



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL, CANTÓN OTAVALO”**

AUTORA:

Sandy Gabriela De La Cruz Bautista

DIRECTOR:

Msc. Santiago Cabrera

ASESORES:

Ing. Jorge Granja

Ing. Elizabeth Velarde

Ing. Iván Vaca

IBARRA ECUADOR

2018

Lugar de Investigación: Comunidad Pijal- Otavalo

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: De La Cruz Bautista

NOMBRES: Sandy Gabriela

C. CIUDADANÍA: 100404993-6

TELÉFONO CELULAR: 0990511992

CORREO ELECTRÓNICO: gabylu1291@gmail.com

DIRECCIÓN: González Suárez/ Otavalo/ Imbabura

FECHA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO: 03 de diciembre de 2018

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 30 de noviembre de 2018

Sandy Gabriela De La Cruz Bautista “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL, CANTÓN OTAVALO” / TRABAJO DE GRADO/ Ingeniera en Recursos Naturales Renovables / Universidad Técnica del Norte/ Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, 30 de noviembre de 2018. 16 páginas.

DIRECTOR: Ing. Santiago Cabrera Msc.

El objetivo general de la presente investigación fue: Evaluar el sistema de tratamiento y distribución de agua para consumo humano de la comunidad de pijal, cantón Otavalo. Los objetivos específicos fueron: 1) Realizar el análisis de las condiciones actuales del sistema de tratamiento y distribución de agua para consumo humano de la comunidad de Pijal y la demanda poblacional. 2) Determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, en la captación, al ingreso y salida del sistema de tratamiento, tanque reserva y domicilios. 3) Elaborar un plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución.

Ibarra 30 de noviembre de 2018



Ing. Santiago Cabrera Msc
DIRECTOR DE TESIS



Sandy Gabriela De La Cruz Bautista
AUTORA

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE PIJAL, CANTÓN OTAVALO

Sandy De La Cruz, Santiago Cabrera
Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Av. 17 de julio 5-21 y José Córdova,
Ibarra-Ecuador

*Autores correspondientes: e-mail: gabylu1291@gmail.com

RESUMEN

El agua es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de las sociedades y en las comunidades rurales del Ecuador el acceso es limitado. En la comunidad de Pijal del Cantón Otavalo la incidencia de enfermedades gastrointestinales y de la piel es atribuible a la calidad del agua que consumen.

Para este estudio se realizó la evaluación del estado actual de las estructuras de la captación, el sistema de tratamiento y la red de tuberías, mediante el análisis de vulnerabilidad de redes vitales. Además de la determinación de la cantidad y calidad agua. La red de agua de Pijal, presenta una vulnerabilidad baja en cuanto al funcionamiento y estructura, sin embargo existen cambios que se deben realizar en la planta de tratamiento principalmente de las piscinas de filtración, en el área de captación y en la red de distribución, para mejorar su funcionamiento. Con base a los resultados obtenidos se propone el Plan de

Mejoramiento y Aprovechamiento para el uso adecuado del sistema

Palabras clave: Agua de consumo, calidad de agua, tratamiento de agua.

ABSTRACT

Water is one of the fundamental pillars for the development of societies. In Ecuador the access in rural communities is limited. In Pijal-Otavalo, the incidence of gastrointestinal and skin diseases is attributable to the quality of the water that they use.

For this study has been made the evaluation of the current state of the catchment structures, the treatment system and the pipe network, through the vulnerability analysis of vital networks. Also it has been the determinate of water quantity and quality. The water network of Pijal, presents a low vulnerability in terms of operation and structure, however there are changes that must be made in the treatment plant mainly of the filtration pools, in the catchment area and in the distribution network, to improve its operation. Based on

the results obtained, it was propose the Improvement and Use Plan for the appropriate use of the system.

INTRODUCCIÓN

El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, teniendo un impacto en la mayoría de los aspectos de la vida. Por otra parte constituye un recurso limitado, vulnerable y escaso, sumado a esto el inadecuado manejo de los recursos, ha originado crisis por el uso del agua. (Ki-moon, 2010). Es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad. De acuerdo Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (2016) en las áreas rurales del Ecuador un 43.6 % de la población carece de agua completamente potable para su consumo.

La Comunidad de Pijal carece de un adecuado sistema de tratamiento de agua potable y los habitantes se han visto obligados a consumir agua de mala calidad, evidenciándose la proliferación de enfermedades gastrointestinales y de la piel (PDOT González Suárez, 2015). La comunidad gracias a los denominados “Proyectos de rápido Impacto” realizados por las autoridades encargadas del Proyecto Pesillo Imbabura, a manera de compensación por la demora de dicho

Key words: Drinking water, water treatment, water quality.

proyecto, cuenta desde hace 2 años con la infraestructura para realizar el tratamiento básico del agua, sin embargo al no haberse realizado una capacitación para su uso adecuado, al momento este se encuentra inhabilitado (Roldán, 2012).

El agua que necesita una persona tanto para su uso personal como doméstico debe ser salubre, es decir, estar libre de microorganismos, sustancias químicas que constituyan un peligro para la salud, un agua potable segura y un saneamiento adecuado son importantes para la reducción de la pobreza, para un desarrollo sostenible y para lograr todos los Objetivos de Desarrollo del Milenio. (Ki-moon, 2010)

El presente estudio plantea un análisis del sistema de tratamiento y la red de distribución de la comunidad de Pijal además de análisis del agua desde su origen en las vertientes hasta los hogares. Este análisis es importante para determinar la calidad y cantidad existente, caracterizar qué tipo de contaminantes están causando los problemas, para poder recomendar medidas de mitigación. Teniendo como objeto mejorar la calidad del agua de consumo para la comunidad, considerando de una parte las expectativas e intereses de

los usuarios, el aporte técnico para mejorar la cobertura, continuidad, cantidad y calidad del suministro de agua y por otra parte las relaciones del sistema de

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar las condiciones actuales del sistema de agua se realizó una auditoría de cada uno de los componentes, empleando la información de la implementación de las estructuras y realizando recorridos de verificación en campo en conjunto con el personal encargado del manejo y administración.

Además se empleó la metodología de análisis de vulnerabilidad de redes vitales asignando una ponderación en base a las fichas propuesta por la SNGR, 2012, tomando en cuenta la funcionalidad y estructura.

Se identificó las fuentes de abastecimiento y mediante la aplicación de entrevistas se determinó las condiciones sociales de la comunidad, y se realizó el cálculo del crecimiento poblacional y la demanda de agua.

En cuanto a la calidad del agua se realizaron tomas de muestras durante los meses de noviembre, diciembre y enero, en 4 puntos a lo largo del sistema de agua, captación, entrada de la planta de

tratamiento y distribución de agua con los ecosistemas que existen en la zona, para que de esta manera se logre un impacto positivo sobre el ambiente.

tratamiento, salida de la planta de tratamiento, tanques de almacenamiento y una adicional en domicilios. Las muestras fueron enviadas a un laboratorio autorizado, para realizar análisis físico-químicos y microbiológicos, los resultados se analizaron con el fin de corroborar si cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana para aguas de consumo humano.

Se planteó a la comunidad la problemática evidenciada en el sistema tanto en su estructura como en la calidad del agua que consume la población y mediante talleres participativos se propuso acciones que permitan el mejorar el manejo y aprovechamiento del mismo. Se propuso programas y proyectos enfocados en la mejora de la infraestructura, mantenimiento y administración, además de la conservación y recuperación de fuentes de agua.

RESULTADOS

Evaluación de las condiciones las condiciones físicas del sistema de agua

Captaciones y fuentes de agua: Las fuentes de agua son comunes para los sistemas que conforman este grupo: San

Agustín de Cajas, Eugenio Espejo de Cajas, Cajas Jurídica, y las Asociaciones Atahualpa, Rumiñahui y Pijal, pues se abastecen de las captaciones de Yanahurco y Sigsicucho, que están ubicadas sobre los 3500 msnm en la cabecera alta de la quebrada Sigsicucho, en las estribaciones del cerro Yanahurco y provienen de afloramientos de la Laguna de Mojanda.

Auditoría de las condiciones del sistema de agua

Captación: Se realizó una descripción y caracterización detalla, de todos los componentes del sistema el cual cuenta exteriormente con un cerramiento de alambre con una puerta de malla la cual se encuentra en desuso, además se pudo observar que un tramo alambre se encuentra mal colocado lo cual permite un libre acceso a esta área y no existe un tanque desarenador adecuado, se encuentran colocadas piedras a modo de filtro de las cuales no se realiza un mantenimiento adecuado.

Línea de conducción: Las tuberías de conducción y transmisión están conformadas por tuberías de PVC-P en diámetros que van desde 32 mm a 90 mm, tubería de hierro galvanizado de 2.00”, y en manguera de polietileno de 1.50”, las cuales conectan las obras de captación, tanques de recolección, estructura de repartición,

tanques rompe presión, válvulas de aire, válvulas de desagüe, y el paso de quebrada de 20 m de longitud; con las reservas correspondientes a la comunidad de Pijal

Planta de tratamiento para remoción de turbiedad: Conforme a la evaluación y diseños del sistema realizado en el año 2008, el agua distribuida no cuenta con un tratamiento adecuado, tan solo cuenta con desarenador en la línea de conducción con una tasa superior a 300 m³/m²/d, lo cual genera el paso de materia en suspensión, a lo expuesto se suma la falta de desinfección de las aguas antes de su distribución; por ello se ha previsto la inclusión de un sedimentador y filtros lentos para remover la turbiedad que se genera con las lluvias, así mismo se ha considerado la rehabilitación de las unidades de desinfección sobre cada una de las reservas existentes.

Tanques de reserva: En relación con las reservas de agua potable de manera general se puede indicar que los tanques de reserva se construidos para cada una de las comunidades que conforman el sistema, tienen capacidad para cubrir las demandas actuales y futuras en función del consumo horario previsto. El volumen de reserva en las Asociaciones Atahualpa y Rumiñahui tiene un volumen estimado de 20 m³ cada una, y están compuestas por estructuras de

hormigón armado en buenas condiciones con una vida útil remanente de 20 años.

Desinfección: Se dispone de casetas de cloración en las unidades de reserva, y la falta de desinfección se debe generalmente al desabastecimiento de hipoclorito.

Red de distribución y conexiones domiciliarias: En las Asociaciones Atahualpa, Rumiñahui y Pijal se han realizado los cambios de tuberías en el año 2003, estas redes se verificarán su capacidad y funcionamiento hidráulico para la demanda futura, además se debe indicar que en estas comunidades no se realizaron ensayos de micro medición de presiones de servicio. Las conexiones domiciliarias instaladas en cada una de las comunidades tiene una cobertura del 90 % de la población. Y los cambios propuestos en cuanto a las tuberías en los sectores de Rumiñahui y Pijal alto se realizaron con éxito en el año 2012.

Vulnerabilidad de la red vital de agua

La red de agua de la comunidad de Pijal atraviesa una zona de riesgo sísmico y de deslizamiento debido a que la parte inicial de dicha red atraviesa por las estribaciones del cerro Mojanda. La vulnerabilidad de la red de agua se analiza en 3 sistemas; captación, planta de tratamiento, red de distribución, de los cuales se hace el

análisis de vulnerabilidad física y funcional. Mediante las tablas 1, 2, 3, 4.

Tabla 1 vulnerabilidad física, sistema de captación

VULNERABILIDAD FISICA- CAPTACION				
	VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRINSECA	DESCRIPCION	INDICADOR	VALOR
FACTOR DE VULNERABILIDAD	Estado Actual	El sistema se encuentra en buen estado y cumple con las exigencias técnicas.	Buena	0
	Antigüedad	El sistema es antiguo, cuya construcción original sobrepasó los 25 años por lo cual fue reemplazado en el año 2003 a partir de lo cual no se han realizado cambios en la estructura	0 a 25 años	0
	Mantenimiento	No existe un plan específico de mantenimiento, éste se lo realiza si es necesario, especialmente si existen crecidas y hay arrastre de sedimentos	Esporádico	5
	Material de construcción	La estructura está constituida en hormigón armado provista de rejilla de fondo, el tamaño es suficiente para el caudal actual de 5 l/s	Hormigón armado	1
	Estándares de diseño	El sistema cumple medianamente con el Código de Práctica Ecuatoriano (C.P.E). Diseño de instalaciones sanitarias; Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	Entre IEOS y Norma local INEN 5	1
	TOTAL			

El sistema de captación presenta un valor de calificación de 7 lo cual representa vulnerabilidad baja, sin embargo se debe tomar en cuenta que el mantenimiento esporádico es el principal problema que este sistema presenta, ocasionando mal funcionamiento.

Tabla 2 Vulnerabilidad física sistema de tratamiento

VULNERABILIDAD FISICA				
	VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRINSECA	DESCRIPCION	INDICADOR	VALOR
FACTOR DE VULNERABILIDAD	Estado Actual	El sistema se encuentra en buen estado, sin embargo no cumple con las exigencias técnicas.	Buena	0
	Antigüedad	El sistema original fue construido en el año 2008 y se construyeron piscinas nuevas de filtración en el año 2012.	0 a 25 años	0
	Mantenimiento	No existe un plan específico de mantenimiento y limpieza.	Esporádico	5
	Material de construcción	La estructura de construcción es de hormigón armado en su totalidad	Hormigón armado	0
	Estándares de diseño	El sistema cumple medianamente con el Código de Práctica Ecuatoriano (C.P.E). Diseño de instalaciones sanitarias; Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	Entre IEOS y Norma local INEN 5	1
	TOTAL			

De igual manera el sistema de tratamiento presenta un valor de vulnerabilidad baja con una calificación de 6, pese a su estructura de construcción en buen estado se observó que existen modificaciones que realizar para mejorar el funcionamiento, además es imperativo la mejora en el mantenimiento, el cual al ser esporádico ocasiona fallas en el funcionamiento y por ende el agua a ser distribuida no cumple con los estándares de calidad.

Tabla 3 Vulnerabilidad física sistema de distribución

VULNERABILIDAD FISICA			
VARIABLE DE VULNERABILIDAD INTRINSECA	DESCRIPCION	INDICADOR	VALOR
Estado Actual	El sistema se encuentra en buen estado y cumple con las exigencias técnicas.	Bueno	0
Antigüedad	El sistema es antiguo, cuya construcción original sobrepasó los 25 años por lo cual fue reemplazado en el año 2003 a partir de lo cual no se han realizado cambios en la estructura. El tramo (L3) comprendido entre el tanque repartidor de caudales 1 (REP-1), y el tanque repartidor de caudales 4 (REP-4), conformado por 957 m de tubería PVC-P de 63 mm debe ser reemplazado, pues constituye un ramal antiguo (30 años) en el cual sus tanques rompe presión están sin operar por falta de accesorios y no tienen posibilidad de rehabilitación.	25- 50 años	10
Mantenimiento	No existe un plan específico de mantenimiento, éste se lo realiza si es necesario, especialmente si existen rupturas o daños.	Esporádico	5
Material de construcción	Las tuberías de conducción y transmisión están conformadas por tuberías de PVC-P en diámetro que van desde 32 mm a 90 mm, tubería de hierro galvanizado de 2.00", y en manguera de polietileno de 1.50"	PVC	0
Estándares de diseño	El sistema cumple medianamente con el Código de Práctica Ecuatoriano (C.P.E). Diseño de instalaciones sanitarias; Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural	Entre IEOS y Norma local INEN 5	1
TOTAL			15

El sistema de distribución acumula una calificación de 15 lo cual denota una vulnerabilidad media, el principal punto a considerar es el año de construcción que supera los 25 años, esto corresponde a un

tramo de tubería de 957 metros del ramal antiguo que debe ser reemplazado.

Tabla 4 Vulnerabilidad funcional del sistema

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION	INDICADOR	VALOR
Cobertura de servicio	Según la información proporcionada por la junta de agua de la comunidad de Pijal la cobertura de la red de agua entubada es del 100% de las viviendas	>80%	1
Dependencia	La red de agua de la comunidad de Pijal para su funcionamiento depende únicamente de productos químicos para su potabilización	Con dependencia	2
Redundancia (alternativas de funcionamiento)	Esta red no presenta alternativas de redundancia en los sistemas de captación y tratamiento; en el sistema de distribución existe una serie de llaves que ayudan a controlar del flujo del agua y que en situaciones de emergencia podrían ayudar a crear una redundancia en el servicio.	Un sistema	1
Capacidad de intervención	La Junta de agua de la comunidad de Pijal, si posee personal suficiente para una adecuada intervención y mantenimiento continuo de las redes, sin embargo presenta deficiencia por la falta de un equipamiento completo para el manejo integral de la red.	Personal calificado sin equipamiento	2
TOTAL		Vulnerabilidad BAJA	6

La red de agua acumula una calificación de 6 con lo cual muestra vulnerabilidad funcional baja, los valores de ponderación más altos se presentan en cuanto a la dependencia y la capacidad de intervención, debido a que depende de elementos como productos químicos para su tratamiento. La red de agua de Pijal cuenta con el personal suficiente para una adecuada intervención y mantenimiento continuo de las redes, sin embargo presenta deficiencia por la falta de un equipamiento completo para el manejo integral de la red.

Crecimiento poblacional

La información sobre el número de habitantes de la comunidad proporcionada por la junta de Agua de Pijal Alto y los datos de crecimiento poblacional de la parroquia calcula la tasa de crecimiento poblacional que se considerará para el cálculo de la demanda. Para estimar el índice de crecimiento se aplicó el método de crecimiento geométrico.

La ecuación que se aplica es la misma de interés compuesto, es decir:

$$Pf = Pa (1+i)^n$$

Dónde:

Pf: población futura

Pa= población actual

i = índice de crecimiento 0.063 obtenido de PDTO GADPR de González Suárez

n= periodo en años 25

$$Pf= 1005(1.063)^{25} = 4623$$

A partir de la aplicación de la fórmula se realizó el cálculo del crecimiento por sectores, cuyos resultados se detallan en la tabla 5.

Tabla 5 Crecimiento poblacional, comunidad Pijal

Sector	Nº Familias año 2018	Nº Habitantes año 2018	Crecimiento a 25 años
ATAHUALPA	55	165	759
RUMINAHUI	13	39	179,4
SAN PEDRO	73	219	1007,4
PIJAL ALTO	90	270	1242
YAKURUMI	30	90	414
LECHONPAMBA	23	69	317,4
CENTRO PIJAL	19	57	262,2
PADRE RUMI	11	33	151,8
SIXIPATA	17	51	234,6
VISARREA	4	12	55,2
TOTAL	335	1005	4623

A partir de los datos del crecimiento poblacional se procede a calcular la demanda de agua por día con la dotación actual de agua que corresponde a 1,5 l/s, los resultados obtenidos se detallan en la tabla 6. Siendo la demanda a 25 años insuficiente para la cantidad de habitantes, tomando en cuenta esto, la junta de agua ha tomado la decisión de no ingresar más usuarios al abastecimiento de esta fuente, para aquellas nuevas familias se les asignará agua de una nueva captación en el cerro Cusin.

Tabla 6 Demanda de agua

Total de beneficiarios	Dotación de agua (l/s)	Demanda a 25 años l/s
1005	1,5	77,075

Determinación de la Calidad de agua

En cuanto a las características físicas químicas los resultados de los análisis demuestran que los valores se encuentran

dentro de los límites permisibles de la norma INEN1108, con ligeras variaciones de valor, los fosfatos presentan más variación como se observa en la tabla 7.

Tabla 7 resultados de fosfatos en el agua

FOSFATOS (mg/l)	Muestras			Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	0	0,4	0,05	0,3
EPT	0,69 [°]	0,64 [°]	0,15	
SPT	0,03	0,05	0,18	
TR	0,05	0,33 [°]	0,2	
D	0,43 [°]	0,14	0,1	

[°] cambios en los valores fuera de los límites permisibles

El aumento del crecimiento de las algas, que en el peor de los casos puede llevar a la eutrofización de las aguas superficiales, es consecuencia de unas altas concentraciones de fosfato. Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 g de fosfato-fósforo (PO₄-P) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas (Pütz, 2008).

Para la zona de estudio los resultados muestran que los valores correspondientes a las muestras de la EPT correspondientes a los meses de noviembre y diciembre como se muestra en la tabla 7, se encuentran sobre los límites permisibles de la norma INEN, además de la muestra de los domicilios también presenta un valor elevado, durante la verificación en campo

se pudo observar crecimiento de algas en las piscinas de filtración lo cual podría ser una consecuencia del aumento de fosfatos en el agua.

Dentro de los parámetros microbiológicos los resultados demuestran que no se cumple con la normativa, éste es el principal punto que debe ser remediado para mejorar la calidad del agua, se evidencia la presencia de coliformes totales y fecales, afectando a la salud de los pobladores.

Tabla 8 Resultados de coliformes totales

COLIFORMES TOTALES (Ufc/100ml)	Muestras			Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	75x10 [°]	15x10 [°]	<1	<1
EPT	60 [°]	40x10 ^{°2}	90 [°]	
SPT	<1	14x10 [°]	<1	
TR	<1	75 [°]	12 [°]	
D	21x10 [°]	15x10 [°]	<1	

[°] cambios en los valores fuera de los límites permisibles

Los resultados de coliformes totales descritos en la tabla 8, son los que causan mayor preocupación ya que los valores están por encima de los límites permisibles. En el punto de la captación es evidente que la causa de los elevados valores es la falta de protección adecuada del área y la falta de limpieza de los canales de recolección de agua. La contaminación por coliformes avanza hasta el punto de entrada de la planta de tratamiento, sin embargo, se puede evidenciar que en la muestra de enero, a pesar de que en la captación está dentro de los límites, en el transcurso de la

conducción del agua esta se contamina, probablemente en uno de los tanques rompe presión.

Para el caso de la muestra en el punto SPT en el mes de diciembre se observa que existe contaminación, esto es ocasionado por la falta de protección del área de las piscinas de filtración. En cuanto a la muestra de los tanques de reserva también se observa contaminación, para esto se toma en cuenta que a partir de la salida de la planta de tratamiento la tubería de conducción recorre varios kilómetros hasta el tanque de reserva, la tubería recorre áreas de producción agrícola, donde puede existir filtraciones a las tuberías.

Tabla 9 Resultados de coliformes fecales

	COLIFORMES FECALES (Ufe/100ml)			Límites permisibles INEN 1108
	Muestra 1 (Nov)	Muestra 2 (Dic)	Muestra 3 (Ene)	
C	<1	<1	<1	<1
EPT	2 °	<1	<1	
SPT	<1	<1	<1	
TR	<1	<1	<1	
D				

° cambios en los valores fuera de los límites permisibles

Los organismos coliformes pueden diferenciarse en coliformes fecales debido a la capacidad que presentan algunos para producir indol y fermentar la lactosa a temperaturas elevadas (44.5°C) 5,6 Bajo estas condiciones, se excluyen aquellos organismos coliformes cuyo origen no sea intestinal. La investigación de los organismos coliformes fecales brinda

mayor especificidad al estudio de la contaminación fecal en el agua. Sin embargo, para fines de evaluación de la calidad sanitaria del agua para consumo humano, la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa (Tamay, 1993).

Los resultados de la muestra del mes de noviembre descritos en la tabla 9, del punto de la entrada de la planta de tratamiento presenta un valor por encima de los límites permisibles, esto pudo deberse a contaminación fecal por parte de animales de la zona en uno de los tanques rompe presión.

Propuesta del plan de mejoras para la operación y manejo eficiente del sistema de tratamiento y distribución

La protección del recurso hídrico incluye acciones que permiten mantener la disponibilidad y calidad de éste. Para efectos de garantizar la sostenibilidad, es recomendable iniciar acciones de protección y conservación en las partes altas y medias de las cuencas hidrográficas (MARN. 2014). Además es necesario mejorar los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano.

Mediante reuniones participativas se propuso las estrategias para la elaboración del plan basado en 6 programas con sus respectivos planes y proyectos como son:

Conservación y uso de fuentes de agua:

Para conservar el recurso se propone garantizar el caudal ecológico después de la captación en fuentes superficiales, mediante la aplicación de la ley y actualización de medición de caudales especialmente en época seca, minimizar los impactos negativos en las áreas de fuentes de captación con la participación de los actores involucrados en la prevención de incendios forestales (realizando el control de quema de residuos de cosechas y el avance de la frontera agrícola) y control sobre las actividades turísticas realizadas en la zona de recarga hídrica.

Operación del sistema de tratamiento y red de distribución:

Este programa se elabora con el fin de mejorar el manejo del sistema de tratamiento de agua, con lo cual se garantice la calidad del agua que la población consume, una planta de tratamiento que funciona de manera óptima garantiza un agua de calidad para la población para lo cual se propuso:

- Cobertura de las piscinas de filtración, para evitar contaminación por ingreso de animales, y reducir el crecimiento de algas
- Construcción de un aireador usando parte de la misma estructura existente.

- Elaboración de un adecuado sistema de limpieza de las piedras de los tanques de filtración.

En cuanto a los tanques de reserva/repartidores se plantea:

- Apertura de un nuevo desfogue para vaciar el agua del tanque luego de realizada la limpieza.
- Incorporación de escaleras de acceso a los tanques para evitar el ingreso de herramientas del exterior.

En la red de distribución se propone realizar las siguientes medidas:

- Reemplazo de los tubos pvc en las zonas de deslizamiento por acero galvanizado, con la construcción de postes para asegurar los mismos.
- Reemplazo de tramos de tuberías en la zona de conducción de agua de la planta de tratamiento a los tanques de reserva, los cuales tienen 20 años de uso.
- Mantenimiento de los tanques rompe presión, cambio de tapas oxidadas y limpieza.

Capacitación comunitaria y organización: La educación ambiental es una de las herramientas más

importantes que permiten a las personas conocer las relaciones de sus actividades diarias con su entorno, por los problemas actuales que se evidencian en el planeta es importante empezar con la educación ambiental con las generaciones venideras.

□ Capacitación a estudiantes de la Unidad Educativa de la comunidad, y las de las comunidades vecinas, debido a que muchos de sus estudiantes pertenecen a la comunidad de Pijal, en temas relacionados a los recursos naturales y la importancia de la conservación del recurso hídrico:

- Generar convenios en el GAD Parroquial de González Suárez para brindar charlas destinadas a niños de centros infantiles, sobre el uso adecuado del agua.
- Vigilancia constante por medio del operador de la junta de agua el uso inadecuado del agua.

Administración: Una gestión administrativa eficiente permitirá a la Junta Administradora de Agua Potable evitar la descoordinación de los dirigentes y falta de recursos. La falta de un sistema adecuado de cobro genera que exista desigualdad en el uso del agua así como en el valor de la tarifa, es por eso que se propone:

- Implementación de medidores nuevos en los hogares cuyo medidor no permita la lectura adecuada de los valores de uso.
- Además de la falta de uso de los medidores para el cobro también existe la problemática de la inexistencia de una tarifa base por metro cúbico de uso, para lo cual se sugiere:
- Realizar un muestreo de uso de agua, para obtener el dato de uso mínimo y máximo, con ello establecer la cantidad de metros cúbicos base para proponer un precio a partir del cual realizar el cobro, esto con la ayuda de la lectura de medidores.

Seguimiento, control y evaluación: Se debe planificar visitas de supervisión, monitoreo y evaluación en forma conjunta con las personas involucradas, con el fin de brindar asistencia técnica y resolución de problemas. Para lo cual se propone las siguientes medidas:

- Supervisión y fiscalización de las acciones del Plan de Aprovechamiento y Mejoramiento Adecuado y ampliación o mantenimiento de las medidas del mismo.

- Toma de correctivos a los problemas identificados

CONCLUSIONES

El análisis de vulnerabilidad de los componentes de la red vital del agua de Pijal, en cuanto a la funcionalidad presenta vulnerabilidad baja, sin embargo existe escasez de materiales para su mantenimiento adecuado. En cuanto la evaluación estructural, la captación y el sistema de tratamiento son de baja vulnerabilidad, siendo necesario realizar cambios pequeños en la infraestructura. En cuanto a la red de distribución presenta vulnerabilidad media-alta, debido a una red de tuberías que sobrepasan el tiempo de vida útil que deben ser reemplazados.

Mediante el análisis de los resultados de laboratorio se evidencia que el agua para Pijal cumple con la normativa INEN 1108 en cuanto a los parámetros físicos y químicos, no obstante se evidencia cambios en los valores de sulfatos dentro de la normativa, que podrían estar ocasionando el crecimiento elevado de algas observado en la verificación en campo. En cuanto a los parámetros microbiológicos los valores denotan que no se cumple con la normativa, debido a la presencia de coliformes tanto fecales como totales, ocasionado por el manejo inadecuado de las estructuras y la

falta de un cronograma adecuado de desinfección con hipoclorito.

Para el mejorar el manejo del sistema de tratamiento y la red de distribución de agua para la comunidad de Pijal se proponen la implementación de 5 programas y 8 proyectos enfocados en reducir al mínimo su vulnerabilidad estructural y funcional, garantizando con ello agua de calidad para la población, y el cuidado de los páramos que proveen el líquido vital.

RECOMENDACIONES

Se deben implementar adecuaciones a las estructuras en la planta de tratamiento y en el área de captación con el fin de disminuir la contaminación del agua por parte de la fauna de la zona. Además del cambio de las tuberías de acero galvanizado que se encuentra en varios tramos de la red de distribución por tubería PVC, garantizando que el agua llegue a los domicilios en las mismas condiciones que cuando sale de la planta de tratamiento.

Es necesario realizar la limpieza de los tanques de filtración de manera constante cada 30 días, además es indispensable realizar la cloración del agua previa a su distribución. Para esto se debe capacitar y equipar al operador con el fin de que tanto la limpieza como la cloración sean realizadas de manera adecuada.

La implementación de las medidas descritas en el plan de mejoras podría ser replicada en las comunidades aledañas, donde se presentan problemas similares en cuanto a la calidad de agua como consecuencia del mal manejo de los sistemas.

La concientización ambiental en cuanto al cuidado de los páramos es fundamental y debe ser impartida no solamente a los habitantes de la comunidad de Pijal, si no en el resto de comunidades que obtienen el líquido vital de los páramos y que realizan la administración de manera comunitaria.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Recursos Naturales Renovables.

REFERENCIAS

1. Bibliografía

Aldas Palacios, G. (2010). Estudios para la determinación de la situación actual y diseño de las obras complementarias para terminar la rehabilitación y mejoramiento de los sistemas rurales de agua potable incluidos en el proyecto Pesillo – Imbabura, del cantón Pedro Moncayo. Quito

Benito Velásquez, A. (2015). EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CHOCONTÁ, CUNDINAMARCA. Bogotá, Colombia: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana. Agua potable, requisitos*, quinta edición. Quito: Autor

Ki-moon, B. (2010). Derecho humano al agua y al saneamiento. *Un agua potable segura y un saneamiento adecuado*.

PDOT González Suárez. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial. *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de González Suárez*.

Pütz, P. (2008). *HACH LANGE*. Obtenido de <https://es.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593611552>.

Roldán, V. (2012). *Obras implantadas en las comunidades beneficiarias del Proyecto Pesillo Imbabura*. Ibarra.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo. (2012). Guía para implementar el

análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal. En S. N. Riesgos. Quito: AH/editorial.

Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias. Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Recuperado de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

Tamay, P. (1993). CALIDAD SANITARIA DE LOS SUMINISTROS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN CAMPECHE. *Revista de Salud Pública de México*.