la demanda en los puntos de abastecimiento y la salud para los moradores de este sector. En la normativa ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006 y de acuerdo a los resultados obtenidos en los respectivos análisis físico – químico y bacteriológico, se observa que en las dos muestras el límite permisible de los gérmenes totales se encuentran fuera del rango; por tal motivo se eligió la desinfección como único tratamiento, y los parámetros restantes físico – químicos como es pH, turbiedad, dureza y sólidos totales cumplen con los requerimientos de la normativa, y por último la línea de aducción del sistema de abastecimiento de agua potable se diseñó con tubería de Policloruro de vinilo (PVC) de diámetro de 1” (32 mm), la velocidad se encuentra en el rango recomendados por la normativa ecuatoriana de 0.45 – 2.5 m/s.

Batres, José Gerardo; Flores, David Israel y Quintanilla, Alberto Enrique (7) en su investigación “Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable, diseño del alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de San Luis del Carmen, departamento de Chalatenango” concluye que con el rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de San Luis Del Carmen se resuelve satisfactoriamente el desabastecimiento existente en la zona alta del municipio; ya que por medio de los resultados obtenidos en la simulación realizada en EPANET (programa utilizado como herramienta de diseño), podemos garantizar que la red podrá dar cumplimiento a la demanda proyectada, para un periodo de diseño de 20 años. La topografía existente en el municipio de San Luis del Carmen, se ajusta lo suficiente para la implementación de un sistema de alcantarillado de aguas negras que trabaje por gravedad, con lo cual se reducen los costos de construcción y mantenimiento, además de lograr con ello mejorar las condiciones sanitarias de la población de todo el casco urbano del municipio.

Con la construcción del Sistema de Drenaje de Aguas Lluvias en el casco urbano del Municipio de San Luis del Carmen se solventará el problema de excesivas crecidas que se generan en las calles de este, ya que por medio del sistema de drenaje se evacuarán y se conducirán todos los caudales de escorrentía que son generados para su pronta deposición a canales naturales (Quebradas). Por último, la determinación de la Intensidad de diseño se hizo para un periodo de retorno de 25 años, ya que el proyecto se encuentra en la zona rural de

nuestro país; la inversión que se hará se proyecta que sea la más necesaria, es por esto que se determinó un periodo lo suficientemente grande para no incurrir al rediseño del sistema de drenaje de aguas lluvias.

1.4.1.2. Nacional

Sandoval, Luís Alberto (8) “Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca - Celendín – Cajamarca” concluye que Con el estudio se propone el mejoramiento y la ampliación de dichos sistemas; calculando y diseñando cada una de ellas de acuerdo a normas y reglamentos vigentes en nuestro país que permite mejorar los servicios de agua potable y saneamiento básico a una población de 371 habitantes en 1 00 viviendas y 6 instituciones públicas, contribuyendo así a mejorar el nivel y calidad de vida de los pobladores de la localidad de Tallambo, además el Sistema de Agua Potable existente no abastece la demanda de las familias, porque en parte se encuentra deteriorada, por falta de mantenimiento adecuado, además las familias comparten el consumo de agua con los animales, exponiéndose directamente a riesgos que peligran la salud humana y dificultando el desarrollo de la localidad por consumir el agua de mala calidad, sin tratar ni clorar.

Olivari, Oscar Piero (10) en su investigación “Diseño del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado del Centro Poblado Cruz de Médano – Lambayeque”, concluye que el estudio brindara servicio de Agua Potable y Alcantarillado al Centro Poblado Cruz de Médano, satisfaciendo sus necesidades hasta el año 2027, se determinó que la fuente más apropiada sea la del pozo tubulares ya que ofrece las condiciones de cantidad y calidad adecuadas, además se ha diseñado un tanque elevado de 600m³

que regulara las variaciones de consumo, considerando una zona de presión para el Centro Poblado Cruz de Médano.

Alegría, Jairo Iván (11) en su investigación “Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Bagua Grande”, concluye que el documento ha tomado en consideración los criterios y análisis seguidos en la etapa de pre inversión a fin de validar los diseños definitivos realizados en la etapa de inversión, en tanto con la ejecución del proyecto se beneficiarán al inicio a 28,973 habitantes del área de influencia del proyecto y 48,694 habitantes al final del mismo, es decir habrá una disminución de la

frecuencia de casos de enfermedades gastrointestinales, parasitosis y dérmicas, mejora del ingreso económico familiar, mejora en las condiciones de vida de la población de la ciudad de Bagua Grande.

1.4.1.3. Local

Dany Martin Rios Sajami (12) en su investigación “Construcción red de agua potable por bombeo del distrito de Bajo Biavo”, de la provincia de Bellavista – región San Martín; el proyecto de construcción de la red del sistema de agua potable por bombeo consiste en la captación de agua mediante el tendido de una red eléctrica de una longitud de 526 m con un nuevo transformador para la alimentación de las 2 electrobombas de 10 HP (para succión con diámetro de 4”) y 6HP (para impulsión al tanque elevado de diámetro de 2”). Con la ejecución del proyecto se estará mejorando el nivel de salubridad de las personas que habitan en los caseríos aledaños, mejorando la calidad de vida de los pobladores que habitan en ese sector. El proyecto se elaboró a nivel de perfil, establecido por la ley 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública, cuyo fundamento está basado en la optimización del uso de los recursos públicos destinados a las inversiones del estado y al establecer dicha ley que todo proyecto de inversión antes de su ejecución deberá contar previamente con los estudios de pre-inversión correspondiente, primero a nivel de perfil. De modo similar el proyecto se enmarco dentro de los lineamientos del sub sector saneamiento que establece como prioridad mejorar la calidad del agua y dotar de adecuados servicios de saneamiento a la población, orientado a mejorar la gestión de los servicios y lograr la viabilidad financiera de los proyectos. En conclusión, se promueve la generación de empleo, mejora de los niveles de vida, disminuir la pobreza existe, propiciar la modernización, la diversificación productiva y el ordenamiento urbano con la construcción de la red principal de agua potable por bombeo del distrito de Bajo Biavo.

Guevara, Alberto Yasir (13) en su investigación “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, mediante energía solar fotovoltaica en el centro poblado de Ganimedes, distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, región San Martín” concluye que el sistema de agua potable por bombeo con tratamiento, permite el abastecimiento de agua potable las 24 horas del día a la población y brindar un servicio de agua potable con óptimas condiciones de salubridad y apta para el consumo humano, además la planta de tratamiento está compuesta por Prefiltro y Filtro lento, los cuales fueron diseñadas para atender al caudal de bombeo, debido a que este caudal es mayor al caudal máximo diario, así mismo el Prefiltro es una unidad de tratamiento que funciona con un flujo ascendente, al contrario del Filtro

Lento, en ambos casos no se tiene solo un proceso físico de retención de partículas finas, sino también de procesos químicos y biológicos. El sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica permite a la comunidad de Ganimedes salvar el desnivel que existe entre la fuente de agua y la localidad, accediendo de esta forma al agua potable y mejorando las condiciones de vida en el lugar. El sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica, cuenta con un funcionamiento autosostenible y que no requiere de mantenimiento constante, siendo un sistema ideal para la comunidad de Ganimedes. La tarifa mensual que abordan las familias cubre los gastos en reposición de los equipos de bombeo a ser cambiados una vez que cumplan con su ciclo de vida, también se cubre los gastos de mantenimiento y operación de los componentes del sistema de agua potable, siendo periódicamente atendidas.

Mori, Manuel (14) en su investigación "Determinación del impacto ambiental y propuesta de mitigación para el proyecto: ampliación, mejoramiento e instalación del sistema de agua potable y del sistema de saneamiento básico en las localidades de Pueblo Libre y Nuevo Huancabamba- Moyobamba- San Martín, 2015" concluye que el componente más afectado por el proyecto será el agua durante la etapa de ejecución .Y con la posibilidad de verse afectada gravemente durante la etapa de operación del sistema de tratamiento de aguas servidas (laguna de estabilización), en el caso de un mal funcionamiento y no llegar a los LMP y contaminar fuentes de agua debido a los

efluentes del sistema, en la descripción de las actividades del proyecto e impactos, se concluye que los impactos positivos que generará el proyecto son de alta significancia porque brinda mayor bienestar a la población, mejora la calidad de vida, debido a que tiene una accesibilidad al servicio de saneamiento básico y hay un crecimiento significativo en la economía local. Los impactos negativos que se determinaron con el Estudio de Impacto Ambiental son de baja magnitud y de alta mitigabilidad, por último la oferta hídrica, de la quebrada Kusu en la toma "Bendición de Dios", en el punto de la captación de agua, es de 100 lt./seg. promedio, con demanda promedio por parte de la población de 8.69 lt./seg., asegurando un caudal ecológico del 91.3%.

1.5. Marco histórico

En la actualidad la localidad de Víveres cuenta con un deficiente sistema de abastecimiento de agua potable; pues los pobladores se abastecen del agua acarreado en galones desde la

localidad de Pajarillo. De tal manera que este consumo de agua se da sin ningún tratamiento físico-químico y bacteriológico, lo que hace que los pobladores de preferencia los niños y los ancianos sufran de enfermedades diarreicas agudas, intestinales y dérmicas. Pues asimismo en la localidad no cuentan con un sistema de evacuación y tratamiento las aguas servidas, ante esta situación la población está optando por arrojar éstas aguas a las zanjas superficiales, vías públicas, letrinas y pozos ciegos, contaminando el medio ambiente y generando focos infecciosos.

En la localidad beneficiaria se ha percibido la inexistencia de programas de educación sanitaria en manejo del agua y la disposición final de las aguas servidas producidas por el uso doméstico, no existiendo difusión de programas de salud pública, incidiendo en el elevado índice de diversas enfermedades, presencia de desnutrición en la población, incremento de gastos en la canasta familiar por salud, desventajas para el desarrollo urbano local y condiciones desfavorables para el desarrollo de las localidades

1.6. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación

El desarrollo de los sistemas de agua potable, saneamiento y demás servicios de característica pública buscan como objetivo la prevención y el acceso a un buen servicio, centrándose en el agua potable para la prevención de las enfermedades de tipo hídrico, tanto en la distribución del agua potable y desagüe. Esto da como resultado que los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario sean complementarios. Las partes que integran los sistemas hidráulicos urbanos son las siguientes: Sistema de Agua Potable por gravedad, Captación, Línea de succión, línea de Impulsión, Reservorio, línea de aducción, Red de distribución conexiones domiciliarias.

1.6.1. Sistema de agua potable indirecto (bombeo)

Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. Uno de los puntos principales de este capítulo, es entender el término potable. El agua potable es considerada aquella que cumple con la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual indica la cantidad de sales minerales disueltas que debe contener el agua para adquirir la calidad de potable. (15)

La contaminación del agua ocasionada por aguas residuales municipales, es la principal causa de enfermedades de tipo hídrico por los virus, bacterias y otros agentes biológicos que contienen las heces fecales (excretas), sobre todo si son de seres enfermos. Por tal motivo es indispensable conocer la calidad del agua que se piense utilizar para el abastecimiento a una población.

Es un procedimiento de obras, de ingeniería que con un conjunto de tuberías enlazadas nos permite llevar el agua potable hasta los hogares de las personas de una ciudad, municipio o área rural comparativamente tupida. (15)

1.6.1.1. Captación

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere.

Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta: Aguas superficiales. Aguas subterráneas. Aguas meteóricas (atmosféricas). Agua de mar (salada). (15)

El agua meteórica y el agua de mar, ocasionalmente se emplean para el abastecimiento de las poblaciones, cuando se usan es porque no existe otra posibilidad de surtir de agua a la localidad, las primeras se pueden utilizar a nivel casero o de poblaciones pequeñas y para la segunda, en la actualidad se desarrollan tecnologías que abaraten los costos del tratamiento requerido para convertirla en agua potable, además de que los costos de la infraestructura necesaria en los dos casos son altos.

Por lo tanto, actualmente solo quedan dos alternativas viables para abastecer de agua potable a una población con la cantidad y calidad adecuada y a bajo costo, las aguas superficiales y las subterráneas.

Las aguas superficiales son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser saneadas con relativa facilidad y a un costo aceptable. Su principal desventaja es que se contaminan fácilmente debido a las descargas de aguas residuales, pueden presentar alta turbiedad y contaminarse con productos químicos usados en la agricultura. Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran confinadas en el subsuelo

y su extracción resulta algunas veces cara, éstas se obtienen por medio de pozos someros y profundos, galerías filtrantes y en los manantiales cuando afloran libremente. (15)

1.6.1.2. Línea de succión

Una línea de succión es una manguera, tubo o tubería que transporta un fluido al lado de succión o aspiración de una bomba o compresor. Este tipo de dispositivos se utilizan en una variedad de configuraciones diferentes, y pueden verse y funcionar un poco diferente dependiendo de la máquina de la base de que se trate.

Concepto básico

La principal tarea de cualquier tubo de aspiración o línea es contribuir a facilitar el movimiento de los fluidos de un lugar a otro. Por lo general, hay varias razones por que esto es importante. Los fluidos se utilizan a menudo como refrigerantes, y también se pueden utilizar como fuente de energía. En situaciones de almacenamiento, las líneas pueden actuar como distribuidores, permitiendo a los operadores de prueba o liberar un poco de cantidad medida sin interrumpir el eje principal. Líneas menudo se asemejan a tubos simples, pero son casi siempre bajo presión y por lo general pueden funcionar como válvulas, detener o, alternativamente, la activación de flujo. Cuando se está trabajando adecuadamente, pueden ajustar la temperatura y la presión con una gran precisión.

1.6.1.3. Línea de impulsión

Las Líneas de Impulsión son el tramo de tubería destinada a conducir los caudales desde la obra de captación hasta el depósito regulador o la planta de tratamiento.

Antes de realizar el cálculo de las dimensiones y parámetros del diseño de la línea de impulsión y de la selección del sistema de bombeo, se debe realizar actividades de recolección de información.

Una inspección visual de la zona y reconocimiento de las instalaciones, con el propósito de determinar las condiciones para satisfacer la demanda futura de la población y con una garantía de funcionamiento a bajo costo de mantenimiento.

Una tubería de impulsión es aquella que es utilizada para conducir el agua desde puntos de menor cota hasta otros ubicados a cotas mayores.

La única forma de vencer la diferencia de elevaciones es a través del uso de equipos de bombeo, generalmente del tipo centrífugo si nos referimos a situaciones de Abastecimiento y Recolección de Agua.

1.6.1.4. Reservorio

Como punto importante de este apartado, es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos “almacenamiento” y “regularización”.

La función principal del almacenamiento, es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regularización sirve para cambiar un régimen de abastecimiento constante a un régimen de consumo variable.

1.6.1.5. Línea De Alimentación (Aducción)

Esta línea es el conjunto de tuberías que sirven para conducir el agua desde el tanque de regularización hasta la red de distribución, cada día son más usuales por la lejanía de los tanques y la necesidad de tener zonas de distribución con presiones adecuadas. (15)

1.6.1.6. Red de Distribución

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo. (14)

1.6.1.7. Conexiones domiciliarias

Conexión Domiciliaria de Agua se define como la conexión del servicio público a un predio urbano o a un espacio público determinado, desde la red principal hasta la fachada o vereda adyacente, que incluye la instalación de un elemento de control o registro de consumo de servicio que será supervisado y contabilizado por la empresa Concesionaria.

1.6.2. Período de diseño y estudios de población

1.6.2.1. Período de diseño

El período de diseño se define como el tiempo en el cual se considera que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo los parámetros respecto a los cuales se ha diseñado. El período de diseño tiene factores que influyen la determinación del mismo, entre los cuales podemos nombrar la durabilidad de materiales, ampliaciones futuras, crecimiento o decrecimiento poblacional y capacidad económica para la ejecución de las obras.

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

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

Para todas las componentes mencionadas anteriormente, las normas generales del Ministerio de Salud para proyectos de abastecimiento de agua en el medio rural recomiendan un periodo de diseño de 20 años.

1.6.2.2. Determinación del período de diseño

Considerando los factores anteriormente descritos, se hará un análisis de la vida útil de las estructuras e instalaciones que se tiene previsto construir y, además, constatando la realidad de la zona en estudio, se debe determinar para cada componente su período de diseño. Esto se puede realizar a través de cuadros comparativos, considerando la componente y su valor adoptado, para luego determinar el promedio de la vida útil determinando un período de diseño para el conjunto de obras. Para este tipo de diseños, es usual elegir un período de vida útil de estructuras entre 15 y 25 años. (16)

1.6.2.3. Cálculo de la población futura

Para el desarrollo del proyecto de investigación se considera los métodos siguientes:

Métodos Analíticos:

Presuponen que el cálculo de la población para una región, es ajustable a una curva

matemática. Es evidente que este ajuste dependerá de las características de los valores de población censada, así como de los intervalos de tiempo en que éstos se han medido. Dentro de los métodos analíticos, tenemos el método aritmético, geométrico, la curva normal, logístico, la ecuación de segundo grado, la curva exponencial, método de los incrementos y de los mínimos cuadrados. (15).

Método racional:

En este caso, para determinar la población, se realiza un estudio socioeconómico del lugar, considerando el crecimiento vegetativo que es función de los nacimientos, defunciones, inmigraciones, emigraciones y población flotante. El método más utilizado para el cálculo de la población futura en las zonas rurales es el método analítico y con mayor frecuencia el método de crecimiento aritmético. Esta metodología se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que éstas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y que se encuentran cerca del límite de saturación. (15)

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{rt}{1000} \right)$$

Dónde: Pf = Población futura. Pa = Población actual. r = Coeficiente de crecimiento anual por 1000 habitantes. t = Tiempo en años

1.6.2.4. Dotación y consumo

La dotación o demanda per cápita, es la cantidad de agua que requiere cada poblador de la zona en estudio, expresada en litros/habitante/día (l/hab./día). Conocida la dotación, es necesario estimar el consumo promedio anual, el consumo máximo diario, y el consumo máximo horario. (15).

a. Dotación de agua

La dotación es variable de acuerdo a usos, costumbres de cada localidad, actividad económica y las condiciones de saneamiento de cada localidad. Según el Ministerio de Salud, en un estudio para mejoras en el servicio de agua potable emitido en el año 2001 determinó que, en la costa norte, la dotación alcanza los 70 l/hab./día mientras que en la costa sur este valor llega a los 60 l/hab./día. Para la sierra, el consumo de agua depende de la altitud en la cual se encuentra la localidad. En poblados con altura de más de 1500 metros sobre el nivel del mar

(m.s.n.m.), la dotación de agua alcanza los 50 l/hab./día y en alturas menores a los 1500 m.s.n.m., la dotación es de 60 l/hab./día. Finalmente, en el caso de la selva peruana, la dotación llega a los 70 l/hab./día.

Para una habilitación urbana en asentamientos humanos mayores de 2000 habitantes, la Norma OS.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) recomienda fijar la dotación en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas. En caso de no contar con los estudios de consumo, se considerará por lo menos una dotación de 180 l/hab./día en clima frío y de 200 l/hab./día en clima templado y cálido.

b. Consumo promedio diario anual

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

$$Q_m = \frac{P_f \times \text{dotación (d)}}{86400 \text{ s/día}}$$

Dónde:

Q_m = Consumo promedio diario (l/s).

P_f = Población futura (hab.).

d = Dotación (l/hab./día).

El consumo promedio diario anual, servirá para estimar el consumo máximo diario y horario.

c. Consumo máximo diario (Q_{md}) y consumo máximo horario (Q_{mh})

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.

1.6.3. Parámetros específicos de agua potable

Los parámetros y criterios de diseño que se presentan a continuación se basan en las normas y requisitos para los proyectos de agua potable y alcantarillado destinadas a las localidades urbanas – Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, el reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el nuevo reglamento de elaboración de proyectos de agua potable y

alcantarillado para habilitaciones urbanas. (15)

Tomando como datos básicos el caudal a conducir, longitud de tubería, desnivel entre punto de carga y descarga, se consideran los siguientes parámetros:

1.6.3.1. Redes de distribución

En líneas de aducción y redes de distribución los parámetros a utilizar en los cálculos son los siguientes:

- Tipo de tubería a usar.
- Velocidad recomendada de conducción.
- Protección contra acumulación de aire en los puntos altos.
- Sistema de evacuación de sedimentos en los puntos bajos.

Se denomina línea de aducción a la tubería que conduce agua desde la obra de captación hasta el estanque de almacenamiento. La presente tesis se centra en el diseño específico de la red de agua potable del centro poblado de Viveres, en este sentido la línea de aducción será considerada como la tubería que empalma del reservorio ficticio, considerado en el modelado, hacia la red de distribución de agua potable. (16)

1.6.3.2. Coeficientes de fricción

Los coeficientes de fricción (“C” de Hazen-Williams) considerados en el cálculo hidráulico.

Tipo de Tubería	C
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, Asbesto Cemento	140
Policloruro de vinilo (PVC)	150

1.6.3.3. Velocidad en el conducto

La elección del diámetro de la tubería se encuentra relacionada en forma directa a la velocidad que se produzca en el conducto. Según la Norma OS.050 la velocidad máxima admisible será de 3 m/s y solo en casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.

1.6.3.4. Zonas de presión

Las zonas de presión se definirán en función a la topografía, las presiones mínimas y el área de influencia del reservorio. La topografía delimita las zonas de abastecimiento, teniendo presente las presiones máximas y mínimas en la red de distribución, de 50 a 10 metros de columna de agua (m.c.a.) respectivamente, de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS.050.

La presión mínima de 10.00 metros de columna de agua (m.c.a.) en las redes de distribución se aplicará en casos en que la zona cuenta con edificaciones de hasta 2 pisos.

De acuerdo al nivel socioeconómico y la idiosincrasia de los pobladores del centro poblado de Víveres se prevé que las viviendas, dentro de un periodo aproximado de 20 años, no excederán los 2 niveles de construcción.

1.6.3.5. Válvulas de aire

En las líneas de conducción se colocarán válvulas extractoras de aire en sus puntos altos y cuando se presenten cambios en la dirección de los tramos con pendiente positiva. En los tramos donde la pendiente se mantiene uniforme se colocarán válvulas cada 2 kilómetros como máximo. El dimensionamiento de las válvulas se determinará en función del caudal, presión y diámetro de la tubería.

1.6.3.6. Válvulas de Purga

La ubicación de las válvulas de purga se realizará en los puntos bajos de las líneas de conducción para lo cual se debe tener en consideración la calidad del agua y la modalidad de funcionamiento de la línea de conducción. El dimensionamiento de las válvulas se determinará en función de la velocidad de drenaje y serán instaladas en una cámara de concreto armado.

1.6.3.7. Criterios de diseño

Las redes de distribución o conducción se proyectarán, siempre que sea posible, conformando un circuito cerrado (malla). El dimensionamiento de la red se realizará en base a cálculos hidráulicos que aseguren el caudal y la presión adecuada en cualquier punto de la red. De acuerdo a la Norma OS.050 el cálculo hidráulico del sistema de distribución se realizará mediante el método de Hardy Cross o cualquier otro método equivalente, mientras que el cálculo hidráulico de las tuberías se realizará mediante la fórmula de Hazen – Williams. (18)

1.6.4. Características físicas del agua

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

Se consideran importantes las siguientes:

- turbiedad;
- color;
- olor y sabor;
- temperatura, y
- pH.

1.6.4.1. Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

1.6.4.2. Sólidos y residuos

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada.

1.6.4.3. Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella.

Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina,

ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera.

1.6.4.4. Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”.

Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

1.6.4.5. Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

1.6.4.6. Características químicas del agua

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

1.6.4.7. Alcalinidad

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación.

Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.

1.6.4.8. Hierro

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas

naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca.

También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

1.6.4.9. Manganeseo

El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central.

La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado.

1.6.4.10. pH

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua.

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

1.6.4.11. Boro

El boro no se considera un elemento esencial para la nutrición humana.

Existen estudios que demuestran su influencia en el retardo del crecimiento de las plantas.

Estudios realizados en plantas piloto han demostrado gran eficiencia de remoción de boro en los procesos de ablandamiento cal-soda a pH 8,5–11,3 (98%) y, en menor grado, en la coagulación con sulfato férrico.

La OMS ha establecido como valor guía para aguas de consumo 0,3 mg/L, mientras que el Canadá considera 5 mg/L como concentración máxima aceptable.

Esta diferencia tan grande entre los valores guía se debe a la insuficiente información sobre los efectos de esta sustancia sobre el bienestar del consumidor.

1.6.4.12. Cadmio

No es un elemento esencial para la vida del hombre.

La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los flujos de refineries de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas. Muchos pigmentos usados para la coloración de plásticos o la formulación de pinturas contienen concentraciones elevadas de cadmio.

1.6.5. Características microbiológicas del agua

1.6.5.1. Coliformes totales

Los coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.

Los Coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG21 .

Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo.

1.6.5.2. Coliformes fecales

A este grupo pertenecen los Coliformes que son de origen fecal, e incluyen a aquellos microorganismos que tienen la característica de fermentar la lactosa a la temperatura de 44.5° Este grupo incluye a la *Escherichia coli* y la *Klebsiella pneumoniae*.

La presencia de Coliformes fecales indica la presencia de material fecal procedente del hombre o de los animales de sangre caliente; sin embargo, mediante esta técnica no es posible diferenciar entre la de origen humano o la de los animales. La supervivencia de los microorganismos pertenecientes a este grupo es similar a la de las bacterias patógenas: sin embargo, su utilidad como indicador de la contaminación con virus o protozoos es limitada,

pues ellos son menos resistentes a la desinfección que los virus o los quistes de protozoos. Ellos tienen como inconveniente que, bajo condiciones adecuadas, pueden crecer en las aguas y las aguas residuales.

1.6.6. Demanda de agua

1.6.6.1. Factores que Afectan el Consumo

Los principales factores que afectan el consumo de agua son: el tipo de comunidad, factores económicos y sociales, factores climáticos y tamaño de la comunidad.

Independientemente que la población sea rural o urbana, se debe considerar el consumo doméstico, el industrial, el comercial, el público y el consumo por pérdidas.

Las características económicas y sociales de una población pueden evidenciarse a través del tipo de vivienda, siendo importante la variación de consumo por el tipo y tamaño de la construcción. El consumo de agua varía también función al clima, de acuerdo a la temperatura y a la distribución de las lluvias; mientras que el consumo per cápita, varía en relación directa al tamaño de la comunidad.

1.6.6.2. Dotación (Dot.)

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 (lts/hab/día) indicados en el siguiente cuadro.

Tabla 1

Dotación de agua según R.N.E.

Ítem	CRITERIO	CLIMA TEMPLADO	CLIMA FRIO	CLIMA CALIDO
01	Sistema con conexiones.	220	180	220
02	Lotes de área menor o igual a 90m ²	150	120	150
03	Sistema de abastecimientos por surtidores , camión cisterna o piletas publicas	30 -50	30 -50	30 -50

Fuente: Reglamento Nacional de edificación

1.6.7. Caudales de diseño

1.6.7.1. Consumo Promedio Diario Anual (Qp)

El consumo promedio 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).

$$Q_p = \frac{P_f * Dot}{86400}$$

1.6.7.2. Consumo Máxima Diario (Qmd)

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.

Para encontrar el consumo máximo diario, multiplicamos el consumo promedio diario anual (Qp) por el coeficiente de variación de consumo K1 de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 2

Coeficiente de variación de consumo.

Fuente: Reglamento Nacional de edificación

$$Q_{md} = K1 * Q_p$$

1.6.8. Disposiciones generales

1.6.8.1. Generalidades

Item	Coeficiente	Valor
01	Coeficiente Máximo Anual De La Demanda Diaria (K ₁)	1.30
02	Coeficiente Máximo Anual De La Demanda Horaria (K ₂)	1.80 a 2.50

1.6.8.1.1. 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.

1.6.8.1.2. 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. Se aceptarán otros valores al considerar, en conjunto, el sistema planta de tratamiento, tanques de regulación, siempre que un estudio económico para el periodo de diseño adoptado lo justifique.

En los proyectos deberá considerarse una capacidad adicional que no excederá el 5% para compensar gastos de agua de lavado de los filtros, pérdidas en la remoción de lodos, etc.

1.6.8.1.3. Acceso

El acceso a la planta debe garantizar el tránsito permanente de los vehículos que transporten los productos químicos necesarios para el tratamiento del agua.

En el caso de una planta en que el consumo diario global de productos químicos exceda de 500 Kg, la base de la superficie de rodadura del acceso debe admitir, por lo menos, una carga de 10 t por eje, es decir 5 t por rueda, y tener las siguientes características:

- Ancho mínimo: 6 m
- Pendiente máxima: 10%
- Radio mínimo de curvas: 30 m

En el caso de que la planta esté ubicada en zonas inundables, el acceso debe ser previsto en forma compatible con el lugar, de modo que permita en cualquier época del año, el transporte y el abastecimiento de productos químicos.

1.6.8.1.4. Área

- a) El área mínima reservada para la planta debe ser la necesaria para permitir su emplazamiento, ampliaciones futuras y la construcción de todas las obras indispensables para su funcionamiento, tales como portería, estaciones de bombeo, casa de fuerza, reservorios, conducciones, áreas y edificios para almacenamiento, talleres de mantenimiento, patios para estacionamiento, descarga y maniobra de vehículos y vías para el tránsito de vehículos y peatones.
- b) El área prevista para la disposición del lodo de la planta no forma parte del área a la que se refiere el párrafo anterior.
- c) Cuando sean previstas residencias para el personal, éstas deben situarse fuera del área reservada exclusivamente para las instalaciones con acceso independiente.
- d) Toda el área de la planta deberá estar cercada para impedir el acceso de personas extrañas. Las medidas de seguridad deberán ser previstas en relación al tamaño de la planta.

1.6.9. Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

1.6.10. Tipos de plantas de tratamiento de agua

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta.

1.6.10.1. Plantas de filtración rápida

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³/m². d, de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones.

Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación, se aplica el retro lavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema

de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad. De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa.

1.6.11. Planta de filtración rápida completa

Una planta de filtración rápida completa normalmente está integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (mezcla rápida) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo (etapa de floculación). La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculentas). El proceso final de filtración desempeña una labor de acabado, le da el pulimento final al agua.

La desinfección, en la forma en que normalmente se aplica (esto es, con residual libre de 1 mg/L a la salida de la planta y tiempo de contacto mínimo de 30 minutos), solo tiene la capacidad de remover bacterias. Como se verá detalladamente en el capítulo sobre desinfección, para remover huevos de parásitos se necesitarían aplicar dosis altísimas y disponer de tiempos de contacto muy largos, que hacen impracticable el proceso. Como los huevos de parásitos son grandes, un filtro que opere eficientemente y reciba agua con no más de 2 UNT puede producir un efluente exento de huevos de parásitos.

Las altas tasas con las que operan estos sistemas, así como el empleo de la coagulación (proceso cuya operación requiere sumo cuidado), demandan recursos humanos capacitados, por lo que debe estudiarse con detenimiento la posibilidad de utilizarlos fuera de la zona urbana, en zonas marginales, rurales o, en general, en zonas económicamente muy deprimidas.

1.6.11.1. Filtración Directa

Es una alternativa a la filtración rápida, constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras. Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses o represas, que operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

CUADRO N° 0 2: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA ACEPTABLES PARA EL TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN RÁPIDA COMPLETA

Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad (UNT)	< 1.000	< 800	< 1.500; si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	< 150	< 70	
NMP de coliformes termotolerantes/100 mL	< 600		Si excede de 600, se debe considerar predesinfección

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Cuando la fuente de abastecimiento es confiable —caso de una cuenca virgen o bien protegida—, en la que la turbiedad del agua no supera de 10 a 20 UNT el 80% del tiempo, y no supera 30 UNT ni 25 UC el 90% del tiempo, puede considerarse la alternativa de emplear filtración directa descendente.

Cuando el agua viene directamente del río y aunque clara la mayor parte del año, presenta frecuentes fluctuaciones de turbiedad, normalmente se considera una floculación corta, generalmente de no más de 6 a 8 minutos, para obtener un efluente de calidad constante, aunque con carreras de filtración más cortas. Esta es la alternativa más restringida de todas en cuanto a la calidad de agua que se va a tratar.

En el caso de aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y las 60 UC y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC, podrían ser tratadas mediante filtración directa ascendente.

La tercera alternativa disponible para aguas relativamente claras es la filtración directa ascendente–descendente. Esta alternativa es aplicable a aguas que el 90% del tiempo no

sobrepasan las 250 UNT ni las 60 UC, y alcanzan esporádicamente más de 400 UNT y 100 UC.

El cuadro 03 sintetiza los rangos de calidad de agua óptimos para cada alternativa de tratamiento mencionada. Este tipo de soluciones requieren un amplio estudio de la fuente, para estar bien seguros de su comportamiento estacional, sobre todo durante los ciclos lluviosos.

CUADRO N° 0 3: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA PARA PLANTAS DE FILTRACIÓN DIRECTA

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtración directa descendente	Turbiedad (UNT)	25 - 30	<20	< 50
	Color verdadero (UC)	< 25		
	NMP de coliformes totales/100 mL	< 2.500		
	Concentración de algas (unidades/mL)	< 200		
Filtración directa ascendente	Turbiedad (UNT)	< 100	< 50	< 200
	Color (UC)	< 60		< 100
Filtración directa ascendente-descendente	Turbiedad (UNT)	< 250	< 150	< 400
	Color (UC)	< 60		< 100

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Además de las especificaciones de calidad de agua indicadas en el cuadro anterior, se deberán tener en cuenta otros parámetros de calidad de la fuente que se indican en el cuadro 04.

CUADRO N° 0 4: OTROS PARÁMETROS DE CALIDAD IMPORTANTES PARA LA FILTRACIÓN DIRECTA

Parámetros	Valores recomendables
Sólidos suspendidos (mg/L)	< 50
Carbono orgánico total (mg/L)	< 5
pH	5,5-6,5
Fósforo total (mg/L)	< 0,05
Nitrógeno total (mg/L)	< 5
Clorofila (µg /L)	< 10
Coliformes totales (colif./100)	< 2.500
Hierro (mg/L)	10
Manganeso (mg/L)	2

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Tener en cuenta estas restricciones es más importante en el caso de la filtración dinámica descendente, en la que el agua tiene un tiempo de retención muy corto dentro de la planta, alrededor de 5 minutos mientras atraviesa el mezclador y el filtro, por lo que, si se producen bruscos cambios en la calidad en la fuente, no hay tiempo suficiente para modificar la dosificación.

Sin embargo, la economía que se obtiene en estos casos en el costo inicial de las obras al considerar apenas dos procesos, así como en la operación y mantenimiento de la planta (ahorro de 40% a 50% de sustancias químicas) justifica ampliamente el mayor costo de los estudios.

1.6.11.1.1. Clasificación de las Plantas de Filtración Rápida por el Tipo de Tecnología Utilizada

Las características tecnológicas del sistema deben de estar de acuerdo con los recursos económicos, humanos y materiales disponibles localmente para que se puedan cumplir los objetivos de tratamiento previstos.

Por el tipo de tecnología utilizada en la Región, las plantas de filtración rápida se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.
- Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.
- Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

1.6.11.1.2. Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua

Este tipo de sistema es el más antiguo en nuestro medio. Se ha venido utilizando desde principios del siglo pasado (1910–1920).

Se caracteriza por la gran extensión que ocupan las unidades, principalmente el decantador rectangular de flujo horizontal, el cual normalmente se diseña con tasas comprendidas entre 10 y 60 m³/m². d. Véase la figura N° 01.

Para mejorar el funcionamiento de los sistemas convencionales, se fueron agregando equipos mecánicos y actualmente la mayor parte de estos sistemas son mixtos, están constituidos por unidades hidráulicas y mecánicas.

Inicialmente estas plantas carecían de mezcladores y se les agregó retromezcladores. Los floculadores pueden ser hidráulicos o mecánicos, los decantadores rectangulares de flujo horizontal y en algunos casos de vuelta en U, como el de la figura N° 02.

Los filtros son de tasa constante de 120 m³/m². d y de nivel variable. Generalmente, el lecho filtrante es simple, solo de arena. Estas instalaciones se caracterizan por una gran galería de tubos a través de los cuales pasa el agua filtrada, el agua para el lavado de los filtros y el desagüe del retrolavado (Grafico 06). El agua y la carga para el retrolavado del lecho filtrante normalmente son proporcionadas por un tanque elevado, el cual es alimentado mediante una estación de bombeo desde la cisterna de aguas claras.

En la época en que estos sistemas fueron proyectados, el tratamiento de agua era más un arte que una ciencia. Las investigaciones más importantes en el campo del tratamiento del agua se realizaron a partir de la década de 1960. Antes de ello, los proyectistas aplicaban criterios y parámetros por intuición, con muy poco fundamento técnico. A esto se debe que estos sistemas presenten muchas deficiencias; sin embargo, debido al gran tamaño de las unidades, presentan un potencial enorme para convertirlos en sistemas convencionales de alta tasa. Su capacidad se puede incrementar por lo menos en tres o cuatro veces con muy poca inversión.

1.6.11.1.3. Sistemas Convencionales de Alta Tasa o De Tecnología CEPIS/OPS

Esta tecnología se empezó a desarrollar en la década de 1970 y se ha ido perfeccionando cada vez más a la luz de las últimas investigaciones realizadas en los países desarrollados.

Las unidades son de alta tasa, ocupan una extensión que constituye el 25% ó 30% del área que ocupa un sistema convencional de la misma capacidad. La reducción del área se debe al empleo de floculadores verticales que por su mayor profundidad ocupan menos área que los horizontales y permiten compactar mejor el sistema.

Los decantadores son de placas inclinadas a 60 °C, de tal modo que el área de decantación real es la suma de las proyecciones horizontales de todas las placas, lo que equivale a la superficie del fondo del decantador convencional.

Los filtros se proyectan en baterías para ser operados con altura variable y por el principio de tasa declinante, de acuerdo con el cual filtros operan con velocidades decrecientes, entre lavado y lavado, y se desfasan en la operación; de este modo, mientras unos están empezando

las carreras los otros están a la mitad y el resto terminándola. Así, entre todos llegan a asumir la capacidad completa del sistema y el caudal permanece constante.

El lavado de una unidad se efectúa mediante el caudal que producen los otros filtros en operación, por lo que no se precisa de sistema de bombeo ni de tanque elevado. En estos sistemas el agua decantada, filtrada, para el retrolavado y el desagüe del retrolavado se conducen mediante canales, no tienen galerías de tubos. Estas características hacen que este tipo de sistemas tengan un costo inicial muy bajo. El costo de operación también es mucho más bajo que el de otros sistemas, debido a que no requieren energía eléctrica para su funcionamiento, son muy compactos y se reduce también la cantidad de personal necesario para la operación.

Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- Es sumamente eficiente: En su concepción se han empleado los resultados de las recientes investigaciones. Tiene el mérito de encerrar bajo su aspecto sencillo procesos complejos y sumamente eficientes, por lo que realmente es una tecnología de avanzada.
- Es fácil de construir, operar y mantener: El equipamiento ha sido reducido al mínimo imprescindible. Los procesos se generan mediante energía hidráulica; el 100% de las obras son civiles. Por lo tanto, son fáciles de construir con los recursos normalmente disponibles en los países en desarrollo. La operación es sencilla porque carecen de mecanismos complicados y, por consiguiente, el mantenimiento es económico, fácil y rápido de realizar. Por estas razones, se la denomina tecnología apropiada para países en desarrollo.
- Es muy económica: La sencillez y el alto grado de compactación logrado en las estructuras hace que normalmente se utilice alrededor de 1/3 del área que requiere una planta convencional; el costo inicial es 1/3 ó la mitad del costo de los otros tipos de tecnologías disponibles.
- Es muy confiable: No requiere energía eléctrica para su funcionamiento; por lo tanto, puede trabajar en forma continua a pesar de la escasez del recurso. De este modo, se pueden garantizar las metas de calidad y cantidad. De cualquier forma, hay que tomar en cuenta que este tipo de planta no es fácil de diseñar. Demanda un gran esfuerzo del proyectista.

1.6.11.1.4. Tecnología Importada, de Patente o Plantas Paquete

Estas tecnologías están normalmente integradas por decantadores de manto de lodos de suspensión dinámica, unidades que integran la mezcla rápida, la floculación y la decantación en un solo equipo, o cuando menos la floculación y decantación.

Los filtros son de tasa constante y altura constante, para lo cual se requiere gran cantidad de equipos e instrumentación ubicados en las galerías de tubos.

Las válvulas de accionamiento neumático o eléctrico y la instrumentación para determinar la pérdida de carga, el caudal de lavado, etcétera, son accionados desde las consolas o mesas de operación.

Esta tecnología es importada de los países desarrollados y se caracteriza por considerar gran cantidad de equipos y alto grado de complejidad en las soluciones. Son sistemas totalmente mecanizados, por lo que, para cumplir con sus objetivos de calidad y cantidad, requieren por lo menos lo siguiente:

- Personal calificado para operación y mantenimiento.
- Programa de mantenimiento preventivo para los equipos y una existencia permanente de repuestos.
- Suministro confiable de energía eléctrica.

La complejidad de estos sistemas va en aumento con el tiempo. Ahora los sistemas son más compactos porque el accionamiento es electrónico, lo cual dificulta aún más el mantenimiento y la calibración. A pesar de ello, estos sistemas son colocados de manera indiscriminada en localidades de escasos recursos.

En nuestro medio es usual encontrar plantas de este tipo, con todos los equipos averiados debido a la mala operación y a la falta de recursos para darles mantenimiento.

1.6.11.2. Plantas de filtración lenta

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h; esto es, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos; de allí el nombre que tienen.

También se les conoce como filtros ingleses, por su lugar de origen. Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percollar el agua proveniente de las lluvias ríos, lagunas, etcétera, a través de los estratos de la corteza terrestre, atravesando capas de grava, arena y arcilla hasta alcanzar los acuíferos o ríos subterráneos.

Al igual que en la naturaleza, los procesos que emplean estos filtros son físicos y biológicos. Una planta de filtración lenta puede estar constituida solo por filtros lentos, pero dependiendo de la calidad del agua, puede comprender los procesos de desarenado, pre sedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtración en grava y filtración lenta.

Los procesos previos al filtro lento tienen la función de acondicionar la Calidad del agua cruda a los límites aceptables por el filtro lento. Con el tren de procesos indicados se puede remover hasta 500 UNT, teniendo en cuenta que el contenido de material coloidal no debe ser mayor de 50 UNT; es decir, que la mayor parte de las partículas deben estar en suspensión para que sean removidas mediante métodos físicos.

El cuadro N° 05 indica el número de procesos que debe tener la planta para diferentes rangos de turbiedad, color y contaminación microbiológica del agua cruda.

CUADRO N° 0 5: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA PARA TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN LENTA

Procesos	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento	Turbiedad (UNT)	< 20	< 10	< 50
	Color verdadero (UC)	< 15	< 5	
	Concentración de algas (UPA/mL)	250		
	DBO5 (mg/L)	5		
	NMP de coliformes totales/100 mL	1.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	500		
Filtro lento + prefiltro de grava	Turbiedad (UNT)	25		
	Color (UC)	15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	5.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	1.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		

Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador	Turbiedad (UNT)	100	< 50	< 500
	Color (UC)	< 15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		
Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador + presedimentador	Turbiedad (UNT)	100	< 50	< 1.000
	Color (UC)	< 15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

1.6.11.3. Procesos unitarios de tratamiento de agua potable coagulación

1.6.11.3.1. Coagulación

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia, se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado.

Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas.

Por lo tanto, que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

1.6.11.3.2. Mezcla rápida

Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante.

La dosificación se realiza en la unidad de mezcla rápida; por lo tanto, estas condiciones son las que idealmente debe reunir esta unidad para optimizar el proceso.

En la coagulación por adsorción, las reacciones con aluminio que preceden a la neutralización de la carga son extremadamente rápidas y ocurren en milésimas de segundos cuando no hay formación de polímeros hidrolíticos de Al (III), y en un segundo cuando estos se forman.

En cambio, la formación del precipitado de hidróxido de aluminio antes de la coagulación de barrido es lenta y se produce en un rango de 1 a 7 segundos.

Debido a la naturaleza de las reacciones involucradas en cada uno de estos modelos de coagulación, se deduce que para que ocurra la neutralización de la carga, es imperativo que los coagulantes sean difundidos en la masa de agua tan rápido como sea posible (menos de 0,1 seg), para que los productos que se desarrollan entre 0,01 y 1 segundo produzcan la desestabilización del coloide. Por el contrario, para la coagulación de barrido, la formación del hidróxido se produce en un rango de 1 a 7 segundos, por lo que es evidente que no es de crucial importancia disponer de tiempos de dispersión muy cortos o de altas intensidades de mezcla.

1.6.11.3.3. Floculación

En la segunda etapa de la mezcla que corresponde a una mezcla lenta tiene por objeto permitir los contactos entre los flóculos, la turbiedad y el color, la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad pero no muy grande, ya que los flóculos corren el riesgo de romperse; aún si el tiempo es no más del tiempo óptimo de floculación.

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

1.6.11.3.4. Sedimentación

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios.

La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido re suspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

1.6.11.3.5. Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

El avance logrado por la técnica de filtración es el resultado de un esfuerzo conjunto dirigido a lograr que la teoría exprese los resultados de las investigaciones experimentales, de tal modo que sea posible prever, en el diseño, cómo va a operar la unidad de filtración en la práctica.

1.6.11.3.6. Desinfección

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor.

En términos prácticos, desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes, capaces de producir enfermedades.

En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo.

La desinfección es un proceso selectivo: no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos. Por eso requiere procesos previos que los eliminen mediante la coagulación, sedimentación y filtración.

1.6.11.4. Unidades de tratamiento de agua potable

1.6.11.4.1. Casa de química

La casa de química o edificio de operaciones es el ambiente de la planta en el cual se concentran todas las instalaciones para el manejo de las sustancias químicas. Comprende básicamente las instalaciones de almacenamiento, dosificación y laboratorios de control de los procesos de la planta.

1.6.11.4.1.1. Almacenamiento de las sustancias químicas

Las sustancias que se emplean en el tratamiento del agua pueden estar en polvo, trituradas o en solución. Al proyectar los almacenes, se debe tener en cuenta la forma en que se van a utilizar estas sustancias, de modo que las instalaciones ofrezcan todas las facilidades para la conservación y manejo del producto.

- **Productos secos o Criterios de diseño.** Para determinar las dimensiones de estas instalaciones, será necesario tener en cuenta los siguientes criterios, relacionados con la capacidad, la ubicación y las características del almacén, que varían de acuerdo con las dimensiones de la planta de tratamiento.

Ubicación

Ubicar el almacén lo más cerca posible de la sala de dosificación, para ahorrar tiempo y esfuerzo en el traslado de las sustancias químicas. Idealmente, los almacenes y la sala de dosificación deben ocupar un mismo ambiente, sobre todo en sistemas pequeños y medianos.

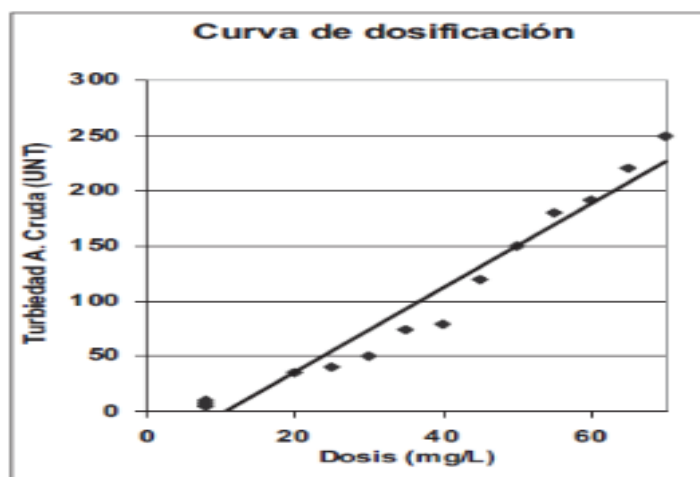
- En sistemas grandes, los almacenes siempre deberán ubicarse en el primer piso de la casa de química para no encarecer la estructura del edificio.
- La capacidad del almacén debe ser suficiente para abastecer la planta por lo menos durante un mes. En el caso de que los productos se expendan en la misma ciudad en la

que se encuentra la planta, podrá considerarse una capacidad mínima para 15 días.

Consideraciones para el dimensionamiento

- Cuando el producto es importado, al determinar el tiempo de almacenamiento, deberá tenerse en cuenta el tiempo total que toma el trámite de compra. En la mayoría de los casos, esto puede demandar varios meses.
- Cuando la empresa tiene un almacén central del cual se aprovisionará a la planta, el almacenamiento en planta podrá calcularse para 15 días.
- Cuando se almacenan sustancias secas embolsadas como es el caso del sulfato de aluminio y la cal, deberá disponérselas apiladas en rumas y sobre tarimas de madera para aislarlas de la humedad del piso y de las paredes.
- Esta medida es especialmente importante para el sulfato de aluminio, que es higroscópico (es decir, que absorbe la humedad del aire).
- Cuando la transferencia del almacén a la sala de dosificación se realiza manualmente, la altura total de las rumas no deberá ser mayor de 2 metros, para que el operador pueda tener acceso a las bolsas del extremo superior. Cuando la transferencia se va a realizar en forma mecánica, el material podrá aplicarse con una altura de tres metros.
- Adicionalmente al área necesaria para apilar el material, deberá tenerse en cuenta el espacio para los pasillos o corredores que hay que dejar entre rumas.
- Si el material se dispone de esta manera, se podrá utilizar cronológicamente, esto es, por orden de llegada
- El ancho de los corredores dependerá de la forma de transferencia del material a la sala de dosificación. Si el sistema es manual, se debe considerar un ancho suficiente como para que pueda pasar una carretilla o un equipo mecánico.
- En plantas de medianas a grandes sería recomendable que cada sustancia química tenga un almacén especial, sobre todo cuando se trata de sustancias que pueden reaccionar entre sí, como la cal viva y el sulfato de aluminio.

El volumen de material por almacenar se calcula en función de la dosis óptima promedio (D , g/m³), del caudal de la planta al final de periodo de diseño (Q m³/d), del tiempo de almacenamiento (T , días) y del peso específico de la sustancia respectiva (δ , g/m³).

GRAFICO N° 0 4: CURVA DE DOSIFICACION

Fuente: CEPIS/OPS-Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

- Para determinar la dosis promedio (D), es necesario disponer de una curva de dosificación (dosis óptima de coagulante versus turbiedad de agua cruda). Esta curva se obtiene de un estudio de laboratorio que abarque por lo menos un ciclo de seca y uno de creciente para determinar las dosis máximas y mínimas que se requerirán en el tratamiento del agua. La dosis promedio se calculará a partir de la dosis requerida cuando se produce la turbiedad máxima y la dosis necesaria en época de aguas claras. Donde la altura de almacenamiento (H) depende del sistema de transferencia seleccionado.
- Productos en solución:

Proceso de cálculo

- Caudal de diseño de la planta: Q en L/s o m³/d.
- Rango de dosificación (Dm – DM, mg/L). En los histogramas de turbiedad elaborados durante el estudio de variaciones de la fuente, se obtiene la turbiedad máxima y mínima que se presenta durante el año. Con estos datos se obtienen, en la curva de dosificación, las dosis máxima y mínima.
- Periodo de almacenamiento: T (días o meses).
- Peso específico del material por dosificar (δ , kg/m³).

- Si el sulfato de aluminio empleado para las pruebas de laboratorio es de alta pureza, deberá introducirse en los cálculos un factor de corrección, pero si las pruebas se realizan con el mismo sulfato que se emplea en la planta, este factor no será necesario.

1.6.11.4.1.2. Dosificación

La dosificación de las sustancias químicas debe efectuarse mediante equipos que aseguren la aplicación de una dosis exacta por unidad de tiempo. Estos equipos disponen de controles que permiten fijar la cantidad de producto por unidad de tiempo que debe liberarse, dentro de límites establecidos por su capacidad.

A. Equipos de dosificación en solución.

En este tipo de equipos la graduación de la cantidad por aplicar se efectúa con el coagulante en solución. Estos equipos pueden ser de dos tipos: por bombeo y por gravedad.

- Sistemas de dosificación por bombeo. Los más usuales son las bombas de doble pistón y de diafragma.
- Sistemas de dosificación por gravedad. Los sistemas de dosificación por gravedad se emplean especialmente en plantas medianas y pequeñas, en especial cuando el abastecimiento de energía eléctrica no es confiable.

También se usan en plantas grandes cuando la calidad del agua es constante. Los más comunes son los de carga constante y carga regulable.

El principio en el que se fundamenta es una carga de agua constante (h) sobre un orificio para asegurar un caudal constante.

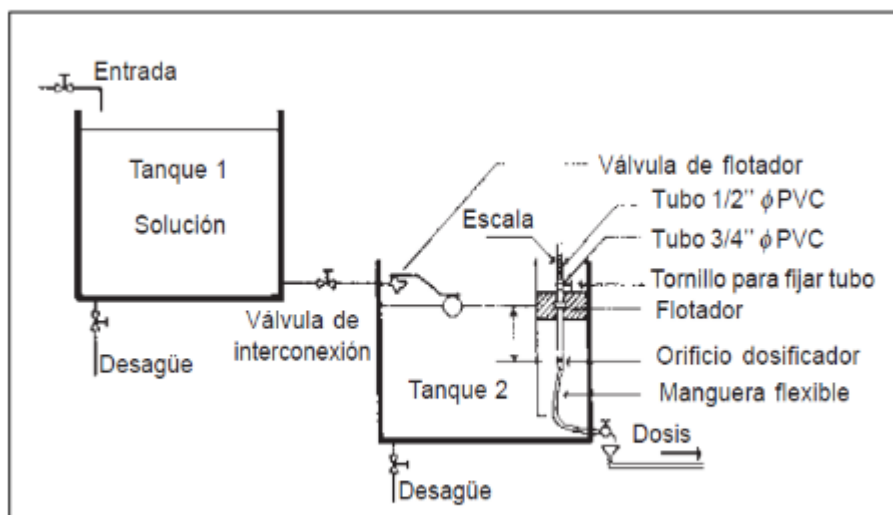
Tanto los sistemas de dosificación por bombeo como los sistemas por gravedad incluyen un tanque de preparación de la solución similar al que se muestra en la figura.

Estos tanques deben tener capacidad para un volumen de solución aplicable en 8 horas, de tal modo que en cada turno de operación se prepare un tanque.

Siempre deben considerarse dos tanques para cada sustancia química que se va a aplicar. Si en la planta se van a aplicar sulfato de aluminio, cal, polímero y HTH, se deben considerar ocho tanques para preparar las sustancias respectivas. La concentración a la que se debe aplicar el sulfato de aluminio debe variar entre 1% y 2%.

Cuando se trata de una planta pequeña, se proyecta el tanque de preparación de la solución con la capacidad necesaria para lograr una concentración de 2%, pero cuando es una planta mediana o grande, la solución se elabora a una concentración mayor y se diluye a la concentración óptima antes de aplicarla a la mezcla rápida.

GRAFICO N° 0 5: SISTEMA DE DOSIFICACION POR GRAVEDAD



Fuente: CEPIS/OPS-Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

B. Dimensionamiento de los sistemas de dosificación.

- Sistemas de dosificación en seco.

La selección de los equipos de dosificación en seco se efectúa determinando el rango de trabajo que deberá tener el equipo.

Este rango está constituido por los límites máximo y mínimo de dosificación que se deberán atender, los cuales se determinan a partir de la información obtenida en el estudio de laboratorio (curva de dosis óptima versus turbiedad de agua cruda).

Conociendo la turbiedad máxima y mínima que deberá tratar el sistema, se obtendrán de la curva de dosificación las dosis máximas (DM) y mínimas (Dm) y se calcularán los pesos máximos y mínimos que debe aplicar el equipo.

- Dosificación en solución

Esta instalación se compone de un tanque de preparación de la solución y del sistema de dosificación, que puede ser por bombeo o por gravedad.

El tanque de solución se diseña con el volumen necesario para que brinde servicio durante un turno de operación (T). La duración de cada turno es normalmente de 8 horas.

Deben considerarse siempre dos unidades, una en operación y la otra en preparación, de manera que el cambio pueda ser rápido y la dosificación continúa.

En instalaciones grandes, para que los tanques no resulten demasiado voluminosos, se diseñan para concentraciones altas (10 ó 20%) y la concentración óptima se regula con una aplicación de agua adicional a la salida del dosificador.

El caudal de agua adicional debe calibrarse con un rotámetro, para que la concentración de la solución sea exacta y corresponda a la óptima.

Las tuberías de solución se diseñan para un caudal máximo, considerando la dosis máxima (DM). El material de estas tuberías debe ser resistente a las sustancias químicas que van a transportar. Normalmente se utilizan tuberías de plástico o de acero inoxidable.

1.6.11.4.2. Mezcladores

Los mezcladores tienen como objetivo la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación.

La coagulación es el proceso más importante en una planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema. No importa que los demás procesos siguientes sean muy eficientes; si la coagulación es defectuosa, la eficiencia final del sistema es baja.

La eficiencia de la coagulación depende de la dosificación y de la mezcla rápida. En la unidad de mezcla la aplicación del coagulante debe ser constante y distribuirse de manera uniforme en toda la sección. Debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante y la masa de agua se dé en forma instantánea.

1.6.11.4.2.1. Parámetros generales de diseño

La intensidad de agitación, medida a través del gradiente de velocidad, puede variar de 700 a 1.300 s⁻¹ o de 3.000 a 5.000 según el tipo de unidad seleccionada. El tiempo de retención puede variar de décimas de segundos a siete segundos, dependiendo de la concentración de coloides en el agua por tratar y del tipo de unidad seleccionada.

1.6.11.4.2.2. Unidades hidráulicas

Entre los mezcladores de este tipo se pueden citar, entre los más utilizados por su simplicidad y eficiencia, los siguientes:

- Canales con cambio de pendiente o rampas (Resalto hidráulico);
- Canaletas Parshall;
- Vertederos rectangulares y triangulares;
- Difusores;

En los tres primeros mezcladores la turbulencia que ocasiona la mezcla es producida por la generación de un resalto hidráulico que causa un gradiente de velocidad de alrededor de 1.000 s^{-1} .

Estas unidades tienen la ventaja de que, además, involucran la medición del caudal de ingreso a la planta.

Mezcladores de resalto hidráulico.

Estas unidades son especialmente adecuadas para aguas que la mayor parte del tiempo están coagulando mediante el mecanismo de adsorción; es decir, aguas que presentan alta concentración de coloides. Los tipos más frecuentes tienen la ventaja de servir de unidades de medición de caudal y de unidades de mezcla rápida, por lo cual son muy populares.

1.6.11.4.2.3. Floculadores

El objetivo del floculador es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los floculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. La energía que produce la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánico.

1.6.11.4.2.4. Parámetros y recomendaciones generales de diseño

Los gradientes de velocidad que optimizan el proceso normalmente varían entre 70 y 20 s^{-1} . En todo caso, en el primer tramo de la unidad el gradiente no debe ser mayor que el que se está produciendo en la interconexión entre el mezclador y el floculador.

- El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale.
- El tiempo de retención puede variar de 10 a 30 minutos, dependiendo del tipo de unidad y de la temperatura del agua. En las zonas tropicales, donde las aguas presentan

temperaturas por encima de los 20 °C, el tiempo de floculación necesario suele ser más breve, alrededor de 15 minutos.

En cambio, en los lugares fríos, donde el agua tiene temperaturas de 10 a 15 °C, generalmente el proceso se optimiza con tiempos de retención iguales o superiores a 20 minutos.

- Para que el periodo de retención real de la unidad coincida con el de diseño ella debe tener el mayor número posible de compartimientos o divisiones.
- El paso del mezclador al floculador debe ser instantáneo y deben evitarse los canales y las interconexiones largas.
- El tiempo de retención y el gradiente de velocidad varían con la calidad del agua.
- Pueden operar indefinidamente sin riesgos de interrupción, debido a que solo dependen de la energía hidráulica. Por esta razón, son muy confiables en su operación.

1.6.11.4.3. Unidades de pantallas

Las unidades de pantallas son las más eficientes y económicas de todos los floculadores actualmente en uso. Debido a la gran cantidad de compartimientos que tienen, confinan casi perfectamente el tiempo de retención; el tiempo real es prácticamente igual al tiempo teórico cuando la unidad ha sido bien proyectada.

Debido a que no se requiere energía eléctrica para su funcionamiento, el costo de producción es muy bajo.

- Unidades de flujo horizontal
- Parámetros y recomendaciones de diseño
- Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo.
- Se proyectará un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.
- En este tipo de unidades predomina el flujo de pistón, por lo que se consigue un buen ajuste del tiempo de retención.
- Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbesto-cemento u otro material de bajo costo, disponibles en el medio y que no constituya un riesgo de contaminación.

- De esta manera, se le da mayor flexibilidad a la unidad y se reduce el área construida, disminuyendo por consiguiente el costo de construcción.
- Entre los materiales indicados para las pantallas, los que ofrecen mayor confiabilidad son la fibra de vidrio, el plástico, los tabiques de concretos prefabricados y la madera. En cada caso, la elección del material dependerá del tamaño de la planta, del costo del material y de los recursos disponibles. Si se empleara madera, se pueden disponer tabiques de madera machihembrada, tratada con barniz marino aplicado en varias capas, cada una en sentido opuesto a la anterior, de tal manera de formar una gruesa capa impermeabilizante. También puede emplearse madera revestida con una capa de fibra de vidrio. La unidad puede tener una profundidad de 1,00 a 2,00 metros, dependiendo del material utilizado en las pantallas.

1.6.11.4.4. Decantadores laminares

Los decantadores laminares pueden tratar caudales mayores en un área y estructura menor de la que requieren los decantadores convencionales y su eficiencia es superior. Comparándolos con las unidades de contacto de sólidos o decantadores de manto de lodos, que también son de alta tasa, no requieren energía eléctrica para su operación. Por todas estas ventajas, esta unidad es considerada como tecnología apropiada para países en desarrollo y para todo programa de mejoramiento de la calidad del agua que tenga como meta conseguir la mejor calidad al menor costo de producción; esto es, para la sostenibilidad de los proyectos.

1.6.11.4.5. Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo

Los filtros son las unidades más complejas de una planta de tratamiento de agua. Su correcta concepción depende de la interrelación que exista entre las características de la suspensión afluyente y los rasgos del medio filtrante, para que predominen los mecanismos de filtración apropiados que darán como resultado la máxima eficiencia posible.

1.6.11.4.5.1. Ventajas de las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo

Las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo se consideran como tecnología apropiada debido a que reúnen las siguientes ventajas sobre otros sistemas de filtración en uso:

No requieren una carga hidráulica muy grande para operar. Los filtros de tasa constante operan con una carga hidráulica de 1,80 a 2 metros para completar una carrera de operación de 40 a 50 horas en promedio.

En estas mismas condiciones, normalmente una batería de filtros operando con tasa declinante requiere una carga similar a la que necesitaría si estuviera operando con tasa constante, dividida por el número de filtros que componen la batería.

No tienen galería de tubos. El transporte del agua decantada, filtrada, el agua para el retrolavado de los filtros y el desagüe del agua de lavado se efectúan mediante canales.

No se requiere tanque elevado ni equipo de bombeo para efectuar el retrolavado de un filtro. A través del canal de interconexión y debido a un especial diseño hidráulico del sistema, el agua producida por lo menos por tres filtros retrolava a una unidad.

La batería de filtros opera bajo el principio de vasos comunicantes. Las unidades están intercomunicadas por la entrada a través del canal de entrada y también del canal de interconexión en la salida. Por esta característica, las unidades presentan todos los mismos niveles y es posible controlar el nivel máximo de toda la batería, con un solo vertedero-aliviadero en el canal de entrada.

1.6.11.4.5.2. Descripción de una batería de tasa declinante y lavado mutuo.

- Caja del filtro. Es la parte más importante de la unidad. Podemos apreciar del fondo hacia arriba: el falso fondo, el drenaje generalmente del tipo de viguetas prefabricadas de concreto, la capa soporte de grava, el lecho filtrante, las canaletas secundarias de lavado y el canal principal de lavado, que recibe el agua del retrolavado colectada por las canaletas secundarias.

Por encima de este nivel se ubican las cargas de agua necesarias para el funcionamiento de la batería (carga hidráulica para el lavado y carga hidráulica para el proceso de filtrado), las cuales determinan la profundidad total de la caja del filtro y se limitan mediante vertederos.

- Canal de distribución de agua decantada. Alimenta las cajas de los filtros a través de las válvulas de entrada de cada unidad. En la parte superior de este canal se ubica el vertedero que limita la carga hidráulica máxima disponible para la operación con tasa declinante de la batería de filtros.

- Canal de desagüe de agua de retrolavado. Ubicado debajo del anterior, recibe el agua del retrolavado de los filtros. En este canal se acostumbra reunir también los desagües de los decantadores y floculadores, por lo que constituye el canal emisor de la planta.
- Canal de aislamiento. Recibe este nombre porque tiene la función de aislar una unidad del resto de la batería, cerrando la válvula de entrada y la compuerta de salida que comunica con el canal de interconexión ubicado a su izquierda.
- Canal de interconexión de la batería. Cumple dos funciones importantes:

Durante la operación normal de filtración, reunir el efluente de todos los filtros y sacarlo a través del vertedero que controla la carga hidráulica de lavado.

Durante la operación de lavado de una unidad, al bajar el nivel del agua por debajo del vertedero de salida facilita que se derive automáticamente el agua filtrada producida por las otras unidades en operación (por lo menos tres) hacia el filtro que se encuentra en posición de lavado.

1.6.11.4.5.3. Criterios generales de diseño.

- Geometría de la batería
- Área de cada filtro y número de filtros.
- El número mínimo de filtros en una batería de tasa declinante y lavado mutuo es de cuatro unidades, de tal manera que tres toman el caudal de toda la batería al momento de lavar una unidad.
- El área de la caja de un filtro debe ser tal que, al pasar todo el caudal de la batería por un filtro, se produzca la velocidad ascensional (VL) apropiada para expandir en 30% el lecho filtrante.

1.7. Marco conceptual: Terminología básica

Para tener una interpretación uniforme presento un vocabulario en el que figuren términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone.

1.7.1. Afluente

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

1.7.2. Agua potable

Agua apta para el consumo humano.

1.7.3. Agua cruda

Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento con la finalidad para hacerla apta para el consumo

cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento nacional de calidad

1.7.4. Agua tratada

Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

1.7.5. Agua de consumo humano

Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.

1.7.6. 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.

1.7.7. 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.

1.7.8. Coagulación

Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración en el floculador.

1.7.9. 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.

1.7.10. Floculación

Formación de partículas aglutinadas o flóculos. Proceso inmediato a la coagulación.

1.7.11. Flóculos

Partículas desestabilizadas y aglomeradas por acción del coagulante, los coagulantes que frecuentemente se utilizan son el sulfato de aluminio.

1.7.12. Mezcla rápida

Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua.

1.7.13. Límite máximo permisible

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

1.7.14. Sedimentación

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

1.7.15. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.

1.7.16. 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.

1.7.17. Flocculador

Estructura diseñada para crear condiciones adecuadas para aglomerar las partículas desestabilizadas en la coagulación y obtener flóculos grandes y pesados que decanten con rapidez y que sean resistentes a los esfuerzos cortantes que se generan en el lecho filtrante.

1.7.18. Turbiedad de origen coloidal

Turbiedad medida en una muestra de agua luego de un período de 24 horas de sedimentación.

1.7.19. Partículas flocculentas

Partículas en suspensión que, al descender en la masa de agua, se adhieren o aglutinan entre sí y cambian de tamaño, forma y peso específico.

1.7.20. Parámetros microbiológicos

Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.

1.7.21. Parámetros organolépticos

Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.

1.7.22. Parámetros inorgánicos

Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizado en el agua de consumo humano.

1.8. Hipotesis

El diseño del sistema de agua potable en la localidad de Víveres permitirá crear un sistema capaz de resolver el desabastecimiento de agua potable a la localidad de Víveres.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Para el siguiente trabajo se ha utilizado:

2.1.1. Recursos Humanos

Se contó con la colaboración de:

- a) **El asesor (a).** Es el que oriente y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.
- b) **El Tesista.** Es el encargado de desarrollar el proyecto de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal del laboratorio para llegar a la conclusión de objetivos trazado.

2.1.2. Recursos materiales

- a) **Libreta de campo:** Se utilizo es recurso para escribir y dibujar las observaciones hechas en campo, bosquejos, mapas o esquemas a mano alzada sobre la investigación en cuestión.
- b) **Lápiz HB.** Para hacer todas las notaciones o dibujos observados en campo.
- c) **Pintura:** para los BMs, para el replanteo del levantamiento topográfico.
- d) **Agua:** Para realizar el ensayo de pruebas de jarras.
- e) **Sulfato de aluminio:** Para realizar el ensayo de pruebas de jarras.
- f) **Polímero:** Para realizar el ensayo de pruebas de jarras.

2.1.3. Recursos de equipos

- a) **Estación total:** Para el levantamiento topográfico del área donde se realizará el proyecto de investigación.
- b) **Prisma:** Parte del equipo topográfico.
- c) **Computadora:** Para la elaboración del presente estudio en el área de gabinete.
- d) **Impresora:** Para impresión de los documentos que conforman el presente estudio.

2.1.4. Otros recursos

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos de gabinete:

- a) Material Bibliográfico: Libros de especialidad referente al tema.
- b) Cámara fotográfica.
- c) Material de escritorio: CD-R, papel A-4, impresora, etc.
- d) Ploter: HP 100 series.

2.2. Metodología de la investigación

2.2.1. Universo, muestra y población

- 2.2.1.1. UNIVERSO: Sistema de agua potable de la provincia de Mariscal Cáceres
- 2.2.1.2. MUESTRA: Sistema de agua potable del Distrito de Pajarillo
- 2.2.1.3. POBLACION: Sistema de agua potable de la localidad de Víveres

2.2.2. Sistema de variables

Para probar la siguiente hipótesis será necesario obtener los siguientes datos:

2.2.2.1. Variables independientes

- Estudio topográfico
- Estudio de suelo

2.2.2.2. Variable dependiente

Diseño de un sistema de agua potable indirecto, el cual permitirá contar con el suministro de agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad.

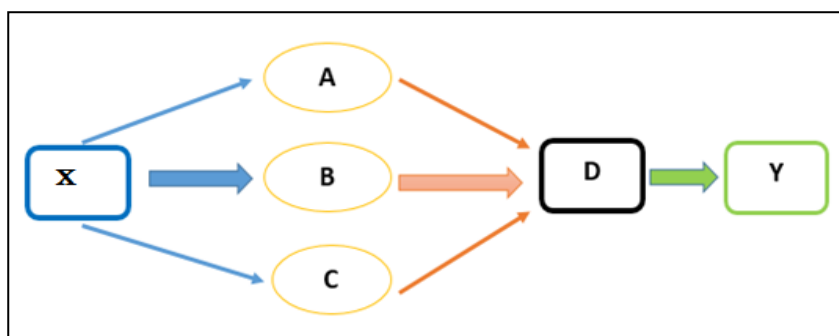
2.2.3. Tipo y nivel de investigación

- Tipo de investigación: Investigación aplicada
- Nivel : Básico

2.2.4. Diseño experimental de la investigación

La presente investigación se realizará en gabinete y en campo. El diseño de investigación tiene el siguiente esquema:

X: Situación inicial problemática que requiere la intervención de estudio.



A: Aplicación teórica para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable.

B: Aplicación de trabajos de ensayos de pruebas en laboratorio.

C: Estudios adicionales para complementar la información

D: Estudios de compatibilidad de alternativas que respaldarán la toma de decisiones para definir el mejor sistema de solución.

Y: Resultado de la investigación que presenta la validación de la hipótesis enunciada, el suministro de agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad al sistema existente.

2.2.5. Diseño de instrumentos

2.2.5.1. Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos

En cuanto a los instrumentos de selección de datos no existe un instrumento específico dado que la investigación no es experimental, pero si la utilización de equipos de laboratorio y tomas de datos referenciales respecto a la caracterización del agua.

a) Fuentes Técnicas:

- Asesoramiento Profesional especializado.
- Ensayos de laboratorio.
- Información de textos.

b) Fuentes Informantes:

- Municipalidad Distrital de Pajarillo.

2.2.5.2. Técnicas Estadísticas

Se plantea una investigación del tipo:

- a) Descriptivo – Aplicativo, busca conocer, actuar y modificar una realidad problemática.
- b) Diseño experimental.

2.2.6. Procesamiento de la información

2.2.6.1. Diseño De Estructuras

2.2.6.1.1. Cálculo De Parámetros Necesarios Para El Diseño

En el cálculo a continuación, se muestra datos recogidos en el INEI como población los cuales pertenecen al censo del 2016. Todos estos datos fueron usados para calcular el caudal de diseño, que se considera para un horizonte de 20 años.

2.2.6.1.2. Población Futura

Población de diseño

Se ha considerado como población actual el total de habitantes existentes de la localidad de Víveres.

Váveres : 1021 Habitantes. (al año 2016)

Tomando como referencia la población actual, se ha calculado la población futura por el método del Interés simple; conforme se muestra a continuación:

$P_o = \text{Población Actual} = 1021.00 \text{ habitantes}$

$r = \text{tasa de crecimiento} = 2.26 \text{ (Fuente INEI)}$

$t = \text{período de diseño} = 20 \text{ años}$

$P_f = \text{población futura} = P_o \times (1 + r t) \text{ (método aritmético)}$

$P_f = 1483 \text{ habitantes}$

De los resultados se obtiene una población futura de 1483 hab. para una proyección de 20 años.

2.2.6.1.3. Cálculo de la Dotación

Para la determinación de la dotación se ha tomado lo establecido Según el reglamento nacional de edificaciones, Norma OS.100 “Consideraciones Básicas De Diseño De Infraestructura Sanitaria”.

2.2.6.1.4. Cálculo del Caudal de Diseño

Considerando el tipo de población, clima y costumbres de los pobladores, se recomienda una dotación de 120 lt/hab/días, valor con el cual se ha calculado los caudales de diseño:

Dotación:

Dotación Per-Cápita adoptada (DOT):	120.00	L/HAB/DIA			
		Pa	Pf	Dotación	
Dotacion para nuestra zona es:	120.00 l/hab/día	1,021	1483	2.060	
Para nivel Primario es:	20 l/alum/día	76	111	0.026	
Para nivel inicial es:	20 l/alum/día	19	28	0.006	
		Caudal final requerido =		2.092 LPS	

- Caudal promedio diario (Qpd) = Dotación x Población Futura/86,400

$$\boxed{\mathbf{Qpd = 2.092 \quad lts/seg}}$$

- Caudal Máximo Diario (Qmd) = Qpd x k1 (coef. Variación diaria)

Tomando como valor de k 1 = 1.30, tenemos:

$$\boxed{\mathbf{Qmd = 2.72 \quad lts/seg}}$$

- Caudal Máximo Horario (Qmh) = Qmd x k2 (coef. Variación horaria) Tomando como valor de k 2 = 1.80, tenemos:

$$\boxed{\mathbf{Qmh = 3.76 \quad lts/seg}}$$

- **Caudal de Diseño (Q_{diseño}):** Diseño de Línea de Impulsión según corresponda en el proyecto

(Determinación de Gasto de Bombeo para N=16 horas de Bombeo)

$$Q_{\text{diseño}} = 5.64 \text{ lts/seg}$$

- Consumo Unitario Poblacional (Q_u), $P=220$

$$Q_u = 0.026 \text{ lts/seg}$$

2.2.6.1.5. Cálculo de la cantidad de energía eléctrica (Electrobombas)

- Electrobomba en captación capacidad 08 HP
 - Calculo de Kilowatts por hora
 - Capacidad total por hora = 5.968
 - Calculo de Kilowatts por día
 - Capacidad total por día = 143.23 KW
 - Calculo de Kilowatts por mes
 - Capacidad total por mes = 4296.96 KW
 - Calculo de Kilowatts por otros al mes
 - Otros = 1200 kw
 - Precio de Kilowatts (P)
 - $P = 0.75$ soles/ kW
 - Costo por mes de energía eléctrica (C_e)
- $C_e = 8245.44$ Soles

2.2.6.1.6. Línea de Succión

La línea de succión viene a estar representada por una tubería F°G° Ø 3", con una longitud de 12.50 metros.

2.2.6.1.7. Línea de Impulsión

La línea de impulsión está representada por una TUBERIA PVC-SAP C-10 DN=2 ½".

2.2.6.1.8. Demanda De Volumen De Almacenamiento

$$Q_p = 2.09 \text{ LPS}$$

$V_{\text{alm}} = V_R + V_r + V_{ci}$ Volumen de almacenamiento

$$V_R = 0.05 \times Q_p \times 86.4 \times 24 / 16 = 13.54 \text{ m}^3$$

Volumen de Reserva 13.54 m³

$$V_r = 0.25 \times Q_p \times 86.4 \times 24 / 16 = 67.72 \text{ m}^3$$

Volumen de Regulación 67.72 m³

$$V_{ci} = \text{No se considera} = 0$$

Volumen contra incendio

$$\text{Entonces: } V_{alm} = 81.26 \text{ m}^3$$

Se considera un volumen de $V_{alm} = 82.00 \text{ m}^3$

2.2.6.1.9. Dimensionamiento Del Pozo Tipo Caisson

Calculo del volumen real de pozo tipo caisson para 16 horas de bombeo continuo, la profundidad del caisson debe garantizar un tirante mínimo que permita su aprovechamiento en estaciones críticas.

Causales considerados

$$\text{Fuente (medida in situ)} = 5.64 \text{ lt. /s}$$

$$\text{Caudal máximo diario} = 2.72 \text{ lt. /s}$$

$$\text{Caudal de Bombeo (Qb)} = Q_{md} \cdot 24 / N$$

Donde:

N: Número de horas de bombeo, para N= 16.00 H

Qb= 4.08 lt. /s Se necesita almacenar el volumen de demanda

$$V = \mathbf{82.00 \text{ m}^3}$$

Para determinar la altura del pozo se toma como referencia el estudio **Hidrogeológico** tomando como alternativa elegida la N°01, cuyas características son:

Diámetro interior	2.00 m
Altura sobre el N.T.N.	0.70 m
Nivel estático del T.N.	1.60 m
Potencia del acuífero	6.00 m
Profundidad de seguridad	0.50 m
Filtro de grava redondeada	0.50 m
Altura de uña	0.70 m
Profundidad de Excavación	9.30 m
Altura efectiva de Volumen de agua	7.00 m

Calculamos el volumen pozo inicial (V_{pi}) con la variación:

$$V_{pi} = 22.00 \text{ m}^3$$

Según CEPIS (2005), recomienda el diámetro interior tendrá entre 1.20 – 2.00 m dependiendo de la profundidad y por las características del lugar asumimos un diámetro de D igual a: $D = 2.00 \text{ m}$

$$A_{pi} = 3.14 \text{ m}^3$$

Altura de pozo inicial: $H_{pi} = 7.00 \text{ m}$

De acuerdo a las características de la zona consideramos: $H_{pi} = 7.10 \text{ m}$

Valm. Pozo = 29.22 m³ Volumen de almacenamiento

Se adopta las siguientes dimensiones del diseño hidráulico

Diámetro interior: $D = 2.00 \text{ m}$ $R = 1.00 \text{ m}$

Altura del caisson: $H = 9.30 \text{ m}$

Borde libre: $BL = 0.00 \text{ m}$

Altura del agua: $H_w = 9.30 \text{ m}$

Altura del Suelo: $H_t = 8.30 \text{ m}$ Altura de excavación

2.2.6.1.10. Línea de Aducción

La línea de succión viene a estar representada por una tubería Pvc-Uf Dn=2 ½", C-10.

2.2.6.1.11. Línea de Distribución

La línea de distribución viene a estar representada por las siguientes tuberías:

Tubería PVC SAP c-10 de $\phi 1.25''$	80.98	m
Tubería PVC SAP c-10 de $\phi 1.50''$	267.53	m
Tubería PVC SAP c-10 de $\phi 2.00''$	451.10	m
Tubería PVC SAP c-10 de $\phi 2.50''$	304.84	m

Haciendo un total de 1104.45 m de tubería para la línea de distribución.

2.2.6.1.12. Gastos Fijos

2.2.6.1.12.1. Calculo del costo del personal de Operación.

<i>Personal Técnico</i>	<i>Sueldo/mes</i>
Administrador	S/ 2500
Secretaria	S/ 1000
Contador	S/ 2500
TOTAL =	S/ 6000

2.2.6.1.13. Resumen de costo

<i>Resumen</i>	<i>Precio</i>
Insumos-cloro	S/ 600.00
Energía eléctrica	S/ 8245.44
Personal operación	S/ 6000.00
TOTAL =	S/ 14845.44

Costo por M³ de agua potable.

Resumen	Precio
Producción de la planta por (v)	14, 618.88 m ³ /mes
Gasto en operación (c)	S/ 14845.44
Costo m ³ (s/ = c/v)	S/ 1.10

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. La fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para el sistema de agua potable, es del tipo subterránea.

3.1.2. Caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable

El diseño del sistema agua potable, se diseñó con el caudal máximo diario $Q_{md} = 5.64$ l/seg.

3.1.3. Unidades de tratamiento

3.1.3.1. Pozo Caisson

Estructura de concreto armado de sección circular con dimensiones interiores de 2.00m de diámetro y una altura total de 9.30m, hasta la base de la plataforma del Caisson, el Caisson está cimentado a 8.30m del nivel del terreno natural y cumple la función de captación, donde las paredes laterales del Caisson tiene 20cm de espesor con una malla de acero de refuerzo y en la losa del Caisson tiene 20cm de espesor con doble malla de acero de refuerzo, en la parte superior del Caisson está construido la caseta de bombeo, que está al nivel del terreno, presenta una altura de piso a techo de 3.0m, además presenta una vereda de 1.00m de ancho.

En la Caseta de Bombeo sobre plataforma de C°A° del Caisson lleva una (02) electro bombas de 8HP de potencia, instalados a una sub-estación de energía eléctrica.

3.1.3.2. Tanque de Almacenamiento

El reservorio será de tanque elevado de sección circular de concreto armado, con capacidad para 82.00 m³ de volumen de reservorio, ubicado en la localidad de Víveres, ubicado a 110 metros de la localidad con dimensiones interiores especificadas en los planos.

Además, constara de caseta de válvulas, escalera exterior e interior, barandas de protección y tapas de registro. Será de concreto armado $f'c = 280$ kg/cm², de forma circular de diámetro interior 6.58m, altura de agua 5.25m, borde libre 1.70m, paredes y losa superior de 20cm; losa inferior de 20cm., armado con acero según diseño.

3.2. Análisis y discusión de resultados

3.2.1. La fuente de abastecimiento

La fuente subterránea abastecerá el agua necesaria y esta se contendrá en 01 pozos caisson de los cuales se especifican sus dimensiones en los planos mostrados en los anexos.

3.2.2. Unidades de tratamiento

3.2.2.1. Pozo Caisson

La construcción de la unidad de pozos caisson son indispensables, pues al contener el agua para luego ser bombeada representa una actividad muy importante en el marco del sistema planteado.

3.2.2.2. Tanque de Almacenamiento

Con la información procesada se obtuvo que el volumen de almacenamiento es de 82 m³, el cuál será almacenado en un tanque elevado y estará abastecido por dos 02 electrobombas de 08 HP, la primera con un funcionamiento de 16 horas diarias y la segunda en caso de emergencia.

3.2.3. Contrastación de la hipótesis

El Diseño del sistema de agua potable la localidad de Víveres en el distrito de Pajarillo, resuelve el problema de desabastecimiento de agua potable para el consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad.

CONCLUSIONES

- La fuente de abastecimiento subterránea será capaz de abastecer la demanda requerida por la población de Víveres en el distrito de Pajarillo, provincia de Mariscal Cáceres.
- Los pozos Caisson considerados en el sistema de abastecimiento tendrán la capacidad de acopiar la cantidad necesaria para poder abastecer la demanda requerida en el estudio. Además, el agua acopiada tendrá un debido proceso de cloración, asegurando la correcta desinfección del agua.
- El volumen estimado del tanque de almacenamiento es de 82.00 m³, los cuales servirán para atender la demanda existente incluida la proyección considerada en el proyecto (20 años).
- El costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable es S/. 14,845.44 al mes, que por metro cúbico de agua sería S/. 1.10 un costo aceptable comparando con otras ciudades del país.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realice labores de arborización perimetral a la zona de captación del agua.
- Durante el proceso constructivo respetar las dimensiones de las unidades de tratamiento indicas en los planos, para poder cumplir con los parámetros de diseño produciendo la máxima eficiencia.
- La Junta de administración de agua y saneamiento (JASS), debe realizar charlas de educación sanitarias, para promover estilos de vida saludables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGÜERO PITTMAN, Roger. Agua Potable Para Poblaciones Rurales.

ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación.

CAMINATI BRICEÑO, Alessandra María; CAQUI FEBRE, Rocío Catherine. Análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura.

CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I.

DESTÉFANO MOLERO, Javier Adolfo. Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO URBANO, Guía de orientación para elaboración expediente técnico de proyectos de saneamiento.

REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO,

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, +Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento.

ANEXOS