

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

**“EFICIENCIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LA
LOCALIDAD DE COCACHIMBA – AMAZONAS - 2016”**

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

**AUTOR:
BACH. VALDIVIA HERNÁNDEZ EDISON ALIGHIERI**

**ASESOR:
Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**

**JAÉN – PERÚ
2017**

DEDICATORIA

a mis queridos padres y hermanos por el apoyo incondicional recibido y dado en esta larga carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

en la elaboración de este trabajo de investigación, han contribuido: mi asesor Dr. Ing. Gaspar V. Méndez cruz, quien con sus sabias orientaciones ha guiado el desarrollo de esta tesis, las autoridades de la zona y responsables de la obra que me permitieron realizar el estudio de campo, y me brindaron la facilidad necesaria para realizar mi tesis, y la comprensión y apoyo material y espiritual de mis padres; todo ello constituyó la fuerza que me ha impulsado a desarrollar y culminar esta labor; para todos ellos expreso mi agradecimiento y eterna gratitud.

ÍNDICE GENERAL

	PAG.
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN-----	01
1.1. PROBLEMA -----	02
1.2. FORMILACION DEL PROBLEMA -----	02
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN -----	02
1.4. OBJETIVOS -----	03
OBJETIVO GENERAL -----	03
OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	03
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO -----	04
2.1. TÉRMINOS BÁSICOS -----	04
a.- EFICIENCIA TÉCNICA -----	04
b.- EFICIENCIA HIDRÁULICA -----	05
c.- AGUA -----	05
d.- AGUA POTABLE -----	07
e.- RELACIÓN HIDRÁULICA -----	07
2.2. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA -----	10
A.- TIPOS DE SISTEMAS -----	11
B.- ELEMENTOS DEL SISTEMA -----	13
2.3. PARÁMETROS DE DISEÑO -----	33
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS -----	40
3.1. MATERIALES -----	40
3.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO -----	49
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS -----	51
4.1. RESULTADOS -----	51
4.2. PROPUESTA DE MEJORA PARA EL SISTEMA ACTUAL -----	53
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. -----	55
5.1. CONCLUSIONES. -----	55

5.2. RECOMENDACIONES. -----	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. -----	56
ANEXOS. -----	57

ÍNDICE DE TABLAS

	PAG.
TABLA N° 01: Valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales.	09
TABLA N° 02: Presiones máximas según la clase de tubería	18
TABLA N° 03: Alternativas de pretratamiento de acuerdo a la calidad del agua cruda para plantas de filtración lenta	21
TABLA N° 04: Dotación promedio	34
TABLA N° 05: Nivel de servicio para sistema de abastecimiento de agua	35
TABLA N° 06: Tamaño de la arena y grava en los filtros lentos	37
TABLA N° 07: Cuadro resumen de resultados	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PAG.
GRAFICA N° 01: Perfil de la captación	15
GRAFICA N° 02: cámara rompe presiones tipo 6, en perfil	19
GRAFICA N° 03: Cámara rompe presiones tipo 7, en perfil	20
GRAFICA N° 04: sedimentador en vista frontal	23
GRAFICA N° 05: reservorio	28
GRAFICA N° 06: mapa del Perú.	41
GRAFICO N° 07: provincia de bongará	42
GRAFICO N° 08: provincia de bongará y sus distritos	43
GRAFICO N° 09: ubicación de la investigación	45

RESUMEN.

El presente trabajo tuvo como objetivo, determinar la eficiencia técnica del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Cocachimba - amazonas, para conocer y cuantificar las causas que afectan al servicio actual que presta este sistema. el trabajo consistió en analizar el aspecto constructivo y el funcionamiento, de cada uno de los elementos que conforman el sistema de agua potable, con todo ello se logró tener una visión clara del problema que aqueja a dicha población. los resultados de esta evaluación nos determinaron, que la eficiencia técnica del sistema de agua potable de dicha localidad, es del orden de 66.7 %, la misma que ha sido afectada seriamente al costo para su operación y mantenimiento.

palabras clave:

eficiencia técnica, agua potable, sistema de agua, funcionamiento hidráulico.

ABSTRACT

the objective of this work is to determine the technical efficiency of the drinking water supply system in the town of Cocachimba - Amazonas, to know and quantify the causes that affect the current service provided by this system. the work consisted of analyzing the constructive aspect and the hydraulic functioning of each of the elements that make up the drinking water system, all of which was able to have a clear vision of the problem that afflicts that population. the results of this evaluation determined that the technical efficiency of the potable water system of this locality is of the order of 66.7%, which has been seriously affected by the cost for its operation and maintenance.

key words:

technical efficiency, drinking water, water system, hydraulic operation

CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN

en nuestro país, desde los años 90 se ha venido ejecutando obras de sistemas de agua potable para las diversas localidades, con un enfoque de oferta, sin tener en cuenta el proceso de la capacitación, en el potencial usuario. ello ha traído como consecuencia, los diversos problemas que aquejan a la gran mayoría de localidades abastecidas de agua potable, lógicamente con la diferencia entre una y otra localidad.

conscientes de la importancia que tiene un sistema de abastecimiento de agua potable, en los usuarios, ya sea por su cobertura o por su calidad, se hace necesario conocer la problemática que ocurre en cada uno de estos sistemas de agua potable, con la finalidad de proponer alguna alternativa de solución.

este trabajo tiene como objetivo, determinar la eficiencia técnica del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de cocachimba – amazonas. su obtención se basa en la sincera opinión de los usuarios de dicho sistema. asimismo, es importante conocer el nivel de servicio que se presta, en lo que respecta a la calidad de agua consumida, y cotejar con la evaluación hidráulica del sistema.

el enfoque que debe ser conceptualizado un sistema de agua potable debe ser con un alcance de demanda, específicamente con conocimiento y necesidad de la población usuaria.

1.1. el problema

los sistemas de abastecimiento de agua potable de diferentes pueblos rurales en nuestro país son una problemática por distintos factores, por la cual en la presente tesis nos enfocaremos en la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Cocachimba – amazonas, para poder determinar la eficiencia técnica de dicho sistema. para tal efecto, se analiza todos los componentes del sistema, para poder determinar la eficiencia de cada uno de ellos, y poder encontrar una alternativa de solución para mejorar la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua; y a su vez mejorar la calidad de agua consumida por determinada población.

1.2. formulación del problema

¿cuál es la eficiencia técnica del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Cocachimba – amazonas?

1.3. justificación de la investigación

existen diferentes instituciones nacionales, regionales y locales, que tienen la función de realizar la supervisión y control del servicio de suministro de agua potable. muchos de los trabajos realizados por estas instituciones, no son lo suficiente para evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable, en todas las localidades, sobre todo en las localidades más recónditas de nuestro Perú. por estas razones, y a pedido de las autoridades de la zona en estudio, se estimó por conveniente determinar la eficiencia técnica del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Cocachimba - amazonas.

complementariamente, este trabajo tiene su justificación, ya que planteó una alternativa de solución a la problemática presente, garantizando la eficiencia del servicio que preste este sistema, así como el mejor aprovechamiento del recurso hídrico.

1.4. **OBJETIVOS**

objetivo general

- ✓ determinar la eficiencia técnica del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Cocachimba - amazonas.

objetivos específicos

- ✓ evaluar hidráulicamente todos los elementos que conforma el sistema de agua potable de la localidad de Cocachimba.
- ✓ evaluar la calidad de agua de consumo por la población de la localidad de Cocachimba.
- ✓ plantear una alternativa de mejora al sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Cocachimba.

CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1 TÉRMINOS BÁSICOS.

a) EFICIENCIA TÉCNICA

eficiencia técnica se produce cuando la economía está utilizando todos sus recursos de manera eficiente, produciendo el máximo de producción con el mínimo de recursos. el concepto se ilustra en la frontera de posibilidades de producción (fpp) en la cual todos los puntos de la curva son los puntos de máxima eficiencia técnica (es decir, no se puede lograr más productos a partir de las recursos presentes).

la eficiencia de un sistema de abastecimiento de agua potable a ciudades se asocia con el proceso de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores, con un servicio de calidad total. en este contexto de la eficiencia se identifican tres escenarios:

- a) el de la ingeniería del sistema de abastecimiento.
- b) el de la comercialización de los servicios de agua potable.
- c) el del desarrollo institucional del organismo operador.

desde esta perspectiva, un sistema hidráulico para el abastecimiento de agua potable deja de ser eficiente cuando comienza a utilizar excesivos recursos humanos, materiales y económicos dentro de estos tres escenarios, para prestar el servicio de calidad a los usuarios de una población. en las actividades del escenario del desarrollo institucional del organismo operador de agua potable se desatienden las eficiencias en la autonomía organizativa, el liderazgo de su personal directivo, la administración del personal, la orientación financiera, los esquemas orientados hacia el consumidor, la capacidad técnica del personal, la capacitación del personal y la interacción con instituciones externas. el resultado de esta desatención son el resquebrajamiento financiero e institucional del organismo operador, bajos niveles de preparación técnica del personal, desorden en la administración gerencial, excesivo número de empleados, entre otros. en el caso de las actividades del escenario de

comercialización del servicio, se desatienden las eficiencias de las áreas de facturación, cobranza, contabilidad, padrón de usuarios, estimación de consumos, tarifas, control de suministros, comunicación social y comunicación y transporte. derivado de esta desatención, surgen los problemas de usos clandestinos, baja cobertura de micro medición, usos mal clasificados e identificados, cartera vencida importante, esquemas tarifarios lejos de la realidad, altos consumos de materiales y equipos, y una comunicación con el usuario deteriorada impactando en baja cultura del agua de la sociedad. (Comisión Nacional del agua, 2012)

b) EFICIENCIA HIDRÁULICA

la eficiencia hidráulica se define como la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema. no hay un indicador específico para determinar el valor de la eficiencia hidráulica; sin embargo, la manera más práctica de valorarla es a través de algunos parámetros sobre la disponibilidad espacial y temporal del agua a los usuarios. algunos de estos parámetros son:

- consumo unitario de los usuarios (l/hab/día)
- dotación (l/hab/día)
- continuidad del servicio de agua (horas/día)
- déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios ($\pm\%$)
- presión media del agua en la red de distribución (kg/cm²)

estos son algunos de los parámetros que se utilizan. (Comisión Nacional del agua, 2012)

c) AGUA

la escasez del agua en el mundo se ha convertido en una de las mayores amenazas de la humanidad y la causa de múltiples tensiones y conflictos. las disputas regionales por las fuentes de agua se incrementan. al ser esenciales para la supervivencia y el desarrollo, a veces, las reservas de agua dulce han

sido el origen de controversias y conflictos, aunque también son motivo de cooperación entre quienes comparten los recursos hídricos.

las negociaciones sobre la asignación y la gestión de los recursos hídricos se han vuelto más frecuentes a medida que aumenta la demanda del preciado elemento. incluso las cuestiones relativas al agua tienen repercusiones importantes en materia de género pues en los países en desarrollo las mujeres suelen ser las encargadas de acarrear el agua y, según las estimaciones, anualmente las mujeres y las niñas invierten 10 millones de años - persona en el transporte de agua desde fuentes lejanas. también ellas tienden a sufrir las peores consecuencias de la falta de saneamiento.

los expertos estiman que antes de 50 años, unos 2.500 millones de personas sufrirán la escasez que hoy día ya se están experimentando en muchas regiones de nuestro planeta.

disponibilidad mundial de los recursos hídricos.

el agua es el elemento más importante en la tierra: el 71% de nuestro planeta es agua, pero el 97.5% de los recursos hídricos es agua salada. el volumen total de agua es de aproximadamente 1.400 millones de km³, de los cuales sólo el 2,5%, o alrededor de 35 millones de km³, corresponde al agua dulce.

ubicación y distribución.

la mayor parte del agua dulce (68.7%) se presenta en forma de hielos perennes o nieves eternas, ubicados en la región antártica y en Groenlandia, o en profundos acuíferos de aguas subterráneas. las principales fuentes de agua para uso humano son los lagos, ríos, la humedad del suelo y cuencas de aguas subterráneas relativamente poco profundas. la parte aprovechable proveniente de esas fuentes es aproximadamente de sólo 200.000 km³ de agua, es decir menos del 1 por ciento del total de agua dulce y sólo el 0,01 por ciento de toda el agua del planeta. la gran parte de esa agua disponible está ubicada lejos de las poblaciones humanas, lo que complica aún más las cuestiones relativas al aprovechamiento del agua. la recarga de agua dulce depende de la evaporación proveniente de la superficie de los océanos. cerca de 430,000 km³, se evaporan de los océanos cada año. otros 70,000 km³ se evaporan de la tierra. alrededor del 80% del total de las precipitaciones, es

decir, alrededor de 390,000 km³/año, cae en los océanos y los restantes 110,000 km³/año, sobre la tierra. la diferencia entre la precipitación sobre la superficie terrestre y la evaporación de esa superficie (110,000 km³ menos 70,000 km³ por año) son las escorrentías, de aproximadamente 40,000 km³ por año. (Ercilio Moura, y otros, 2005)

d) AGUA POTABLE

llamamos agua potable al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. el agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta potabilizadora. en estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano.

desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestras casas a través de una red de tuberías que llamamos red de abastecimiento o red de distribución de agua.

para que el agua que captamos en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. este proceso se denomina potabilización y se realiza en las plantas potabilizadoras. (Felices, 1996)

e) RELACIÓN HIDRÁULICA.

- continuidad

cuando un fluido fluye por un conducto de diámetro variable, su velocidad cambia debido a que la sección transversal varía de una sección del conducto a otra.

en todo fluido incompresible, con flujo estacionario (en régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de un conducto es inversamente proporcional a la superficie, en ese punto, de la sección transversal de la misma.

la ecuación de continuidad no es más que un caso particular del principio de conservación de la masa. se basa en que el caudal (q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

dado que el caudal es el producto de la superficie de una sección del conducto por la velocidad con que fluye el fluido, tendremos que en dos puntos de una misma tubería se debe cumplir que:

$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2 = Q = constante \dots\dots\dots (1)$$

(Felices, 1996).

- conservación de la energía.

la energía mecánica total que posee un fluido en movimiento se compone de energía cinética y de energía potencial. la energía potencial a su vez se compone de energías de presión y posición.

debido a la presión “p” existente en un punto, la masa del fluido de peso específico “g” podría ascender hasta una altura “p/g” sobre ese punto, si tuviera libertad para hacerlo. la teoría más conocida del teorema de bernoulli

el teorema de bernoulli significa que para una línea de corriente la suma de la energía cinética y la potencial es constante.

para un fluido real habría una pérdida de energía entre 1 y 2. en realidad no es energía perdida, sino transformada en calor debido a la fricción. (Felices, 1996)

la teoría más conocida del teorema de bernoulli es:

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

donde:

Z_1 = carga de posición (m), también considera carga hidrostática.

P_1 = presión estática a la que está sometido el fluido, kg/m2.

γ = peso específico del flujo, kg/m3.

V_1 = velocidad, m/s.

Z_1 = aceleración gravitacional 9.81 m/s2.

$\sum h_f$ = son las pérdidas de energía que existe en el recorrido, más las pérdidas locales de energía provocadas por dispositivos como válvulas, codos, reducciones, etc., en m.

- **perdidas de carga.**

la pérdida de carga en una tubería o canal es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

ecuación de hazen Williams:

$$h = 10,674 * [q^{1,852} / (c^{1,852} * d^{4,871})] * l \dots\dots\dots (3)$$

donde:

h: pérdida de carga o de energía (m)

q: caudal (m³/s)

c: coeficiente de rugosidad (adimensional)

d: diámetro interno de la tubería (m)

l: longitud de la tubería (m)

TABLA N° 01: valores del coeficiente de rugosidad de hazen-Williams para diferentes materiales.

coeficiente de hazen - williams para algunos materiales			
materiales	c	materiales	c
asbesto cemento	140	hierro galvanizado	120
latón	130-140	vidrio	140
ladrillo de saneamiento	100	plom	130-140
hierro fundido, nuevo	130	plástico (pe, pvc)	140-150

hierro fundido, 10 años de edad	107-113	tubería lisa nueva	140
hierro fundido, 20 años de edad	89-100	acero nuvo	140-150
hierro fundido, 30 años de edad	75-90	acero	130
hierro fundido, 40 años de edad	64-83	acero rolado	110
concreto	120-140	lata	130
cobre	130-140	madera	120
hierro dúctil	120	hormigón	120-140

(Felices, 1996)

1.3. sistemas de abastecimiento de agua.

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. 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. sin embargo, una definición aceptada generalmente es aquella que dice que el agua potable es toda la que es “apta para consumo humano”, lo que quiere decir que es posible beberla sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida. 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.

se parte aquí de los niveles de servicio en abastecimiento de agua y de las opciones tecnológicas para brindarlos, para llegar a la descripción de los

sistemas **convencionales y no convencionales** de abastecimiento con especificaciones técnicas de sus componentes principales referidas a su diseño, construcción, operación y mantenimiento, incluyendo posibles tratamientos de agua en los sistemas convencionales y culminando en métodos de tratamiento de agua.

es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. el sistema de abastecimiento de agua se clasifica dependiendo del tipo de usuario, el sistema se clasificará en urbano o rural.

los sistemas de abastecimientos rurales suelen ser sencillos y no cuentan en su mayoría con redes de distribución, sino que utilizan piletas publicas o llaves para uso común; en muchas oportunidades tienen como fuente las aguas subterráneas captadas mediante una bomba manual o hidráulica. (Jiménez Terán, 2011)

a) **tipos de sistemas**

de acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como a la topografía del terreno, se tiene el tipo de sistema por gravedad. las poblaciones menores de 2,000 habitantes, se les considera rurales.

en los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando sólo la fuerza de la gravedad

en la mayoría de las poblaciones rurales se utilizan dos tipos de fuentes de agua:

las superficiales y las subterráneas, siendo la de mejor calidad las fuentes subterráneas representadas por los manantiales, que usualmente se pueden usar sin tratamiento, a condición de que estén adecuadamente protegidos con estructuras que impidan la contaminación del agua. estas fuentes son las que se utilizan en los sistemas de agua potable por gravedad sin tratamiento, la operación y mantenimiento; tienen mayor continuidad; menores costos, y la administración del servicio es realizada por la misma población.

- **manantiales**

se puede definir al manantial como un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea. por lo general el agua fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. en los lugares donde existen estratos impermeables, éstos bloquean el flujo subterráneo de agua y permiten que aflore a la superficie.

los manantiales se clasifican por su ubicación y su afloramiento. por su ubicación son de ladera o de fondo; y por su afloramiento son de tipo concentrado o difuso.

en los manantiales de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie. para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso.

cantidad

la carencia de registros hidrológicos nos obliga a realizar una concienzuda investigación de las fuentes. lo ideal sería que los aforos se realizarán en temporada crítica de rendimientos que corresponde a los meses de estiaje y lluvias, con la finalidad de conocer los caudales máximos y mínimos. el caudal mínimo debe ser mayor al valor del consumo máximo diario (qmd). el qmd representa la demanda de la población al final de la vida útil considerado en el proyecto, siendo por lo general, de 20 años para las obras de agua potable.

calidad

los requerimientos básicos para que el agua sea potable:

- estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- no contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- ser aceptablemente clara (baja turbidez, poco color, etc.).
- no salina.

- que no contenga compuestos que acusen sabor y olor desagradables.
- que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, y que no manche la ropa lavada con ella.

en cada país existen reglamentos en los que se consideran los límites de tolerancia en los requisitos que debe satisfacer una fuente. con la finalidad de conocer la calidad de la fuente que se pretende utilizar se deben realizar los análisis fisicoquímico y bacteriológico y conocer los rangos tolerables de la oms, que son los referentes en el tema. (Salud, 2004)

b) elementos del sistema

CAPTACIÓN

la captación es una estructura de concreto que sirve para proteger al manantial y recolectar el agua para abastecer a la población. asimismo, debe cumplir con las especificaciones de estructuras apoyadas de concreto para almacenamientos de líquidos en lo referente a ubicación, encofrados y concretos.

para el buzón de inspección se utiliza preferentemente la tapa metálica del tipo sanitaria. la ubicación y dimensión del buzón adecuada para facilitar las labores de inspección, limpieza y desinfección.

se construirá el canal de escurrimiento, aguas arriba de la captación a fin de evitar el ingreso de aguas superficiales hacia la captación. asimismo, se acondicionará un canal para evacuar la salida de la tubería de desagüe (limpia y rebose).

la captación se diseñará con el caudal máximo diario. se diseñará con el caudal máximo horario cuando el caudal de la fuente sea mayor al caudal máximo diario requerido y no se considerará una estructura de regulación, previo un análisis económico. en el diseño deberá considerar los otros usos de la fuente, para lo cual si fuera el caso se diseñará estructuras complementarias, evitando el riesgo sanitario al sistema.

para diseñar una captación de manantial de fondo se utiliza las siguientes formulas:

1) volumen

se verifica (de 3 a 5 minutos el caudal de diseño)

$$\frac{q}{1000} * t = V \dots\dots\dots (4)$$

donde:

q = caudal de diseño (lts)

t = tiempo de verificación (segundos)

v = volumen que debe de tener la cámara húmeda.

1) calculo del ancho de la pantalla

el ancho de la pantalla se determina sobre la base de las características propias del afloramiento, quedando definido con la condición que pueda captar la totalidad del agua que aflore del subsuelo.

2) calculo de la altura total (ht)

para el caso de la altura total se considera:

$$ht = a+b+h+d+e \dots\dots\dots (5)$$

a= se considera una altura mínima de 10 cm. que permite la sedimentación de la arena.

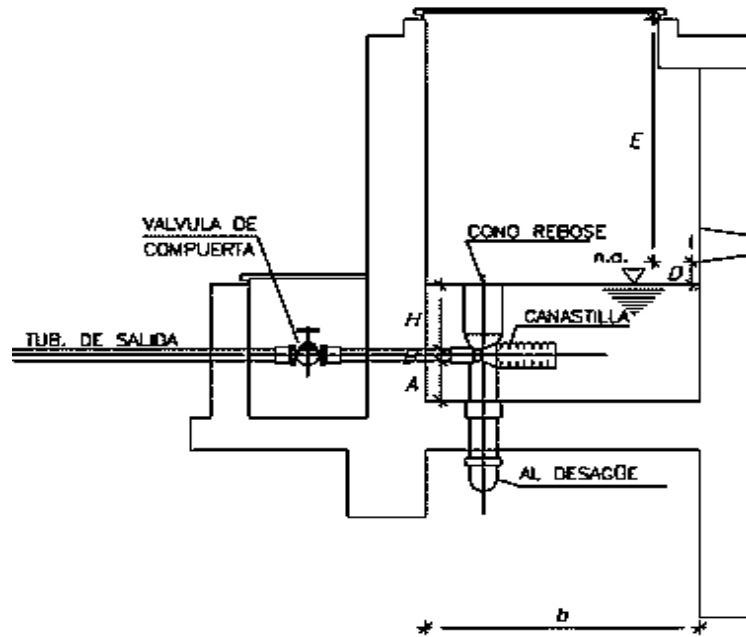
b= se considera el diámetro del tubo de salida.

h= altura de agua sobre la canastilla.

d= desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (5 cm).

e= borde libre (mínimo 30 cm)

GRAFICA N° 01: Perfil de la captación



$$H = 1.56 * \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (6)$$

donde:

v: velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s. se debe considerar la velocidad mínima recomendada para una línea de conducción.

g: aceleración de la gravedad (9.81 kg/cm2)

3) dimensionamiento de la canastilla

para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos (2) veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (d_c); que el área total de ranuras (a_t) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la canastilla (l) sea mayor a $3 d_c$ y menor de $6 d_c$.

$$a_t = 2 a_c \dots\dots\dots (7)$$

$$A_c = \frac{\pi * D^2}{4} \dots\dots\dots (8)$$

conociendo estos valores se puede calcular el número de ranuras de la canastilla.

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{area total de las ranuras}}{\text{area de ranura}} + 1 \dots\dots\dots (9)$$

- **cámara húmeda**

es una estructura de concreto de sección rectangular. en esta cámara se recolectará el agua del manantial y está prevista de una canastilla, por donde saldrá el agua y pasará a la válvula de salida de la cámara seca, de una tubería de limpia y un cono de rebose que se instalará en un nivel más bajo que los puntos de afloramiento.

- **camara seca (valvulas)**

es una estructura de concreto de sección rectangular. estará separado de la cámara húmeda por un muro de concreto de 0,60 m de altura y 0,15 m de espesor. se instalará una válvula para el control del agua de la línea de conducción y una válvula para limpia o desagüe. (Salud, 2004)

LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

- serán diseñadas para conducir el caudal máximo diario y estará comprendida desde la captación hasta la planta de tratamiento o reservorio, dependiendo de la ubicación de la planta de tratamiento.
- el diámetro nominal mínimo de la línea de conducción debe ser de 20 mm; el recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1 m
- la velocidad deberá estar entre **0.6 m/sg y 5 m/sg**, para que no se produzca sedimentación en la tubería, y para que las presiones no sean muy altas y estén dentro de las clases comerciales.

- **tuberías**

el cálculo del diámetro de la tubería se hará utilizando la ecuación de continuidad.

para tuberías que trabajen a presión, se recomienda la fórmula de hazen y williams, con los siguientes coeficientes de fricción:

fierro galvanizado : 100

pvc : 140

$$Q = 0.2787 * C * D^{2.63} * S^{0.54} \dots\dots\dots (10)$$

para tuberías que trabajen como **canal** se recomienda la fórmula de Manning, con los siguientes coeficientes de rugosidad:

PVC : 0.009

concreto : 0.015

la velocidad mínima o de auto limpieza no será menor de 0.60 m/s, la máxima recomendada será de 5 m/s, siempre que no transporten material fino.

se instalarán válvulas de aire y de purga en los puntos más elevados y en los puntos bajos de la línea, y cuando la línea tenga longitudes largas con una pendiente mínima, la válvula de purga se instalará en el punto más bajo.

y para conocer las dimensiones mínimos y máximos de tubería se empleará la fórmula de la continuidad:

$$Q = V * A \dots\dots\dots (11)$$

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}} \dots\dots\dots (12)$$

dándole valores a la velocidad mínima 0.6 m/s y máximas 5 m/s, y sabiendo el caudal de diseño, podemos obtener diámetro mínimo y máximo de la tubería respectivamente.

presión mínima y máxima

la presión de una tubería se calcula restando las cotas de dos puntos y al resultado se le resta la perdida de carga, esa es la presión mínima que debe de tener una tubería, y con respecto a la presión máxima es de acuerdo a la clase de tubería que tengo.

se recomienda que la presión estática máxima no sea mayor al 80% de la presión nominal de trabajo de las tuberías a emplearse,

debiendo ser compatibles con las presiones de servicio de los accesorios y válvulas a emplearse.

clase de tubería

la clase de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

TABLA N° 02: presiones máximas según la clase de tubería

clase	presión máxima de prueba (m.)	presión máxima de trabajo (m.)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

- CAJAS DE ROMPE PRESIÓN (CRP)

se utilizará para regular presiones de agua, cuando el desnivel entre la captación y el reservorio, sea mayor a la clase de tubería a utilizar.

se tiene crp – tipo 6, cuando no tienen válvula de flotador y crp– tipo 7, cuando si lo tiene.

volumen

para las cámaras rompe presión también se verifica con la formula n° 01. para poder determinar si realmente está diseñada para el volumen que se tiene.

los componentes de los crp son: entrada con válvula de compuerta, salida con canastilla, tubería de ventilación y tapa sanitaria con dispositivo de seguridad.

GRAFICO N° 02: Cámara rompe presiones tipo 6, perfil

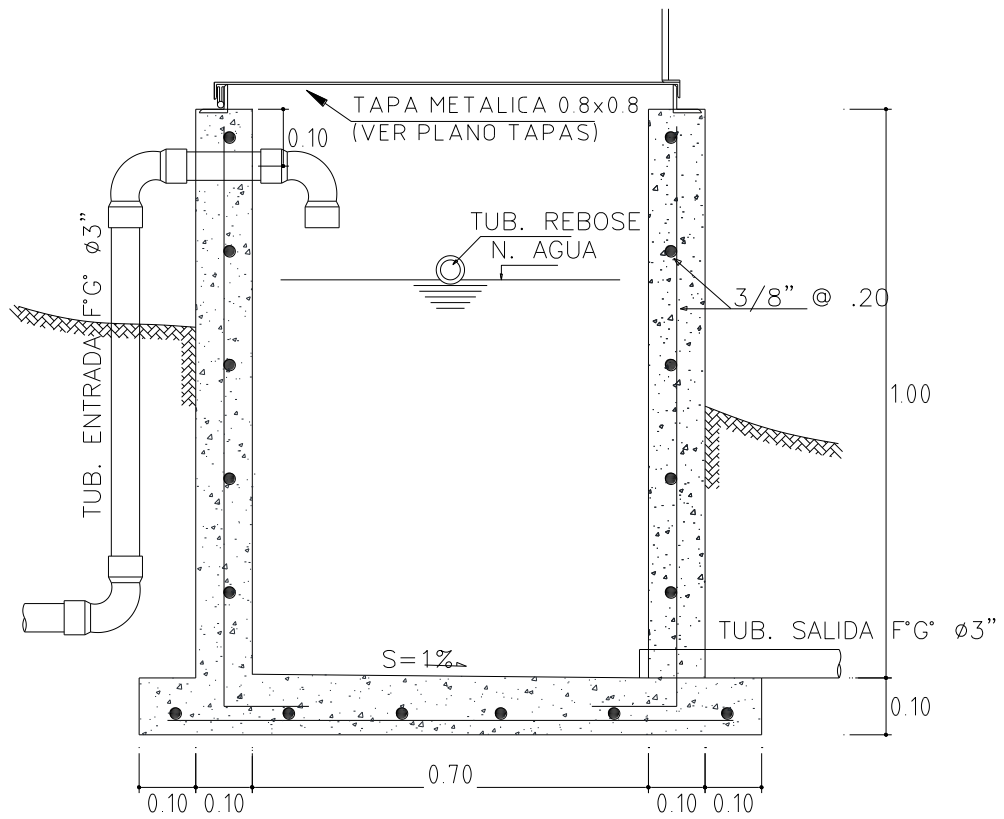
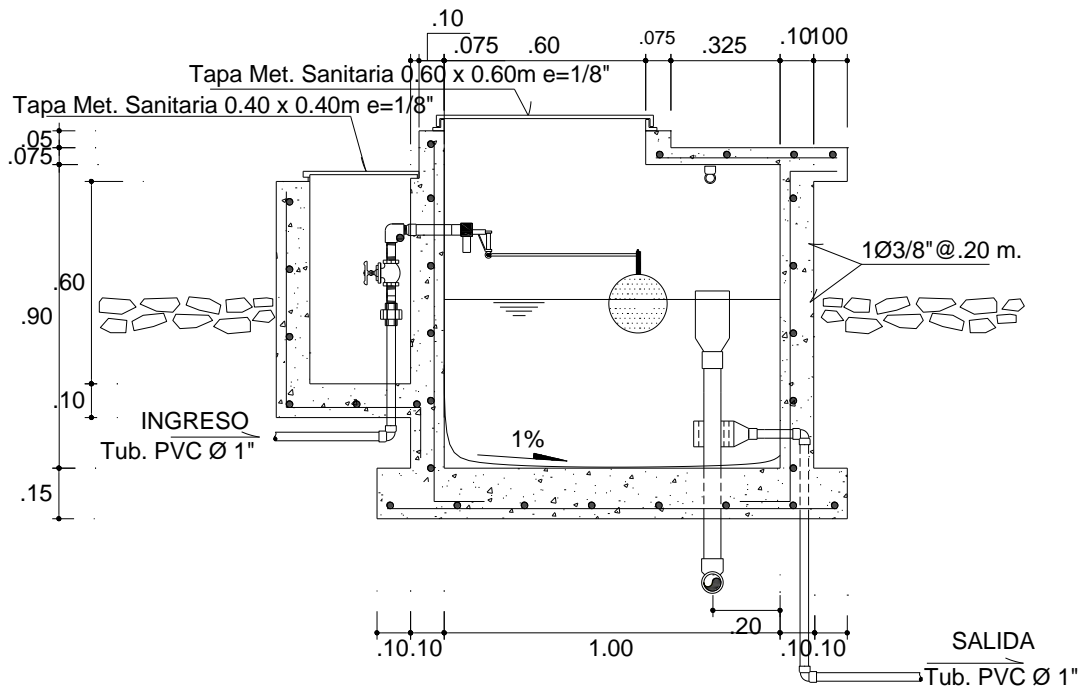


GRAFICO N° 03: cámara rompe presiones tipo 7, en perfil



- **SEDIMENTADOR.**

en los casos donde la calidad del agua lo requiera y las características de la comunidad lo permitan se utilizarán sedimentadores laminares, que, por su mayor complejidad constructiva, además del cuidado de la operación y mantenimiento es más recomendable para zonas rurales donde se pueda contar con mano de obra calificada.

en el cuadro siguiente se muestra las distintas alternativas de pretratamiento del agua en el medio rural.

TABLA N° 03: alternativas de pretratamiento de acuerdo a la calidad del agua cruda para plantas de filtración lenta

turbiedad unt e. coli nmp	<250	<500	<1000
<1000 / 100 ml	sedimentación	sedimentación	desarenación + sedimentación
<10000 / 100 ml	sedimentación	sedimentación	desarenación + sedimentación

zona de entrada

estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

zona de sedimentación.

consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. la dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos.

zona de salida.

constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

zona de recolección de lodos.

constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

criterios de diseño.

- el tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- la carga superficial será entre los valores de 2 - 10 m³/m²/día.
- la profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 3 m.
- la relación de las dimensiones de largo y ancho (l/b) será entre los valores de 3 - 6.
- la relación de las dimensiones de largo y profundidad (l/h) será entre los valores de 5 - 20.
- el fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
- la velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
- se debe aboquillar los orificios en ángulo de 15° según el flujo.
- la descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.
- se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.
- el caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 l/s.
- se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

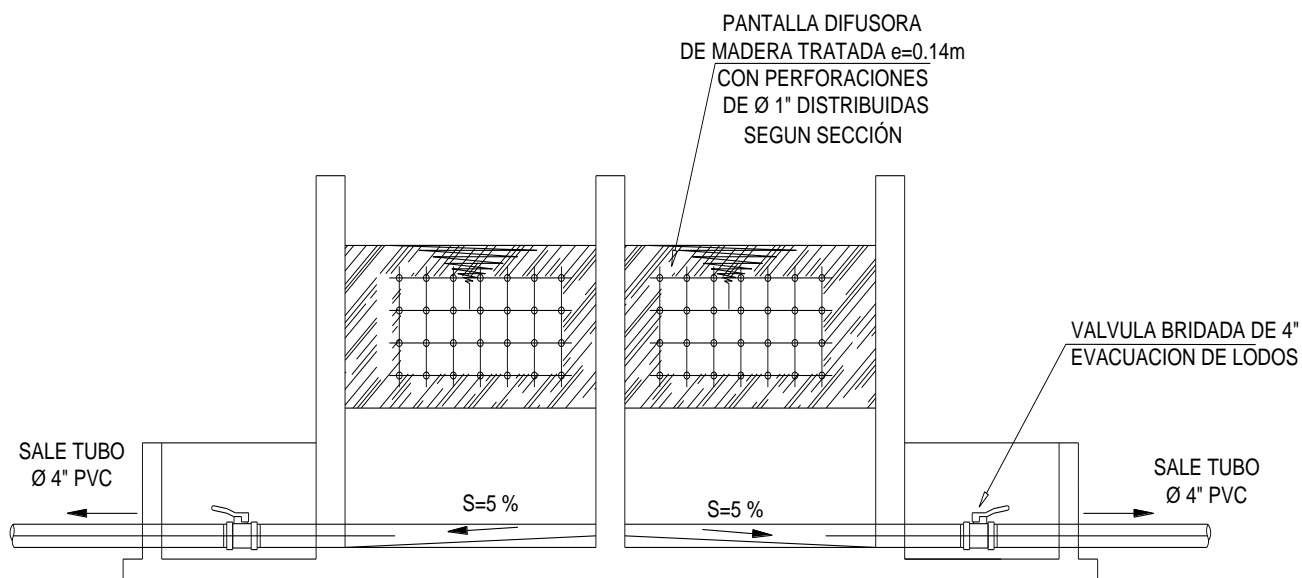
$$\frac{L}{H} = \frac{V_h}{V_s} \dots\dots\dots (13)$$

- la sección de la compuerta de la evacuación de lodos debe mantener la relación. donde t es el tiempo de vaciado.

$$A_2 = \frac{A_s * \sqrt{H}}{4850 * t} \dots\dots\dots (14)$$

- la ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.

GRAFICO N° 04: Sedimentador en vista frontal



- los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (h) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 ó 1/5 de la altura (h) a partir de la superficie del fondo.

dimensionamiento.

- determinar el área superficial de la unidad (as), que es el área superficial de la zona de sedimentación, de acuerdo a la relación:

$$As = \frac{q}{vs} \dots\dots\dots (15)$$

donde:

q: caudal de diseño m³/s

vs: velocidad de sedimentación m/s

- determinar las dimensiones de largo l (m), ancho b (m) y altura h (m) de manera tal que se cumplan las relaciones o criterios mencionados anteriormente.

- determinar la velocidad horizontal v_h (m/seg) de la unidad mediante la ecuación. el cual debe cumplir con las relaciones mencionadas anteriormente.

$$VH = \frac{100 Q}{B * H} \dots\dots\dots (16)$$

- determinar el tiempo de retención t_o (horas), mediante la relación:

$$T_o = \frac{As * H}{3600 * Q} \dots\dots\dots (17)$$

- determinar el número de orificios, cumpliendo con los criterios de diseño.

$$A_o = \frac{Q}{v_o} \dots\dots\dots (18)$$

donde:

v_o : velocidad en los orificios (m/s)

q : caudal de diseño (m³/s)

a_o : área total de orificios (m²)

$$n = \frac{A_o}{a_o} \dots\dots\dots (19)$$

donde:

a_o : área de cada orificio (m²)

n : número de orificios.

- PREFILTRO

establece las condiciones generales que deben cumplir los pre filtros de grava como unidades de pretratamiento a los filtros lentos. su uso se aplica cuando la calidad del agua supera las 50unt. esta unidad puede reducir la turbiedad del efluente de los sedimentadores o sustituir a éstos.

requisitos generales.

prefiltros verticales múltiples de flujo descendente.

deberán diseñarse como mínimo dos unidades en paralelo.

la turbiedad del agua cruda o sedimentada del afluente deberá ser inferior a 400 unt.

deberá considerarse como mínimo tres compartimientos con una altura de grava de 0.50 m cada uno.

el diámetro de la grava decreciente será de 4 cm y 1 cm, entre el primer y el último compartimiento. la grava debe ser preferentemente canto rodado.

las tasas de filtración deben variar entre 2 a 24 m³ / (m². d), en razón directa al diámetro de la grava y a la turbiedad del afluente.

la turbiedad del efluente de cada compartimiento se puede determinar por la ecuación:

$$TF = T_o * e^{-(1.15/VF)} \dots\dots\dots (20)$$

dónde: tf = turbiedad efluente (unt)

to = turbiedad afluente (unt)

vf = tasa de filtración (m/h)

debe diseñarse un sistema hidráulico de lavado de cada componente con tasas de 1 a 1.5 m/min. (Empresa Editorial Macro EIRL, 2016)

- RESERVORIO

tipo de reservorio

- apoyado, cuando se ubica sobre el terreno.
- elevado, cuando se ubica sobre estructura de soporte.

objetivos

el reservorio debe cumplir los siguientes objetivos:

- suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución.

- mantener presiones adecuadas en la red de distribución.
- tener agua de reserva en caso se interrumpa la línea de conducción.
- proveer suficiente agua en situaciones de emergencia como incendios.

capacidad

se recomienda el 25% del volumen de abastecimiento máximo diario (qmd).

$$V.almac. = 0.25 * \frac{Qmd * 86400}{1000} \dots\dots\dots (21)$$

materiales de construcción

deben ser de concreto armado.

en reservorios pequeños se puede usar ferro-cemento, hasta un diámetro máximo de 5 m. y altura de 2 m. hasta 5 m³ se puede usar también reservorio de plástico.

forma

se recomienda el diseño circular por presentar la relación más eficiente de área/perímetro.

componentes

el reservorio comprende el tanque de almacenamiento y la caseta de válvulas. el tanque de almacenamiento, debe tener los siguientes accesorios:

tubos de entrada, salida, rebose, limpia y ventilación.

canastilla de protección en tubo de salida.

tubo de paso directo (by – pass) para mantener el servicio durante el mantenimiento del reservorio.

tapa sanitaria y escaleras (externa e interna).

la caseta de válvulas, debe tener los accesorios siguientes:

válvulas para controlar paso directo (by pass), salida, limpia y rebose, pintados de colores diferentes para su fácil identificación.

tapa metálica con seguro para evitar su manipulación por extraños.

ubicación

la ubicación debe garantizar las presiones de diseño en la zona urbana actual y zonas de expansión. el reservorio debe ubicarse lo más próximos a la red de distribución, sobre todo a la zona de mayor consumo. puede darse el caso de requerirse más de un reservorio en caso de dispersión de la población, sobre todo con cotas bastante diferenciadas o varios poblados con un solo sistema de conducción.

la ubicación debe considerar la delimitación de zonas de presión, considerando básicamente las presiones admisibles de 50 mca de presión estática y de 10 mca dinámica en la red de distribución.

tiempo de vaciado del reservorio

se recomienda un tiempo máximo de 4 horas que depende básicamente de la carga hidráulica y diámetro del tubo de salida.

para determinar el tiempo se usa la relación siguiente:

$$T = \frac{2S \sqrt{h}}{CA \sqrt{2g}} \dots\dots\dots (22)$$

donde:

t = tiempo de vaciado en segundos

s = área tanque (m²).

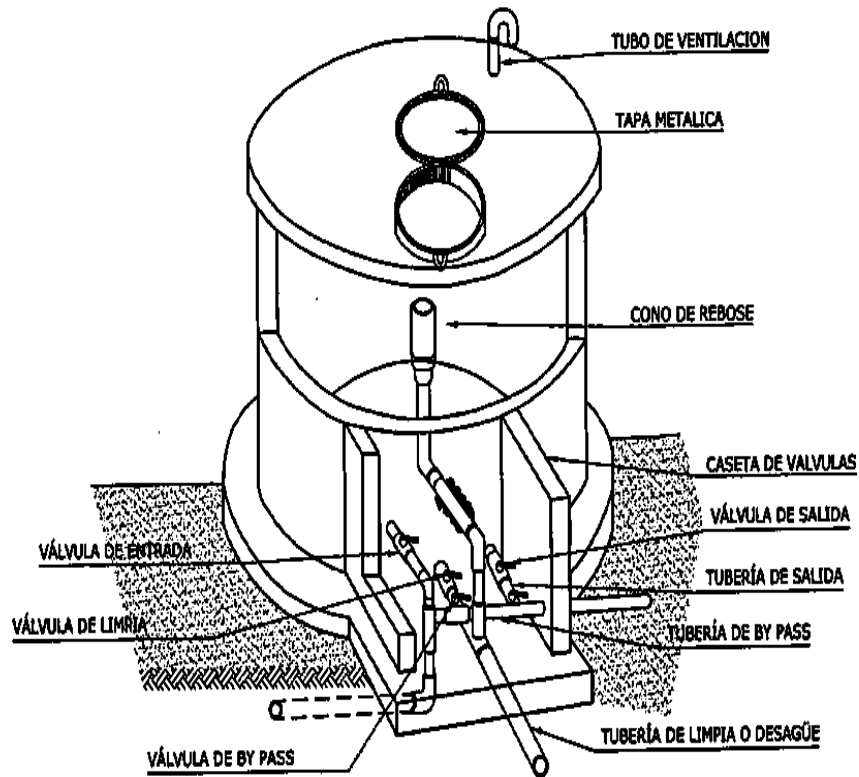
h = carga hidráulica (m).

c = coeficiente (0.6 – 0.65).

a = área tubo desagüe (m²).

g = aceleración gravedad (9.81 m/seg.2).

GRAFICO N° 05: RESERVORIO



- hipoclorito de calcio

el hipoclorito de calcio es comúnmente conocido como cal clorada, aunque también se utiliza como agente blanqueador. su principal aplicación es en el tratamiento de aguas. su función es la de eliminar bacterias, algas, hongos, moho y microorganismos que viven en el agua.

el procedimiento a seguir para el tratamiento y la desinfección de agua para consumo humano, por medio de hipoclorito de calcio (cloro granular), es el que se describe a continuación:

eliminación de la turbiedad del agua:

- si el agua está muy turbia hay que pasar por un filtro, usar un floculante o dejarla sedimentar y luego trasladarla a otro recipiente limpio.

desinfección del agua:

- cuando el agua está clara y en un recipiente limpio; del volumen total a desinfectar debe apartarse una cantidad aproximada de 10% del mismo, en el cual debe disolverse con agitación el peso de hipoclorito de calcio (cloro granulado) que sea necesario dosificar; de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\text{peso de cloro} = \text{volumen de agua} \times \text{dosis de cloro} / \text{concentración del cloro granulado} \times 10$$

- esperar hasta que el residuo inerte producido se asiente en el fondo del recipiente y luego, vaciar la solución madre al volumen total de agua a desinfectar; cuidando que el residuo permanezca asentado en el fondo y no vaya a ser vaciado hacia el agua a desinfectar.
- luego de agregar el cloro, agitar bien el recipiente donde se está haciendo la desinfección para que se disuelva por completo; siempre y cuando el volumen de agua a desinfectar lo permita.
- por último, hay que dejar reposar el agua por 30 minutos, para que el cloro elimine las bacterias presentes.

nunca agregar cloro al agua cuando esta se encuentre turbia.

- desinfección

los desinfectantes tienen diferentes mecanismos de actuación con distinta eficacia, asimismo, la concentración del producto influye en el tiempo de contacto necesario para un tratamiento eficiente.

tiempo de contacto de desinfección

para lograr un tratamiento eficaz, el tiempo de contacto entre el desinfectante y el agua debe ser adecuado, y para ello el sistema de tratamiento tendrá capacidad suficiente para permitirlo. el volumen de los depósitos depende del caudal de agua y del tiempo de contacto requerido por el desinfectante, su relación viene dada por la siguiente ecuación:

$$v = q \times t \dots\dots\dots (23)$$

donde:

q: caudal del agua (l/min).

t: tiempo mínimo de contacto del desinfectante (min).

v: volumen necesario del depósito (l).

el tiempo de contacto se calcula teniendo en cuenta la concentración y el tiempo de contacto mínimo del desinfectante:

$$tc = c \times t \dots\dots\dots (24)$$

donde:

c = concentración del agente desinfectante (mg/l)

t = tiempo mínimo de contacto del desinfectante (min).

tc = tiempo de contacto necesario para la desinfección (mgxmin/l)

- **características físico- química - biológicas del agua**

- **ph:** los microorganismos son capaces de vivir en un intervalo de ph determinado, generalmente medios muy ácidos o muy básicos son ambientes adversos para su supervivencia. de este modo el ph condiciona la eficacia de la desinfección.
- **partículas en suspensión:** su presencia en el agua puede proteger a los patógenos frente a la desinfección.
- **materia orgánica:** la presencia del indicar general, e. coli, hace necesario que se deba tratar, para en forma general se utiliza el hipoclorito de calcio, empleando el método del hipoclorador o por goteo.

temperatura del agua

en general el aumento de temperatura favorece la eficacia de la desinfección, pero la solubilidad de los gases disminuye al subir la temperatura, por lo que el rendimiento de los desinfectantes gaseosos también disminuye.

- **RED DE DISTRIBUCIÓN.**

es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que se instalan para conducir el agua desde el reservorio hasta la toma domiciliaria o piletas públicas.

componentes principales

- **válvula de control.** se coloca en la red de distribución, sirve para regular el caudal del agua por sectores y para realizar la labor de mantenimiento y reparación.
- **válvula de paso.** sirve para controlar o regular la entrada del agua al domicilio y para el mantenimiento y reparación.
- **válvula de purga.** se coloca en los puntos más bajos del terreno que sigue la línea de conducción. sirve para eliminar el barro o arenilla que se acumula en el tramo de la tubería.

además, también podemos encontrar una cámara rompe presión en la red de distribución (tipo 7), cuando se presenta un gran desnivel entre el reservorio y las viviendas. se coloca para disminuir la presión del agua, y en el caso inverso para aumentar la presión del agua dentro de la tubería cuando ésta no es consumida, accionándose el cierre de la boya y permitiendo de esta manera, abastecer de agua a las viviendas de las partes altas. deben estar ubicadas en lugares estratégicos dentro de la línea de distribución para que le permita cumplir con su objetivo.

- **CONEXIONES DOMICILIARIAS**

son las conexiones al domicilio o pileta pública a partir de la red, con los siguientes componentes:

- conexión a la red mediante t o abrazadera.
- tubería de conexión de ½".
- válvula de cierre antes y después del medidor o solo una sin medidor.
- medidor (opcional).

- accesorios y piezas de unión.
- caja de protección.

presiones mínimas y máximas.

las presiones estáticas no serán mayores de 50 mca, por estar diseñadas los grifos domésticos a esas especificaciones. en cualquier punto. y la presión mínima no menor de 3.5 mca. para poder llegar al punto más alto que viene hacer la ducha.

- recomendaciones para operación y mantenimiento

es tarea simple si el filtro está bien diseñado y cuando se dispone de un operador adecuadamente capacitado.

el fundamento es mantener una velocidad constante conservando el nivel de la capa

sobrenadante. por tanto, hay que controlar ingreso (h1) y la salida (h2).

operación inicial

el lecho filtrante debe llenarse en forma ascendente con agua tratada, para expulsar burbujas de aire hasta 10 a 20 cm., por encima del filtro, luego se cierra la válvula de fondo y se prosigue hasta llenar el nivel de diseño.

la “maduración” del filtro puede ser de 1 a 7 días hasta obtener agua de calidad.

limpieza (mantenimiento rutinario)

determinar espesor de capa que se deben extraer, que depende del estado de colmatación de la arena y se establece determinado al porcentaje de sedimento contenido en la arena, que debe tener menor al 5% de sedimento.

esto se realiza hasta 10 cms de la capa superior

determinado el espesor se raspa con palas, luego se rastrilla para darle mayor porosidad y se pasa el emparejador para darle un acabado liso. luego se llena para empezar otro ciclo.

la reposición total del lecho filtrante se hace después de 20 a 30 raspados cuando se llega a un espesor mínimo de 0.70 m.

cada 5 años se recomienda sacar el filtro, lavar el tanque y hacer un llenado nuevo.

1.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

a) periodo de diseño

los periodos de diseño de los diferentes componentes del sistema se determinarán considerando los siguientes factores:

- vida útil de las estructuras y equipos
- grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura
- crecimiento poblacional
- economía de escala

los periodos de diseño máximos recomendables, son los siguientes:

- capacidad de las fuentes de abastecimiento: 20 años
- obras de captación: 20 años
- pozos: 20 años
- plantas de tratamiento de agua de consumo humano, reservorio: 20 años.
- tuberías de conducción, impulsión, distribución: 20 años

b) población de diseño

el proyectista adoptará el criterio más adecuado para determinar la población futura, tomando en cuenta para ello datos censales u otra fuente que refleje el crecimiento poblacional, los que serán debidamente sustentados. deberá proyectarse la población para un periodo de 20 años.

$$p_f = p_0 \cdot (1 + tc \cdot n) \dots\dots\dots (25)$$

donde:

- p_f : población futura
- p_0 : población base
- t_c : tasa de crecimiento
- n : periodo de diseño (años)

c) caudal medio diario (qmd)

$$Qm = \frac{Pd \cdot DMF}{86400} \dots\dots\dots (26)$$

donde:

- q_m = caudal medio diario, l/s
- p_d = población de diseño, hab.
- dmf = dotación promedio, l/hab/día.

TABLA N° 04: Dotacion promedio

nivel de servicio	clima frio (l/hab/día)	clima cálido (l/hab/día)
i a	25	30
i b	50	65
ii a	60	85
ii b	75	100

TABLA N° 05: Nivel de servicio para sistema de abastecimiento de agua.

nivel	sistema	descripción
0	ap de	sistemas individuales, diseñar de acuerdo a las disposiciones técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
i a	ap de	grifos públicos. letrinas sin arrastre de agua
i b	ap de	grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. letrinas sin arrastre de agua
ii a	ap de	conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. letrinas sin arrastre de agua
ii b	ap drl	conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. sistema de alcantarillado sanitario.

d) caudal máximo diario (qmd)

$$Qmd = Kmd * Qm$$

dónde:

qmd : caudal máximo diario, l/s.

kmd : factor de mayor ración máximo diario.

qm : caudal medio diario, l/s.

el factor máximo diario (kmd) tiene un valor de 1.3, para todos los niveles de servicio. por tanto, el caudal máximo diario será:

$$Qmd = 1.3 * Qm \dots\dots\dots (27)$$

e) caudal máximo horario (qmh)

$$Q_{mh} = K_{mh} * Q_m$$

dónde:

qmh : caudal máximo horario, l/s.

kmh : factor máximo horario.

qmd : caudal medio, l/s.

el factor máximo horario (kmh) tiene un valor de 2, para todos los niveles de servicio. por tanto, el caudal máximo horario será:

$$Q_{mh} = 2 * Q_m \dots\dots\dots (28)$$

como la captación depende del tipo de fuente y de la calidad y cantidad de agua, el diseño de cada estructura tendrá características típicas.

cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constará de tres partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control. el compartimiento de protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión del área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara y de aquietamiento de algún material en suspensión. la cámara húmeda tiene una canastilla de salida para conducir el agua requerida y un cono de rebose para eliminar el exceso de producción de la fuente.

si se considera como fuente de agua un manantial de fondo y concentrado, la estructura de captación podrá reducirse a una cámara sin fondo que rodee el punto donde el agua brota. constará de dos partes: la primera, la cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; la segunda, una cámara seca que

sirve para proteger las válvulas de control de salida y desagüe. la cámara húmeda estará provista de una canastilla de salida y tuberías de rebose y limpia.

si existen manantiales cercanos unos a otros, se podrá construir varias cámaras de las que partan tubos o galerías hacia una cámara de recolección de donde se inicie la línea de conducción. adyacente a la cámara colectora se considera la construcción de la cámara seca cuya función es la de proteger la válvula de salida de agua.

- **filtración (filtro lento)**

es el proceso de purificación, mediante el cual se elimina del agua la materia en suspensión y tiene como principal objetivo la eliminación de los microorganismos que lograron pasar el proceso de sedimentación.

- **lecho filtrante**

- diámetro efectivo: 0.15 mm a 0.35 mm
- diámetro mínimo para aguas claras con alto contenido bacteriológico: 0.10 mm
- diámetro mínimo para agua turbia 0.40 mm

TABLA N° 06: tamaño de la arena y grava en los filtros lentos

Camada	Tipo	Diámetro de partícula (mm)	Espesor de la camada (mm)
Superior	Arena Gruesa	1 - 2	50
Segunda	Gravilla fina	2 - 5	50
Tercera	Gravilla	5 - 10	50
Inferior	Grava	10 - 25	150

beneficios:

- reducción de bacterias hasta en un 95%.
- reducción de color hasta en un 30%.
- reducción de la turbidez.
- reducción satisfactoria de olor y sabor.

control y mantenimiento de filtro.

para asegurar un tratamiento correcto hay que realizar una serie de actividades:

- evitar turbulencias y agitación de la arena en el llenado del filtro.
- evitar la dispersión de sólidos manteniendo una adecuada coagulación.
- controlar la turbidez y el color.
- evitar la pérdida de carga en el efluente del filtro.
- mantener el filtro limpio. se realizará el lavado cuando el filtro pierda la máxima carga permitida o cuando la calidad del agua alcance los límites mínimos permitidos por la legislación. para la limpieza de los filtros, se debe retirar la capa de arena colmatada o lavar el filtro con agua a presión mediante flujo inverso.
- controlar la altura del agua sobre lecho, que puede ser variable o constante, pero en ningún momento debe trabajar en seco.
- controlar la velocidad de filtración.
- filtros lentos. es necesario que el filtro se use de forma continua y con una velocidad de filtración constante para que no pierda eficacia. esta velocidad se puede medir a la entrada (sistema recomendado) mediante un orificio o vertedero que deje pasar un caudal constante, o a la salida donde la altura del agua se utiliza para controlar el caudal.

- filtros rápidos. la velocidad de filtración depende de la calidad del agua y del método de filtración, y debe garantizar la eficiencia del proceso.

dimensionamiento.

- **caudal de diseño.**

para el diseño del filtro lento el caudal de diseño es igual al caudal máximo diario.

- **número de unidades de filtros.**

se considera como mínimo dos unidades de filtración.

- **área superficial (as)**

$$As = \frac{q}{N \cdot v_f} \dots\dots\dots (29)$$

donde:

$$as = m^2$$

v_f = velocidad de filtración (m/h)

n = número de unidades.

q = caudal de diseño (m³/h)

- **coeficiente de mínimo costo (k)**

$$k = (2n)/(n+1) \dots\dots\dots (30)$$

- **longitud de unidad.**

$$l = (as \cdot k)^{1/2} \dots\dots\dots (31)$$

- **ancho de unidad.**

$$b = (as/k)^{1/2} \dots\dots\dots (32)$$

- **velocidad de filtración real (vfr).**

$$vfr = q/(2 \cdot a \cdot b) \dots\dots\dots (33)$$

CAPITULO II.- MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 materiales

softwares utilizados

los softwares se utilizaron para poder facilitar el trabajo de la elaboración de la tesis, y fueron los siguientes:

- microsoft word 2016: en redacción de tesis.
- microsoft excel 2016: en la elaboración de tablas de datos.
- autocad 2016: en la elaboración de dibujos.
- conductímetro: en la determinación del tiempo de filtración.
- wincha de mano.

localidad

la presente investigación se desarrollará al sistema de agua potable de la localidad de Cocachimba, como se indica en la siguiente ubicación geográfica:

localidad : Cocachimba.

distrito : Valera

provincia : Bongará

departamento : amazonas.

GRAFICO 10: mapa del Perú.



GRAFICO 07: provincia de bongará y sus distritos

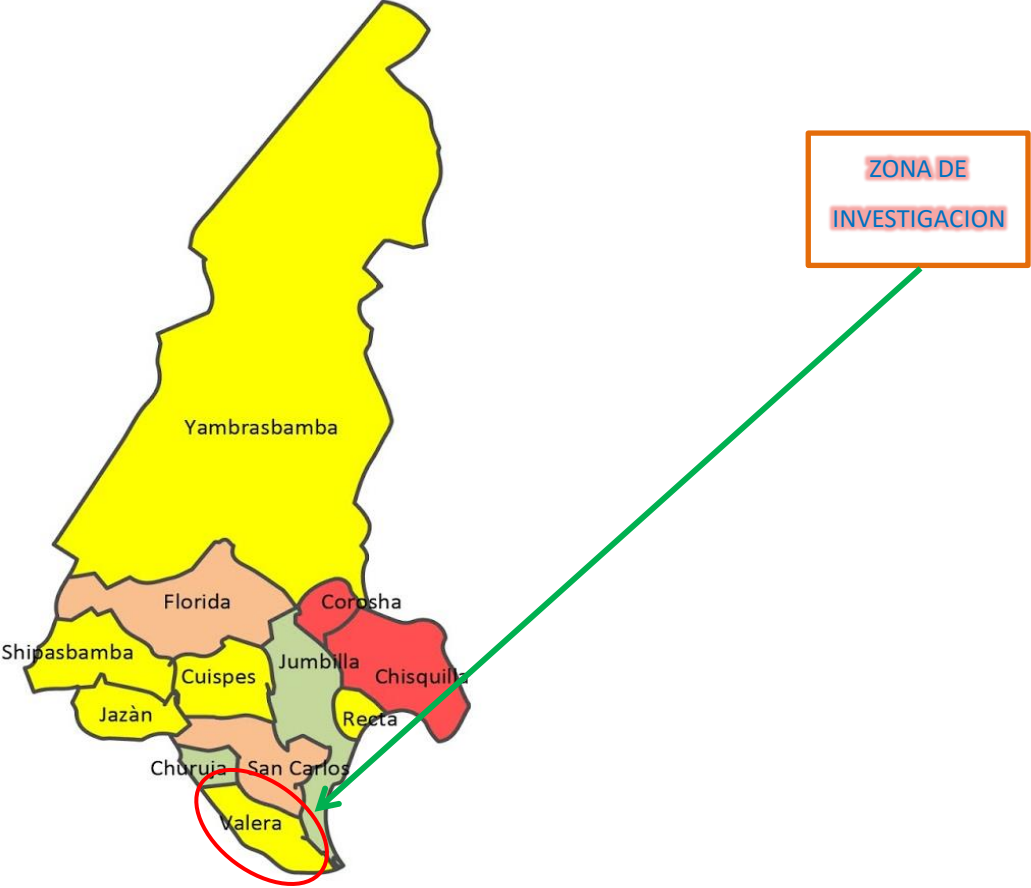


FOTO N° 01: localidad de cocachimba



GRAFICO 08: ubicación de la investigación



tiempo o época de investigación:

la época en la que se hizo esta investigación, fue en estiaje, ya que es el periodo, en el que se manifiesta mayor problema para los usuarios, en el servicio de abastecimiento de agua potable, además de contar con poco tiempo para realizar este trabajo.

3.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO

procedimiento para el desarrollo de la investigación.

se procedió a reconocer todo el sistema de abastecimiento, luego se calculó el caudal de diseño, sabiendo la población servida.

captación.

se realizó la medición del caudal de la fuente. luego se procedió a medir la estructura, para poder determinar el volumen de la captación. para luego poder evaluar con la fórmula 4, si son las medidas correctas para poder resepcionar el volumen suficiente, para el sistema.

**FOTO N° 02: vista de captacion con aletas y vista de la camara
humeda
conducción.**

conociendo el caudal de diseño, y las velocidades mínimas y máximas para la red de conducción, se procedió a calcular los diámetros mínimos y máximos de la tubería, con la fórmula 12. luego se determinó el desnivel que existe entre la captación y la planta de tratamiento, para calcular el número adecuado de cámaras rompe presión que debe de existir.



FOTO N° 03: vista panorámica de todo el recorrido de la línea de conducción.



sedimentador.

se procedió a determinar el tiempo de sedimentación, vertiendo la solución de sal al agua, y con el conductímetro se realizó la determinación del tiempo, luego se obtuvo la velocidad de sedimentación con la fórmula 4. posteriormente se procedió a determinar el área del sedimentador con la fórmula 15. se evaluó el resultado obtenido con las mediciones que se realizó en campo a la estructura.

FOTO N° 04: realizando las medidas del sedimentador



FOTO N° 5: mezclando la sal con el agua.



FOTO N° 6: vista del conductímetro



ALMACENAMIENTO.

se calculó el volumen necesario que debe de tener para poder satisfacer la demanda de toda la población del anexo de cocachimba, para ello se utilizó la formula n° 21.

FOTO N° 7: vista superior del reservorio de concreto armado.



DISTRIBUCIÓN.

se procedió al cálculo de las presiones y a los diámetros con las formulas 2 y 12 respectivamente.

FOTO N° 8: vista de la presión de agua que llega a los grifos domésticos.



CAPITULO IV.- ANALISIS, DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y PROPUESTA.

4.1. RESULTADOS.

CUADRO N° 07: Resumen de resultados

estructura	medidas de campo	medidas obtenidas	eficiencia
Captación	lado = 0.45 m	volumen = 0.14 m ³	75%
	alto = 0.65 m		
	volumen = 0.13 m ³		
red de conduccion	∅ min. = 1" c - 10	∅ min. = ½" c - 10	55%
	∅ max. = 4" c - 10	∅ max. = 2" c - 10	
	desnivel = 271	desnivel = 271	
	n° de crp-t6 = 4	n° de crp-t6 = 5	
sedimentador	tiempo = 2 h min.	tiempo = 2.2 horas	100%
desinfeccion	no cuenta	-	0%
reservorio	volumen = 14.5 m ³	volumen = 13.37 m ³	100%
distribución	∅ min. = ¾"	∅ min. = ½"	70%
	∅ max. = 2"	∅ max. = 1 ½"	
eficiencia tecnica del sistema (regular eficiencia)			66.7%

captación.

la captación es de orden **75 % (regular eficiencia)** por estar en buen estado, pero no contar con la estructura adecuada según la fuente de captación que se encuentra.

casi en todas las zonas rurales se hace de este tipo de captaciones como si fueran para manantiales de canto, sin embargo, son manantiales de fondo.

conducción.

la red de conducción se encuentra en un orden **55 % (regular eficiencia)**, por contar con un diámetro de tubería adecuada, pero con una distribución de cámaras rompe presión, estáticamente mal distribuidas, por lo que puede tener problemas en la presión en tuberías.

sedimentador.

el sedimentador se encuentra en un orden **100 % (eficiente)** por encontrarse en buen estado y cumple su función adecuadamente.

prefiltro.

el prefiltro se encuentra en un orden **25 % (semi eficiente)** por lo que estructuralmente se encuentra en buen estado, pero no está cumpliendo su función hidráulicamente bien.

almacenamiento.

el almacenamiento se encuentra en un orden **100 % (eficiente)**.

distribución.

la distribución se encuentra en un orden **70 % (regular eficiencia)**.

desinfección.

la desinfección se encuentra en un orden **0 % (ineficiente)** por lo que la no está activa la desinfección del agua.

4.2. propuesta de mejora para el sistema actual.

4.2.1. parametros de diseño.

- ↪ periodo de diseño: 20 años
- ↪ población de diseño: 180 habitantes.
- ↪ caudal medio diario: 0.5 lts/s.
- ↪ caudal máximo diario: 0.6 lts/s.
- ↪ caudal máximo horario: 0.9 lts/s.

4.2.2. propuesta

a) captación.

la tubería de 4", proveniente del manantial de fondo debe de ir a desfogar en la cámara húmeda, para evitar la contaminación que está teniendo actualmente, y no de la forma que se encuentra actualmente desfogando antes de la cámara húmeda y después a través de tres tubos de 2" el agua entra a la cámara húmeda.

el cerco perimétrico, se debe de mejorar para poder tener una restricción de paso de personas y animales.

se debe de cambiar las tapas de la cámara húmeda y de la caja de válvulas de control, también se debe de poner candados para evitar la manipulación de personas ajenas a la jass.

b) línea de conducción.

se debe de colocar una cámara rompe presión más por encontrarse muy distantes las cuatro que hay actualmente, se verifico los desniveles desde la captación hasta la planta de tratamiento y se obtuvo 275 mts. de desnivel.

c) cámaras rompe presión.

se debe de cambiar las tapas, por encontrarse en mal estado. se debe de poner tapas con candados para evitar la manipulación de las personas ajenas a la operación del sistema.

d) planta de tratamiento.

se recomienda adecuar el pre filtro a un filtro lento, por contar con una adecuada estructura para un filtro lento. se debe de sacar la grava y se debe de poner las capas adecuadas de material para un filtro lento.

e) desinfección.

se debe de implementar el sistema que esta inoperativo, para poder brindar un agua potable.

f) conexiones domiciliarias.

se recomienda, implementar medidores a cada una de las viviendas, para que cada poblador valore el recurso hídrico y no lo esté dando un mal uso, como lo vienen haciendo hasta la actualidad, y también poder tener una mejor distribución del agua para la parte alta que son las que sufren, teniendo agua potable por horas.

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ↪ el sistema es de regular eficiencia **(66.7 %)** según lo analizado por cada estructura del sistema de agua potable de cocachimba.
- ↪ la calidad de agua es mala por no contar con ningún tipo de desinfección.

5.2 RECOMENDACIONES.

- ↪ desinfectar el agua por clarificación por goteo, en el reservorio, para obtener un agua pura.
- ↪ sectorizar la red de distribución, para un mejor control de la jass, y de esa forma evitar el mal uso del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- álvarez de sotomayor gragera, p. (2010).** *tesis doctoral: sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. variable que influyen en la cloración.* granada: universidad de granada.
- comisión nacional del agua. (2012).** *manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistema de agua potable.* tlapan, méxico: secretaría de medio ambiente y recursos naturales.
- empresa editorial macro eirl. (2016).** *reglamento nacional de edificaciones* (vol. octava edicion). lima: macro.
- ercilio moura, d., rodriguez chávez, a., cabel noblecilla, i., ortiz sánchez, d., noriega torero, e., & tejada gamarra, d. (2005).** *desafíos del derecho humano al agua en el Perú.* lima: julio acuña velásquez.
- felices, a. r. (1996).** *hidraulica de tuberias y canales.* mexico: prentice-hall hispanoamericana.
- jiménez terán, j. m. (2011).** *manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.* veracruz: universidad veracruzana.
- lossio aricoché, m. m. (abril de 2012).** sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de lancones. *facultad de ingeniería - unp.*
- ministerio de vivienda, c. y. (setiembre de 2004).** parametros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales. *gobierno del Perú, 8;9;10;11;12;13.*
- pittman, r. a. (1997).** *agua potable para poblaciones rurales sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.* lima, Perú: asociacion servicios educativos rurales (ser).
- salud, o. p. (2004).** *guía para el diseño y construcción de captación de manantiales .* lima: organización mundial de la salud.

ANEXOS.

PANEL FOTOGRÁFICO.

FOTO N° 9: vista del alcalde del distrito de Valera junto al investigador en la planta de tratamiento



FOTO N° 10: vista de la entrada al filtro lento



FOTO N° 11: vista de la parte interna del reservorio



FOTO N° 12: vista de la parte superior del reservorio



FOTO N° 13: vista panorámica de la planta de tratamiento



FOTO N° 14: vista del crp-t7



FOTO N° 15: vista de la captación



FOTO N° 16: realizando trabajo de campo.



FOTO N° 17: realizando la visita al manantial de fondo.



FOTO N° 18: vista de la captación.



FOTO N° 19: pase aéreo



FOTO N° 20: material utilizado en el filtro lento



FOTO N° 21: verificando el filtro lento



FOTO N° 22: determinando el tiempo de filtración en el filtro lento



FOTO N° 23: mezclando la sal con el agua para realizar la medida de la conductibilidad en el agua.

