

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO  
HUMANO DEL CENTRO POBLADO PAMPACHACRA ÁREA  
DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE  
HUANCAVELICA, 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:  
ISRAEL QUISPE VENTURA**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2016**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Isidro Quispe Ccanto y Martha Isabel Ventura Riveros, por el gran apoyo que me brindan día a día.

A mis hermanos Gregorio, Elida Ruth, Yefersón y Omar Eyby.

A mi esposa Susana y a mi hijo Ibrahim por ser un motivo de superación.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *alma mater* por darme la oportunidad de ser un profesional que contribuya al engrandecimiento de nuestra región y la nación.

A la Facultad de Ciencias Agrarias por acoger a nuestra gloriosa Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por brindarme los conocimientos necesarios en mi formación profesional y así mismo mi reconocimiento especial hacia su personal docente y administrativo.

Al ingeniero Juan Charapaqui Ancasi por asesorarme en la ejecución del trabajo de investigación.

Sin olvidar, a todas aquellas personas que de una u otra forma han compartido mi vida universitaria durante el transcurso de estos últimos años, mi más sincero agradecimiento a su comprensión, estímulo y ayuda, ya que todos son parte de mi vida.

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
I REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.1 ANTECEDENTES.....	4
1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	8
1.2.1 Contaminación ambiental.....	8
1.2.2 El agua.....	8
1.2.3 Contaminación del agua.....	8
1.2.4 El agua y sus fuentes de contaminación .....	8
1.2.5 Requerimientos de la calidad del agua.....	11
1.2.6 Parámetros biológicos de la calidad del agua.....	11
1.2.7 Determinación de los parámetros de nivel básico .....	11
1.2.8 La importancia de la desinfección del agua .....	20
1.2.9 Sistema de tratamiento por filtración lenta.....	21
1.2.10 Diseño de filtro lento de arena .....	38
1.2.11 Muestreo de agua .....	43
1.3 MARCO LEGAL.....	45
II MATERIALES Y MÉTODOS .....	53
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	53
2.1.1 Ubicación política .....	53
2.1.2 Límites de la comunidad de Pampachacra.....	56
2.1.3 Descripción climatológica .....	56

2.2	MATERIALES Y EQUIPOS .....	57
2.3	MÉTODO.....	58
2.3.1	Metodología de investigación .....	58
2.3.2	Fase de campo .....	58
III	RESULTADOS.....	66
IV	DISCUSIONES .....	95
V	CONCLUSIONES .....	100
VI	RECOMENDACIONES .....	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Capacidad adicional necesaria en plantas de tratamiento con filtros lentos .....	23
Tabla 1. 2: Granulometría del lecho filtrante .....	39
Tabla 1. 3 : Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.....	51
Tabla 1. 4 : Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica .....	52
Tabla 2. 1: Ubicación de puntos de muestreo en coordenadas UTM .....	63
Tabla 3. 1: Resultado de análisis fisicoquímico de agua para consumo humano. ....	66
Tabla 3. 2: Resultado de análisis bacteriológico de agua para consumo humano (27/11/2015) .....	67
Tabla 3. 3: Resultado de análisis bacteriológico de agua para consumo humano (10/02/2016) .....	67
Tabla 3. 4: Resultado de análisis bacteriológico de agua para consumo humano (02/05/2016) .....	68
Tabla 3. 5: Resultados de olor y sabor comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA. ....	68
Tabla 3. 6: Generación total de residuos sólidos municipales en el distrito de Huancavelica .....	82
Tabla 3. 7: Calculo de población futura y demanda de agua.....	93
Tabla 3. 8: Resultados de cálculos para el filtro lento de arena. ....	94

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Filtros lentos .....	24
Figura 1. 2: Fondos para filtros lentos.....	26
Figura 1. 3: Filtro lento con afluente igualmente distribuido entre las unidades.....	27
Figura 1. 4: Sistema de control de velocidad de filtración en filtros lentos .....	27
Figura 1. 5: Número de bacterias totales existentes en el efluente de un filtro lento (según Marshall).....	30
Figura 1. 6: Filtro lento de flujo ascendente .....	34
Figura 1. 7: Filtro dinámico .....	35
Figura 1. 8: Regulador de caudal por flotador para filtro lento.....	36
Figura 1. 9 : Corte longitudinal de un filtro lento de arena .....	38
Figura 1. 10 : Estructura de salida de un filtro lento de arena .....	40
Figura 2. 1: Mapa nacional del Perú .....	54
Figura 2. 2: Mapa regional de Huancavelica .....	55
Figura 2. 3: Ubicación del centro poblado de Pampachacra. ....	56
Figura 2. 4: Toma de muestra en buzón de reunión .....	60
Figura 2. 5: Lectura de turbidez de agua en la captación.....	60
Figura 2. 6: Toma de muestra, lectura de turbidez y cloro residual en reservorio .....	61
Figura 2. 7: Toma de muestra, lectura de turbidez y cloro residual en domicilio .....	61
Figura 2. 8: Toma de muestra, lectura de turbidez y cloro residual en tubería rota improvisado como grifo.....	62
Figura 2. 9: Vista panorámica de ubicación del botadero municipal de Huancavelica .....	64
Figura 3. 1: Resultados de color comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).....	69
Figura 3. 2: Resultados de turbiedad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016). ....	69

Figura 3. 3: Resultados de turbiedad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	70
Figura 3. 4: Resultados de pH comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	70
Figura 3. 5: Resultados de pH comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	71
Figura 3. 6: Resultados de conductividad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	71
Figura 3. 7: Resultados de conductividad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	72
Figura 3. 8: Resultados de cloruros comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	72
Figura 3. 9: Resultados de cloruros comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	73
Figura 3. 10: Resultados de sulfatos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	73
Figura 3. 11: Resultados de sulfatos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	74
Figura 3. 12: Resultados de dureza total comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	74
Figura 3. 13: Resultados de dureza total comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	75
Figura 3. 14: Resultados de hierro comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	75
Figura 3. 15: Resultados de hierro comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	76
Figura 3. 16: Resultados de cobre comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	76
Figura 3. 17: Resultados de cobre comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	77
Figura 3. 18: Resultados de nitratos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	77



Figura 3. 19: Resultados de nitratos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	78
Figura 3. 20: Resultados de solidos totales disueltos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	78
Figura 3. 21: Resultados de coliformes totales comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (27/11/2015).	79
Figura 3. 22: Resultados de coliformes totales comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA de muestras del (10/02/2016).	79
Figura 3. 23: Resultados de coliformes totales comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	80
Figura 3. 24: Resultados de coliformes termotolerantes comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (27/11/2015).	80
Figura 3. 25: Resultados de coliformes termotolerantes comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).	81
Figura 3. 26: Resultados de coliformes termotolerantes comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).	81
Figura 3. 27: Botadero Pampachacra	83
Figura 3. 28: Reporte de EDAs del puesto de salud de Pampachacra	83
Figura 3. 29: Cámara de reunión y captaciones 1 y 2	85
Figura 3. 30: Manantial de la captación 2	85
Figura 3. 31: Cámara de reunión	86
Figura 3. 32: La válvula presenta fugas y se aprecia madera hongueada	86
Figura 3. 33: Vista panorámica del lugar donde se ubica la captación es zona de pastoreo	87
Figura 3. 34: Presencia de óxido en cámara rompe presión	88
Figura 3. 35: En reservorio se puede observar filtraciones en la pared	88
Figura 3. 36: Tubería rota de la cual se abastecen varias familias	89

Figura 3. 37: Resultados de cloro residual comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (27/11/2015). ...	90
Figura 3. 38: Resultados de cloro residual comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016). ...	90
Figura 3. 39: Resultados de cloro residual comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016). ...	91
Figura 3. 40: Esquema general del sistema de tratamiento .....	92

## RESUMEN

En la presente tesis se determinó la calidad del agua para consumo humano del centro poblado de Pampachacra, ubicado en el distrito, provincia y región Huancavelica. Para ello se evaluaron los parámetros de calidad fisicoquímico y bacteriológico del agua, posteriormente estos valores se compararon con el reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. N°031-2010-SA.

El análisis del parámetro fisicoquímico y bacteriológico de las muestras de agua se realizaron en tres fechas: el 27 de noviembre de 2015 realizado por el laboratorio de la micro red de salud Santa Ana – Huancavelica, el 10 de febrero de 2016 realizada por la DIRESA – Huancavelica y el 2 de mayo de 2016 realizadas en el laboratorio de análisis de suelos, planta, aguas y fertilizantes de UNSCH. Según los resultados obtenidos se concluye que los parámetros fisicoquímico están dentro de los límite máximo permisible (LMP) establecidos en el reglamento DS N° 031-2010-SA, pero sin embargo parámetros bacteriológicos no cumplen con el LMP establecidos en el reglamento DS N° 031-2010-SA por tener presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las muestras de agua.

En el análisis bacteriológico de las muestras tomadas el 27/11/2015, como resultado se obtuvo presencia de coliformes totales en la captación de 100 UFC/100ml, antes del reservorio de 100 UFC/100ml y en conexiones domiciliarios de 4 UFC/100ml; se tiene presencia de coliformes termotolerantes en la captación de 4 UFC/100ml, antes del reservorio de 3 UFC/100ml y en conexiones domiciliarios de 0 UFC/100ml.

En muestras tomadas el 10/02/2016 se obtuvo la presencia de coliformes totales en el domicilio (reservorio de 1000 Lt-rotoplas) es de 20 UFC/100ml, y la presencia de coliformes termotolerantes que es de 15 UFC/100ml.

En las muestras de 02/05/2016 se obtuvo la presencia de coliformes totales en la captación 14 NMP/100ml, en el reservorio 46 NMP/100ml y

en conexión pública de 52 NMP/100ml, hay presencia de coliformes termotolerantes en captación 0 NMP/100ml, en el reservorio 12 NMP/100ml y en conexión pública de 14 NMP/100ml.

En base a los resultados evaluados de los parámetros fisicoquímico y bacteriológico se concluyó que la calidad de agua no es apta para consumo humano según los valores establecidos en el reglamento DS N° 031-2010-SA.

Por ello se planteó tratar el agua con un sistema de filtro lento de arena y aplicar la cloración después que el agua haya pasado por el lecho filtrante, luego almacenar el agua tratada libre de impurezas. Este sistema de filtro lento de arena reducirá la cantidad de manera notoria de los coliformes totales y coliformes termotolerantes para erradicar el problema de agua contaminada.

**Palabras clave:** calidad de agua, coliformes totales, coliformes termotolerantes, calidad fisicoquímico del agua, filtro de arena.

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud. El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. (OMS, 2008)

En la actualidad la calidad del agua disponible para el abastecimiento del consumo humano se encuentra cada vez más en serios problemas, ya que a medida que pasa el tiempo aparecen nuevas fuentes de contaminación que afectan la calidad de las aguas, por lo que en la mayoría de los países de Latinoamérica dicha calidad está lejos de alcanzar un nivel adecuado.

Una de estas fuentes de contaminación es la generación y disposición final de los residuos sólidos que se considera como uno de los problemas ambientales más complejos y peligrosos, debido a que afecta los diferentes componentes del medio ambiente y deteriora la biodiversidad.

Actualmente los residuos sólidos generados en la ciudad de Huancavelica tienen como disposición final, el botadero ubicado al sureste aproximadamente a 1.8 Km del centro poblado de Pampachacra y 7.0 Km de la ciudad de Huancavelica; son depositados de manera arbitraria y sin aplicación de ningún método técnico ni control, originando un serio problema ambiental. Al tener contacto directo con el suelo, los desperdicios contaminan a éste, poniendo en riesgo la capa freática, los humedales ubicados cercanos al botadero y en consecuencia, deteriorando el suelo, el subsuelo, la calidad del agua superficial y subterránea de la cual se disponen para los diferentes usos por las poblaciones cercanas . Es por ello que en el presente trabajo, se investigó

el grado de contaminación de agua para consumo humano del centro poblado de Pampachacra, a partir de la medición de la calidad de algunos parámetros fisicoquímico y bacteriológico, comparándola con la normatividad vigente.

En términos de calidad del agua se deben considerar una serie de factores interrelacionados entre sí en el sentido que el concepto de calidad del agua varía en espacio y tiempo dependiendo del uso que se le dé. Pero en este trabajo de investigación, la calidad del agua se enfocó principalmente a su utilidad en cuanto al consumo humano.

Pero la mayor importancia de mantener la calidad del agua radica en que existe una gran cantidad de enfermedades que se transmiten por este medio por lo que resulta necesario evaluar parámetros fisicoquímico y bacteriológico relacionados con el nivel de riesgo sanitario del agua.

El agua que se usa por medio de manantiales, es determinante para que zonas marginadas y poblaciones en extrema pobreza, se desarrollen y mejoren sustancialmente su calidad de vida, sin embargo, cuando estas aguas están contaminadas y no tienen un tratamiento adecuado, su consumo puede ser peligroso para la salud humana. Éstas son aguas que no se les realiza ningún tipo de tratamiento, ni monitoreo medioambiental que incluya análisis fisicoquímico y bacteriológico, por lo que se hace necesario la realización de un estudio que permita determinar la calidad de esta agua, para que sirva como base para el control y tratamiento de ellas, ya que estas son susceptibles a ser contaminadas por material orgánico que conllevan a la contaminación por microorganismos y sustancias químicas, producto de la escorrentía.

En el presente trabajo de investigación se planteó los siguientes objetivos.

### **Objetivo general**

Evaluar la calidad de agua para consumo humano del centro poblado de Pampachacra que es afectada por ser área de influencia del botadero municipal de Huancavelica.

**Objetivos específicos**

- a. Evaluar el nivel de contaminación fisicoquímico en el agua para consumo humano.
- b. Evaluar el nivel de contaminación bacteriológico en el agua para consumo humano.
- c. Determinar la calidad de agua según valores establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.
- d. Proponer el tratamiento de agua para consumo humano.

# I REVISIÓN DE LITERATURA

## 1.1 ANTECEDENTES

### a) A nivel internacional

- En el artículo científico “Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca” elaborado por docentes de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá – Colombia.

Este estudio determinó si el agua para consumo humano del área urbana en el municipio de Bojacá - Cundinamarca, cumplía con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Para ello, se realizaron dos muestreos de diferentes puntos de la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Se emplearon métodos fotométricos, electrométricos y volumétricos en los respectivos análisis físicos y químicos, para los parámetros microbiológicos se empleó la técnica de filtración por membrana. Los resultados obtenidos evidenciaron que la mayoría de las muestras no cumplió con el valor mínimo permisible de cloro residual libre, por lo tanto, según el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), son clasificadas como no aptas para consumo humano. Sin embargo, los demás parámetros analizados incluso los microbiológicos cumplieron los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. La calidad del agua debe mantenerse en todo el sistema de distribución, por lo tanto, además de llevar a cabo los procesos de potabilización, el prestador del servicio debe llevar un estricto control de



los factores que puedan influir en la calidad del agua. (Estupiñán Torres & Avila de Navia, 2010)

**b) A nivel nacional**

- En la tesis de pre grado “Calidad Bacteriológica de las Aguas Subterráneas de Consumo Humano en Centros Poblados Menores de La Yarada y Los Palos del Distrito de Tacna” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

El trabajo se efectuó entre Abril y Junio del año 2012. Se analizaron 46 muestras de agua subterránea provenientes de pozos. Los métodos usados fueron Numeración de Coliformes Totales y Termotolerantes por el método de Tubos Múltiples (NMP) y Recuento en Placa de Bacterias Mesófilas Aerobias (APHA, 2005). Los indicadores usados para la determinación de la calidad bacteriológica del agua subterránea fueron: Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y Bacterias Mesófilas Heterótrofas. También se determinó el pH, la Conductividad Eléctrica así como la Temperatura ya que estos indicadores físicos podrían alterar los resultados obtenidos. (Cutimbo, 2012)

- En la tesis de pre grado “Calidad microbiológica del agua de consumo humano almacenada en tanques en instituciones educativas de la ciudad de Ayacucho 2007” en el Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; en este trabajo de investigación se llegó a concluir.

El 91.30% de las muestras no cumplen con los parámetros bacteriológicos establecidos por la Norma Técnica Nacional y la OMS, de este total el índice de contaminación fue de 91.30% por coliformes totales, 73.91% coliformes fecales y 13.04% por bacterias heterotróficas mesofilas heterotróficas variables. El 100% de las muestras no presentan cloro residual dentro de los rangos permisibles. Presentan turbidez dentro del rango permisible el 100% de las muestras. La calidad microbiológica del agua está relacionada a las variables como: tipo de tanque y protección

del tanque, mas no así a las variables tamaño del tanque, tiempo de almacenamiento de agua en el tanque y frecuencia de limpieza del tanque. (León, 2007)

**c) A nivel local**

- En el marco del Convenio de Cooperación Alemania-Perú, desde el año 1996, el Programa de Agua Potable y Alcantarillado (PROAGUA) de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), viene desarrollando sus actividades en diversas ciudades seleccionadas del país, en beneficio de la población, centrandó su atención en aquellas poblaciones urbanas y peri urbanas afectadas por la pobreza, por ello se elaboró el informe “Diagnostico situacional de los sistemas paralelos de agua y alcantarillado” de la ciudad de Huancavelica, en la cual llegan a una de las conclusiones (...) La calidad bacteriológica es uno de los indicadores de las deficiencias en el tratamiento del agua, habiéndose encontrado en todos los sistemas, colonias de coliformes por encima de los valores guía, establecidos por el Ministerio de Salud (Dirección General de Saneamiento Ambiental) y la Organización Mundial de la Salud, por lo que el agua no es apta para consumo humano. Los entrevistados creen que solamente con la desinfección, se logra potabilizar el agua y no consideran otros factores como la dureza y la turbidez, como elementos del proceso de potabilización. Otro de los aspectos relacionados con la calidad del agua es la turbidez; no todos los sistemas poseen estructuras de captación cerradas, favoreciendo el ingreso de partículas extrañas, acentuándose esta situación en épocas de lluvia. También algunos manantiales arrastran partículas en suspensión de desconocida composición química, por lo que se recomienda adicionalmente considerar otro análisis físico-químico, principalmente de los elementos pesados como el plomo, mercurio, etc. (PROAGUA, 2002)

- En la tesis de pre grado “Contaminación por Residuos Sólidos Orgánicos en la Epidemiología de las Enfermedades en niños menores de

5 años en la localidad de Pampachacra – Huancavelica 2011” de la Universidad Nacional de Huancavelica. El propósito de la investigación fue el de comprobar de qué manera se relaciona la contaminación por residuos sólidos orgánicos en la epidemiología de las enfermedades en niños menores de 5 años en la localidad de Pampachacra – Huancavelica 2011. La hipótesis contrastada fue: La contaminación por residuos sólidos orgánicos, influye en la epidemiología de las enfermedades en niños menores de 5 años en la localidad de Pampachacra – Huancavelica 2011. Para comprobar la hipótesis se ejecutó una investigación descriptiva correlacional y retrospectiva, con el diseño no experimental, la muestra estuvo constituida por 17 niños, de los cuales presentaron enfermedades diarreicas acuosas sin deshidratación 13 niños menores de 5. También se presentó 02 casos de parasitosis intestinal, sin otra especificación, 01 caso de escabiosis y finalmente 01 caso de otras acariasis. Lo cual nos indica una mayor prevalencia de las enfermedades diarreicas acuosas sin deshidratación. Los residuos sólidos orgánicos se clasifican según su generación y naturaleza, donde la producción de estos residuos sólidos orgánicos en la localidad de Huancavelica asciende a un total de 28,161.83 Kg./día. En la cual tuvimos: producción de residuos sólidos orgánicos de (Generación), que se sub clasifican en: barrido de calles con un 252.56 Kg/día, instituciones públicas y privadas con 2,273.02 Kg/día, mercados y centros de abasto con 3,353.25 Kg/día y de las familias con un 22,353.00 Kg/día. La producción de residuos sólidos orgánicos (Naturaleza) se sub clasifica en: alimentos con 17,173.92 Kg/día y de papel y cartón con 10,987.91 Kg/día en la localidad de Huancavelica, depositados en el botadero municipal situado en la localidad de Pampachacra. Lo cual fue procesado en los datos e indica una aceptación a la hipótesis de Investigación que es la siguiente: la contaminación por residuos sólidos orgánicos influye en la epidemiología de las enfermedades. (Pumacahua, H., Solano R., 2011)

## **1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

### **1.2.1 Contaminación ambiental**

La contaminación ambiental se define como la presencia de sustancias, energía u organismos extraños en un ambiente determinado en cantidades, tiempo y condiciones tales que pueden causar desequilibrio ecológico.(Arellano, 2002)

### **1.2.2 El agua**

El agua es uno de los compuestos más abundantes en la naturaleza ya que cubre aproximadamente tres cuartas partes de la superficie total de la tierra. Sin embargo, a pesar de esta aparente abundancia, existen diferentes factores que limitan la cantidad de agua disponible para el consumo humano, cerca de 97% del total de agua disponible se encuentra en los océanos y otros cuerpos de agua salina y no se puede utilizar para diversos propósitos. Del restante 3%, casi 2% se encuentra distribuida en los témpanos de hielo, glaciares, en la atmósfera o mezclada con el suelo, por lo que no es accesible. De tal forma que para el desarrollo y sostenimiento de la vida humana con sus diversas actividades industriales y agrícolas, se dispone aproximadamente de 0.62% del agua restante, que se encuentra en lagos de agua fresca, ríos y mantos freáticos.(Arellano, 2002)

### **1.2.3 Contaminación del agua**

La contaminación del agua se define como la presencia de sustancias u organismos extraños en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización con propósitos determinados. La contaminación puede ser natural o antropogénica.(Arellano, 2002)

### **1.2.4 El agua y sus fuentes de contaminación**

#### **a) La contaminación por escurrimiento**

Comprende la contaminación puntual o localizada y la contaminación no localizada. La localizada o puntual se da cuando se conoce con certeza el

punto exacto de introducción del contaminante al cuerpo receptor. Por lo general dicha contaminación es producida por emisiones de industrias, plantas tratadoras de agua residuales, descargas municipales de aguas tratadas, eliminación de aguas negras por alcantarillas, etc.

En tanto, la contaminación no localizada se genera cuando los contaminantes vertidos en determinadas zonas geográficas son arrastrados por la lluvia o mediante la erosión del suelo hacia los cuerpos de agua receptores. (Collazos, 2005)

#### **b) Contaminación por tipo de agente contaminante**

Puede ser orgánico e inorgánico. La contaminación orgánica ocurre si materias orgánicas tales como compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, son descargados hacia los cuerpos receptores. Algunos de los residuos orgánicos, que pueden ser descompuestos por las bacterias aeróbicas que a su vez usan oxígeno para biodegradar los residuos orgánicos, suelen agotar el gas oxígeno disuelto en el agua.

Mientras que en la contaminación inorgánica se presenta dos cuadros: El primero, de sustancias químicas inorgánicas solubles en agua (ácidos, sales y compuestos de metales tóxicos, como el mercurio y plomo). Donde puede advertirse que, los niveles altos de dichos sólidos disueltos hacen inapropiada el agua para todo ser viviente, daña a los seres humanos, los peces y otras especies acuáticas; también disminuye el rendimiento de terrenos agrícolas y acelera la corrosión de equipos agrícolas. El segundo comprende a los nutrientes, vegetales inorgánicos (nitratos y fosfatos solubles en agua) que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno disuelto en el agua y dando muerte a los peces. (Collazos, 2005)

#### **c) La contaminación físico biológica**

Puede ser microbiológica o térmica. La contaminación microbiológica ocurre cuando ciertos efluentes son descargados conteniendo cierta

cantidad de microorganismos que pueden dañar la salud humana y la de seres acuáticos. Estos daños se pueden producir por consumo o contacto del agua contaminada. Los agentes patógenos que causan enfermedades son: bacterias, virus, protozoarios y gusanos parásitos, los cuales ingresan al agua proveniente del drenaje doméstico y los desechos de animales. Entre las enfermedades atribuibles a la contaminación del agua figuran la disentería, tifoidea, el cólera, la hepatitis crónica, la amebiasis, etc. Se estima que en los países en proceso de desarrollo la mayor cantidad de enfermos y defunciones provienen por estas causas; llegando a producir 25000 muertes prematuras de personas cada día, siendo la mitad de ellas, niños menores de 5 años.

La contaminación térmica, se produce mayormente por descargas de agua de enfriamiento utilizadas en las plantas generadoras de energía eléctrica; inversamente se producen también cuando se descargan efluentes con altas temperaturas. Estos cambios en el agua ocasiona desequilibrios en el ecosistema, lo que produce algún tipo de contaminación, debido a los cambios en la concentración de oxígeno disuelto lo que permite que los organismos acuáticos sean vulnerables a enfermedades, parásitos y sustancias químicas tóxicas. (Collazos, 2005)

#### **d) La contaminación por el tipo de impacto físico**

Se clasifica en contaminación tóxica y no tóxica. La contaminación tóxica es producida por compuestos tóxicos; verbigracia: metales, aniones, compuestos orgánicos, etc.; los que pueden generar efectos agudos, crónicos, letales o acumulativos en los organismos expuestos. Los efectos referidos tienen un significado de causa de muerte, dependiendo del tiempo de exposición del organismo pertinente. En el caso de poblaciones (urbanas y rurales) que consuman agua con bajos niveles de concentración tóxica pueden presentar supervivencia por largos periodos de vida. (Collazos, 2005)

### **1.2.5 Requerimientos de la calidad del agua**

Los requerimientos de la calidad del agua varían de acuerdo con el uso que se les vaya a dar, por ejemplo para agricultura, pesca, propagación de vida silvestre, usos recreativos o industriales específicos o generación de energía. Algunas características del agua adecuadas para un fin pueden no serlo para otro. Es importante mencionar que no se deben confundir los requerimientos de la calidad del agua con los estándares de la calidad del agua. Los primeros están basados en la experiencia de uso y los segundos son cantidades establecidas por instituciones gubernamentales que regulan al respecto. (Arellano, 2002)

### **1.2.6 Parámetros biológicos de la calidad del agua**

Según esta situación, con base en nuestro conocimiento sobre los diferentes contaminantes, ciertos organismos se pueden utilizar como indicadores de la presencia de algún contaminante, entre los que podemos mencionar las bacterias, virus y protozoarios. (Arellano, 2002)

### **1.2.7 Determinación de los parámetros de nivel básico**

En un programa de vigilancia, la selección de los parámetros estará en función de lo que estipulen las normas de cada país y del nivel de riesgo para la salud. Por ello tienen particular importancia los parámetros bacteriológicos y los relacionados con la desinfección del agua. En los programas de vigilancia de la calidad del agua de nivel básico se consideran los siguientes parámetros: coliformes totales y termotolerantes, cloro residual, pH y turbiedad. (Aurazo, 2004)

#### **a) Aspectos relativos de aceptabilidad**

##### **Sabor, olor y aspecto**

El sabor y el olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, y fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos), o en la

contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución

Sabores y olores debidos a la actividad microbiana. Los sabores u olores del agua de consumo puede revelar la existencia de algún tipo de contaminación, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución del agua. Por lo tanto, puede indicar la presencia de sustancias potencialmente dañinas. Se debe investigar la causa y consultar a las autoridades de salud pertinentes, sobre todo si el cambio experimentado es substancial o repentino. Los consumidores también pueden percibir en el agua de consumo turbiedad, color, partículas u organismos visibles, lo que afecta a su aceptabilidad y puede generar preocupación por su calidad. (OMS, 2008)

#### **b) Aspectos químicos**

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico. (OMS, 2008)



## **Calidad química**

La evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia. En el caso de los aditivos (sustancias procedentes en su mayoría de los materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de consumo), la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución. (OMS, 2008)

## **Contaminantes de origen químico**

### **Color**

Idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. También puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa. Si el agua de un sistema de abastecimiento tiene color, se debe investigar su origen, sobre todo si se ha producido un cambio sustancial. La mayoría de las personas puede percibir niveles de color mayores que 15 unidades de color verdadero (UCV) en un vaso de agua. Los consumidores suelen considerar aceptable niveles de color menores que 15 TCU, pero la aceptabilidad puede variar. Un nivel de color alto también puede indicar una gran propensión a la generación de subproductos en los procesos de desinfección. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el color en el agua de consumo. (OMS, 2008)

## **Turbiedad**

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la suspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 UNT suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales. (OMS, 2008)

## **pH y corrosión**

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva. El pH del agua que entra en el sistema de distribución debe controlarse para reducir al mínimo la corrosión del sistema de fontanería en las instalaciones domésticas. El control de la alcalinidad y del contenido de calcio también contribuye a la estabilidad del agua y a controlar su capacidad corrosiva de tuberías y electrodomésticos. Si no se reduce al mínimo, la corrosión puede provocar la contaminación del agua de consumo y efectos adversos en su sabor y aspecto. El pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8. Pueden producirse valores de pH extremos como consecuencia de vertidos accidentales, averías de las instalaciones de tratamiento, y del revestimiento de tuberías con mortero de cemento poco curado o la aplicación del revestimiento cuando la alcalinidad del agua es

baja. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el pH. (OMS, 2008)

### **Cloruros**

Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. Hay diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función del catión asociado: los correspondientes al cloruro sódico, potásico y cálcico están en el intervalo de 200 a 300 mg/l. A concentraciones superiores a 250 mg/l es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro, pero algunos consumidores pueden acostumbrarse al sabor que produce en concentraciones bajas. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo. (OMS, 2008)

### **Sulfatos**

La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l, para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato. (OMS, 2008)

### **Dureza Total**

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada. La aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua puede variar en gran medida de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. Los consumidores, en particular, notarán

probablemente los cambios de la dureza del agua. El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios. Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza del agua de consumo. (OMS, 2008)

### **Hierro**

En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbidez al bombearla directamente desde un pozo. Sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable. El hierro también potencia la proliferación de bacterias ferruginosas, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías. En niveles por encima de 0,3 mg/l, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería. Por lo general, no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro menores que 0,3 mg/l, aunque pueden aparecer turbidez y coloración. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro. (OMS, 2008)

## **Cobre**

La presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de consumo se debe, por lo general, a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de cobre. Las concentraciones pueden sufrir variaciones significativas en función del tiempo que el agua haya estado retenida en contacto con las tuberías; por ejemplo, una muestra de agua tomada nada más abrir el grifo tendrá, previsiblemente, una concentración de cobre mayor que una tomada después de que haya corrido el agua abundantemente. Las concentraciones altas pueden interferir con los usos domésticos previstos del agua. El cobre en el agua de consumo puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg/l, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud. (OMS, 2008)

## **Nitratos**

El nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares. Las condiciones anaerobias pueden favorecer la formación y persistencia del nitrito. La cloraminación podría ocasionar la formación de nitrito en el sistema de distribución si no se controla debidamente la formación de cloramina. La formación de nitrito es consecuencia de la actividad microbiana y puede ser intermitente. La nitrificación en los sistemas de distribución puede

aumentar la concentración de nitrito, que suele ser de 0,2 a 1,5 mg/l. (OMS, 2008)

### **Cloro**

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0,3 mg/l. Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a 1,0 mg/l, aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua. El umbral gustativo del cloro es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

El cloro se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos (OMS, 2008)

### **c) Aspectos microbiológicos**

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos. (OMS, 2008)

## **Calidad microbiológica del agua**

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos. (OMS, 2008)

La verificación conlleva el análisis del agua de origen, del agua inmediatamente después de ser tratada, del agua en los sistemas de distribución o del agua almacenada en los hogares. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo cuando se sabe que el agua de origen que se usa está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si hay una incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad. (OMS, 2008)

## **Coliformes Totales y Termotolerantes**

El grupo de bacterias coliformes está conformado por dos subgrupos: los fecales. El cambio de nombre se debe a que se demostró que en el grupo de coliformes que se detectaban en siembras incubadas a temperaturas

de 44,5 °C y en medios de cultivo específicos, sólo una parte del grupo eran bacterias de origen fecal; el resto eran bacterias ambientales. Se les puso entonces el nombre de bacterias coliformes termotolerantes debido a la alta temperatura de incubación (44,5 °C) en la cual se obtenía un óptimo desarrollo. (Aurazo, 2004)

En el grupo de bacterias termotolerantes está incluida la *Escherichia coli*, considerada como un organismo indicador de contaminación fecal. Se ha demostrado que esta bacteria siempre está presente en un número elevado en las heces de humanos y animales de sangre caliente y comprende casi 95% de los coliformes en las heces. (Aurazo, 2004)

### **1.2.8 La importancia de la desinfección del agua**

El agua es una necesidad fundamental de la Humanidad. Las Naciones Unidas considera el acceso al agua limpia como un derecho básico, y como un paso esencial hacia la mejora de los estándares de vida en todo el mundo, ya que su calidad está directamente relacionada con la salud humana.

En un sistema de tratamiento del agua, la desinfección es el último paso para su potabilización. Se trata de una fase imprescindible para evitar riesgos de enfermedad, por lo que no debe tratarse como un elemento más, sino como un componente vital del sistema. (Álvarez, 2009)

#### **a) Desinfección por cloración**

El método de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua, es el que emplea cloro y sus compuestos derivados en el tratamiento.

La finalidad principal de la cloración es destruir las bacterias por la acción germicida del cloro. También son importantes otros efectos secundarios como la oxidación del hierro, el manganeso y los sulfuros de hidrógeno, así como la destrucción de algunos compuestos que producen olores y sabores.

Con frecuencia se realiza una precloración antes de la decantación, que sirve para oxidar parte de la materia orgánica del agua y disminuir su



concentración. Posteriormente se realiza una postcloración que garantiza la desinfección y la presencia de cloro en la red de distribución.

### **Dosis de cloro**

Es necesario añadir la dosis necesaria de cloro para que, a la salida del tratamiento, el agua contenga un mínimo de 0,5 mg/l de cloro libre residual, y se mantenga un mínimo de 0,2 mg/l en todos los puntos de la red de distribución permanentemente.

El cloro que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso o de iones hipoclorito se conoce con el nombre de cloro libre disponible, pero no todo el cloro que se agrega al agua da lugar a estas formas. La dosis necesaria en la desinfección del agua es la suma de dos factores, la demanda de cloro y el cloro libre residual exigido. (Álvarez, 2009)

### **1.2.9 Sistema de tratamiento por filtración lenta.**

Este sistema de tratamiento elimina la turbidez del agua y reduce considerablemente el número de microorganismos (bacterias, virus y quistes). Es un proceso semejante a la percolación del agua a través del subsuelo debido al movimiento lento del agua.

Estos filtros se utilizan desde el siglo XIX habiéndose probado su efectividad en múltiples usos, resultando como uno de los procesos de tratamiento más efectivo, simple y económico para áreas rurales. Su diseño simple facilita el uso de materiales y mano de obra locales y no requiere equipo especial. (García, 2009)

#### **Tipos de filtros lentos**

Tres tipos de filtros lentos vamos a considerar:

- Filtros lentos convencionales
- Filtros lentos ascendentes
- Filtros lentos dinámicos.

La filtración lenta, esto es, a tasas menores de 12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, precedió a la filtración rápida. Los primeros filtros lentos para toda una población se construyeron en Paisley (Escocia) en 1804. Con la aparición de los filtros rápidos, los lentos se fueron usando cada vez menos, en especial

en países de las Américas, en algunos de los cuales no se volvieron a construir nuevas instalaciones de este tipo en los últimos 30 años. En Europa, las instalaciones de filtros lentos existentes han seguido usándose (como en el caso de Londres, Rotterdam y Arnsterdam, entre otros).

Sin embargo, en los países en desarrollo, los filtros lentos, en zonas rurales principalmente, pueden tener ventajas definidas sobre los filtros rápidos, cuando:

1. La turbiedad del agua cruda no sobrepasa 100 U.J. y eso no todo el tiempo.  
Turbiedades menores de 50 U.J. son preferibles pero se pueden aceptar por pocos días al año turbiedades mayores de 100 U.J.
2. El precio de la tierra es bajo. Los filtros lentos ocupan aproximadamente un área de 20 a 40 veces mayor que los rápidos.
3. El contenido de color no es alto (mayor de 50 ppm). El color es removido sólo en baja proporción por los filtros lentos (No hay coagulación previa).
4. Se quiere depender más de la remoción bacteriana producida por los filtros, que de la desinfección producida por el cloro.
5. No existe en el lugar la capacidad técnica para operar sistemas completos de coagulación-filtración.

En especial son estas dos últimas condiciones las que determinan la superioridad de los filtros lentos en zonas rurales. Sin embargo, su aplicabilidad no puede ser general, debido a las limitaciones que éstos tienen sobre turbiedad y color del agua cruda. (OMS, 2008)

## **1 Filtros lentos convencionales**

### **a) Descripción general**

Un filtro lento de flujo descendente consiste en una caja rectangular o circular a la cual se le coloca de 0.90 m a 1.20 m de arena fina sobre 0.40-0.45 m de grava gruesa. Encima del lecho filtrante se deja una capa

de agua de 1.00 m a 1.50 m y debajo de la grava se colocan un sistema de drenes apropiados.

Ya sea a la entrada o a la salida, el flujo se regula para mantener una velocidad de filtración constante.

### **b) Rata de flujo**

La rata de flujo varía entre 2 y 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Más frecuentemente entre 6-9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

### **c) Lecho filtrante**

La grava se diseña en forma similar a la de los filtros rápidos.

El lecho más fino debe ser de 1/16" (1.59 mm) ó 1/12" (2.12 mm) preferiblemente.

La arena está constituida por un lecho de 0.90 a 1.20 m de granos finos de 0.3 a 0.35 mm de tamaño efectivo y 1.5 a 3.0 de coeficiente de uniformidad, más frecuentemente 1.8 a 2.0. La arena se coloca sobre la grava por capas. Al no existir lavado ascendente no existe estratificación y los granos finos se mezclan con los gruesos, lo que hace que la porosidad sea menor que en los filtros rápidos.

### **d) Número de unidades**

Por lo menos debe haber dos unidades, de modo que cuando se ponga fuera de servicio una, pueda trabajarse con la otra. Debe por tanto considerarse una capacidad adicional de reserva, como lo indica la tabla siguiente:

Tabla 1. 1: Capacidad adicional necesaria en plantas de tratamiento con filtros lentos

<b>Población</b>	<b>Número de unidades</b>	<b>Unidades de reserva</b>
> 2.000	2	100%
2.000 - 10.000	3	50%
10.000 - 60.000	4	33%
60.000 -100.000	5	25%

Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

Esto implica que cuando se diseña para pequeñas poblaciones, un solo filtro debe ser capaz de tratar la totalidad del flujo sin sobrecarga, para mantener una capacidad de reserva de 100 %. Para poblaciones mayores esta reserva puede ser menor.

### e) Forma de los filtros

Los filtros lentos pueden ser circulares o rectangulares, con paredes verticales o inclinadas.

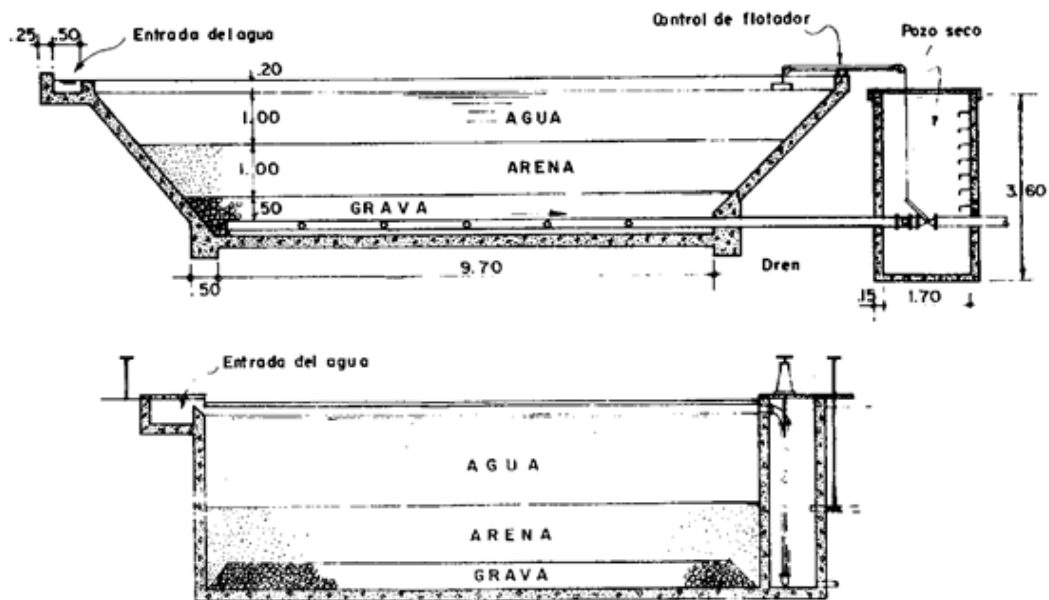


Figura 1. 1: Filtros lentos

Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

La ventaja de estas últimas, es la de que se puede transmitir toda la carga al terreno y solo cubrir con una capa impermeabilizante la parte excavada; para evitar las filtraciones. Requiere un espacio mayor debido al talud, ya que el área crítica está a nivel de la superficie del medio filtrante. El volumen total de arena es menor.

### f) Sistema de drenaje

Los sistemas de drenaje del filtro lento pueden ser de diferente tipo, principalmente: (1) Ladrillos tendidos de canto, con otros ladrillos encima tendidos de plano, dejando un espaciamiento de 1 cm entre los

lados. El conjunto drena hacia un canal colector central, que recolecta todo el flujo del filtro. (2) Bloques de concreto poroso en forma de puente, que confluyen también a un canal central. (3) Tuberías de drenaje perforadas con orificios no mayores de 1" (2.54 cms). Estas tuberías pueden desembocar en forma de espina de pescado a un conducto o tubería central o a un pozo lateral con una pendiente del 1% al 2%.

#### **g) Control de rata de flujo**

Los filtros lentos se suelen operar con una velocidad constante de filtración, Esto se puede conseguir: regulando la entrada de agua o regulando la salida. La regulación del flujo a la entrada es quizás la más simple y económica.

Basta colocar en el canal de ingreso, vertederos cuya cresta esté al mismo nivel, de manera que el flujo se reparta por partes iguales en todas las unidades. En el canal se puede dejar además, un vertedero general de exceso o de rebose, para mantener el caudal de entrada constante.

En estas condiciones el nivel del agua en el filtro es variable. Cuando el lecho está limpio, el nivel desciende hasta la altura de la tubería de salida y a medida que se ensucia, el nivel va subiendo hasta llegar a un máximo. En este momento se interrumpe el servicio y se hace la limpieza del lecho. Este sistema tiene las siguientes ventajas:

1. Evita que se produzca pérdida de carga negativa en el lecho.
2. Es por tanto menos propenso a quedar bloqueado por el aire retenido entre los granos.
3. El control de la pérdida de carga se hace observando el nivel de agua en el filtro.
4. La operación es más simple y confiable, pues el filtro disminuye automáticamente su velocidad de filtración, cuando llega al máximo de la pérdida de carga permisible, manteniendo así constante la calidad del agua filtrada, Se fuerza de esta manera al operador a efectuar la limpieza periódica del filtro.

La rata de flujo puede también controlarse a la salida. Se puede usar un sistema de flotador, como en los filtros rápidos o un tubo periscópico, que se deslice dentro de otro, sostenido por un anillo flotante, de manera que mantenga la misma altura de la lámina de agua sobre el rebose, cualquiera sea la pérdida de carga en el filtro .

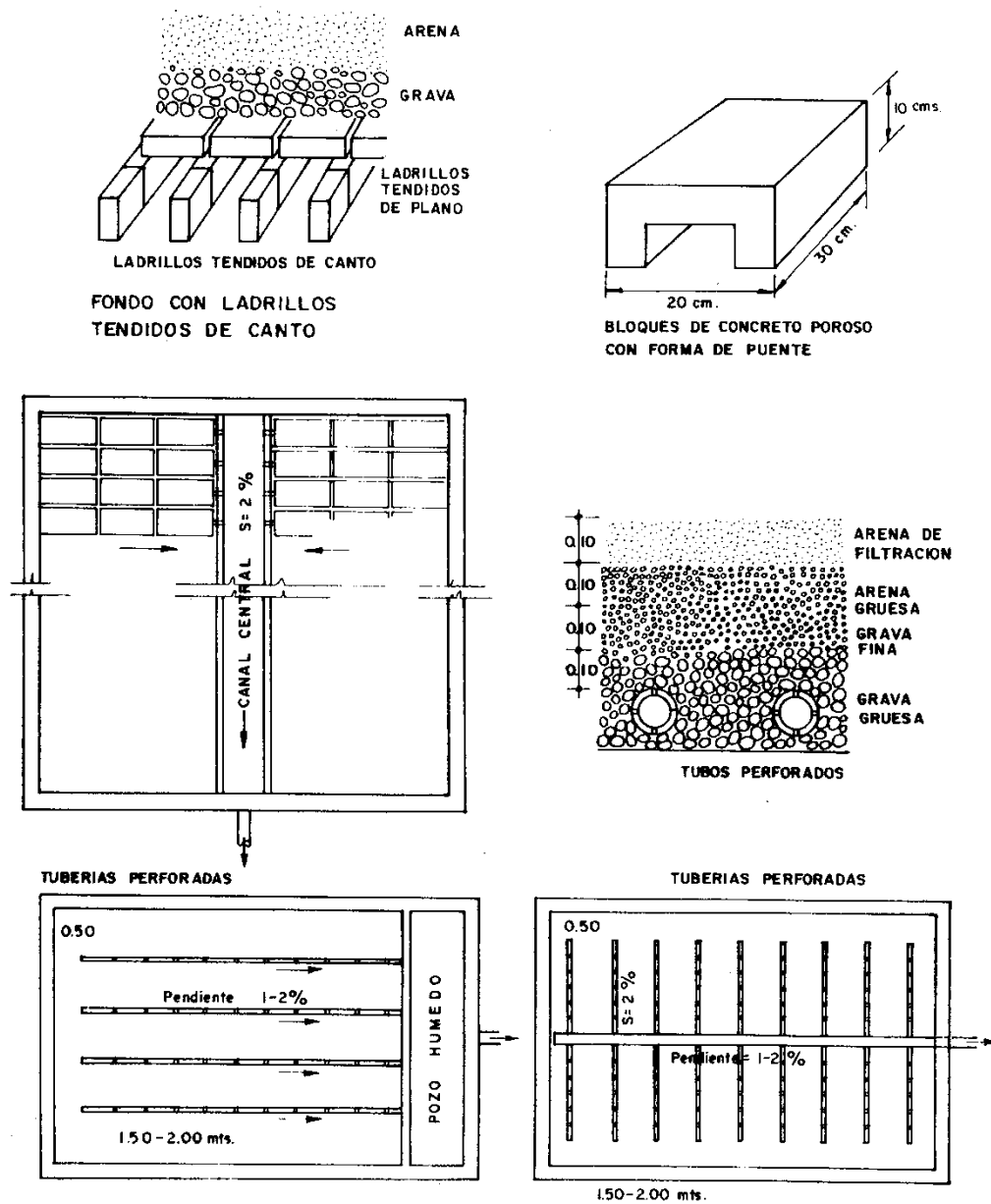


Figura 1. 2: Fondos para filtros lentos  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

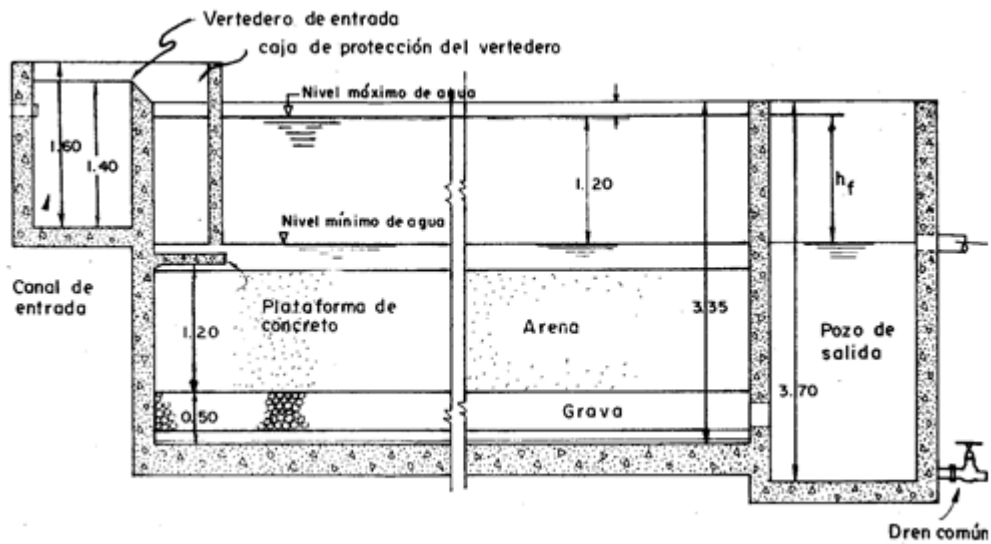


Figura 1. 3: Filtro lento con afluente igualmente distribuido entre las unidades  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

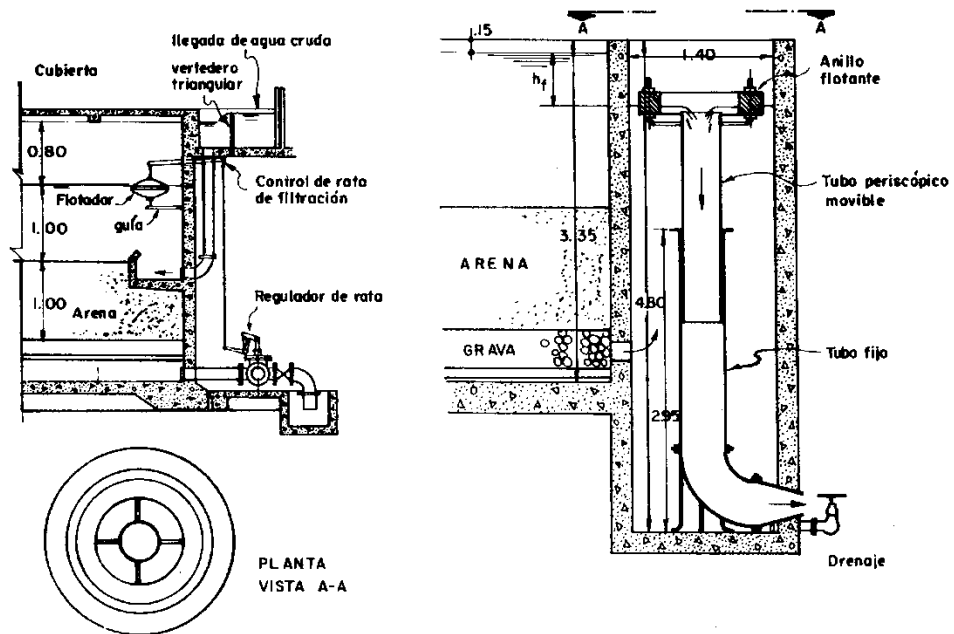


Figura 1. 4: Sistema de control de velocidad de filtración en filtros lentos  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

## h) Limpieza del filtro lento

La limpieza del filtro lento se hace raspando uno o dos centímetros de la superficie del lecho y extrayéndolos. La altura de la capa filtrante va disminuyendo con cada raspado. Generalmente después de 10 a 15

raspados el lecho se ha reducido hasta quedar sólo 60-70 cm y debe colocarse nueva arena en el filtro. En filtros de gran área, como los que existen en Europa, se usan sistemas mecánicos de limpieza que lavan "in situ" la arena y la vuelven a poner automáticamente.

En sistemas intermitentes algunos operadores prefieren después de tres raspados, lavar la arena que han extraído y colocarla de nuevo, para evitar el tener que reponer gran cantidad de medio filtrante de una sola vez, lo que puede ser una operación costosa.

La frecuencia con que haya que hacer la limpieza depende de la calidad del agua cruda. Puede variar desde dos días, hasta dos meses o más según el caso. Frecuentes limpiezas hacen gravoso y antieconómico el funcionamiento de los filtros lentos. El raspado del lecho debe efectuarse, cada vez que la pérdida de carga excede la presión estática sobre los drenes. Cuando hay problemas con aire es conveniente hacerlo más a menudo. Para medir la pérdida de carga es necesario dejar un piezómetro conectado al tubo efluente o a la caja del filtro. Este detalle por desgracia, suele a veces ser olvidado por los diseñadores.

#### **i) Llenado del filtro**

El filtro lento hay que llenarlo por los drenes, para evitar que el aire que existe en el lecho filtrante, pueda quedar atrapado entre los granos y obstruya el paso de! agua durante la operación del filtrado.

Para esto es conveniente dejar una tubería que interconecte todas las unidades, a fin de que cualquier filtro se pueda llenar por el fondo, con el flujo de los otros.

#### **j) Operación de los filtros lentos**

En los filtros lentos además de los mecanismos físico-químicos que intervienen en todo proceso de filtración y que fueron explicados en detalle anteriormente, se realizan una serie de procesos biológicos en forma más acentuada que en los filtros rápidos.



Debido principalmente al hecho de que el agua permanece largo tiempo en contacto con el medio filtrante, pues la limpieza de éste se hace con mucho menos frecuencia, se crea la oportunidad para que proliferen diferentes tipos de microorganismos, tanto en el lecho como en la capa de agua que queda sobre él.

Gran importancia por eso, se ha atribuido a la película biológica que se forma en la superficie del medio filtrante, llamada comúnmente "Schrnutzdecke" (techo de fango). A ella se atribuye la alta eficiencia bacteriológica de los filtros lentos.

Este estrato biológico está compuesto de bacterias, algas filamentosas, diatomáceas y plancton en general. Su actividad suele ser grande en especial cuando el agua cruda permite la penetración de la luz solar, lo que a veces induce un exagerado crecimiento de algas, que pueden ser perjudiciales por cuanto obstruyen el lecho. Hay quienes por eso prefieren cubrir los filtros para protegerlos de la insolación directa, pero esta solución suele ser bastante costosa.

Recién iniciada la operación, la eficiencia bacteriológica del filtro es baja y va aumentando a medida que pasa el tiempo, lo que se suele llamar "proceso de maduración del lecho". Se deduce de aquí que el raspado frecuente del medio filtrante es inconveniente.

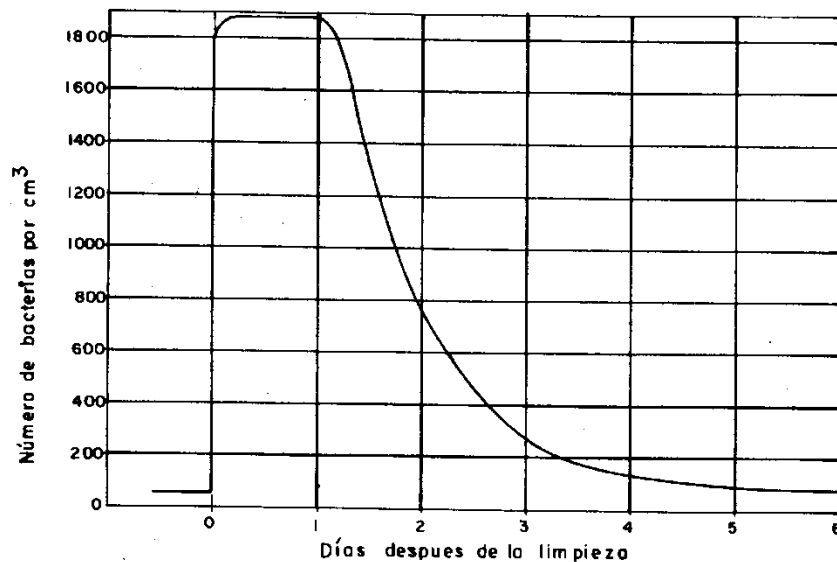


Figura 1. 5: Número de bacterias totales existentes en el efluente de un filtro lento (según Marshall)  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

Por otra parte la eficiencia de los filtros lentos en la eliminación de partículas de turbiedad y color, está limitada por la ausencia de un proceso de coagulación que acondicione el afluente.

La reducción de color es especialmente pobre, un 20% a un 30% solamente debido a las características físico-químicas de este coloide.

La remoción de turbiedad puede llegar hasta un 90% pero generalmente suele ser menor 60%, dependiendo del comportamiento de la suspensión que se filtre.

## 2 Filtros lentos ascendentes

### a) Introducción

Los filtros lentos ascendentes se han estado usando en Escocia desde la última Guerra Mundial. Existe cerca de 20 de ellos en operación, algunos por más de 20 años y han dado muy buenos resultados. La remoción bacteriana ha llegado a ser del 100 % para contaminaciones de 180 NMP. Esencialmente consisten en colocar en el fondo del tanque de almacenamiento una capa de grava fina y de arena que actúe como

filtro lento. Introducir el agua por los drenes, dejar que ascienda a través del lecho filtrante y recolectarla en la parte superior.

La idea nació al investigarse la posibilidad de construir un filtro preliminar de grava como pretratamiento para filtros lentos. Se pensó en hacer un filtro de dos etapas: una ascendente en una cámara especial en donde se habían colocado tres lechos de grava de tamaño decreciente, y otra en que el flujo descendía a través de un lecho de arena fina. Posteriormente se llegó a la conclusión de que ambas operaciones podían realizarse en la misma caja.

#### **b) Especificaciones de los filtros lentos ascendentes**

1. Lecho filtrante: Es el corriente para filtros lentos, con arena de 0.3 mm de tamaño efectivo y 1.7 - 2.0 de coeficiente de uniformidad. Espesor de 0.90 a 1.10m. Este espesor podría pensarse en reducirlo a 0.70 m, ya que no se necesita raspar la superficie del lecho para limpiarlo como en los filtros lentos convencionales. Tampoco hay peligro de fluidización dadas las bajas velocidades de filtración.
2. Grava: de 3/16" (4.76mm) a 1/16" (1.59mm), y de 45 a 60 cm de altura.
3. Drenes: Principal y laterales perforados en tubería de arcilla. Podría utilizarse un falso fondo también.
4. Altura del depósito de agua filtrada sobre el lecho: Se usan 1.20 m lo cual sirve como tanque de almacenamiento. Los ingleses usan 12 horas de período de almacenamiento.
5. Rata de flujo: Alrededor de 500 galones/yarda<sup>2</sup>/día lo que equivale a 2.7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Esta es la rata de flujo que resulta al dejar 12 horas de período de almacenamiento y 1.35 m de altura útil. Podría pensarse en disminuir el almacenamiento a ocho horas y subir la rata de flujo a 3.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día con una profundidad útil de 1.20, para abaratar la estructura.

6. Lavado: El lavado se efectúa abriendo la válvula de drenaje durante unos cinco minutos cada dos meses aproximadamente o cuando la pérdida de carga alcance a 1.20 m. El nivel de agua sobre la arena no debe ser menor de 60 cms cuando se hace el lavado. Según Forsyth, las ventajas de este sistema son las siguientes:
- i. El área adicional para permitir un período fuera de servicio, requerida por los filtros descendentes, no es necesaria cuando se usa lavado hacia abajo. Por otra parte se elimina el costoso raspado y lavado de las capas superiores del medio filtrante. La ventaja de esto es obvia para aquellos que tienen experiencia en la operación de filtros lentos convencionales de arena.
  - ii. En el sistema de drenaje los lodos pueden decantar antes de alcanzar el medio filtrante, a diferencia de lo que sucede en los filtros convencionales, en los cuales toda la sedimentación se realiza en la superficie del lecho.
  - iii. El agua sigue la dirección más lógica, que es la de pasar a través de un medio filtrante de tamaño decreciente, lo que produce una distribución más uniforme del floc retenido.
  - iv. Donde se usa flujo por gravedad, el agua puede ser observada cuando surge desde la superficie del medio filtrante de manera que cualquier arrastre de floc puede ser visto. Además de esto, el riesgo de contaminación no detectado en el sistema de drenaje es nulo, ya que el agua filtrada se toma de la superficie. Aquellos que han escavado en un viejo filtro convencional de arena hasta los drenes, podrán apreciar debidamente este punto.
  - v. La arena requiere muy poco o ningún lavado y dura indefinidamente ya que no hay desgaste o pérdida.
  - vi. Se puede mantener un considerable almacenamiento de agua sobre el medio filtrante, lo que se traduce en una economía en estructuras.

- vii. Se necesita una carga de agua menor para operar el filtro, de modo que el nivel de agua cruda, puede estar más cerca al nivel del agua filtrada, lo que permite estructuras más simples y económicas.
- viii. Los filtros no pueden quedarse secos o quedar tapados por el aire, o generar cargas negativas durante la operación.

Se ha observado, por otra parte, que la eficiencia bacteriológica es más o menos constante después de un período de maduración inicial de 5 a 6 semanas, pues la capa biológica no es removida cada vez que se limpia el lecho, como en los filtros convencionales. Estudios más completos son necesarios sobre este tipo de unidades para poder evaluar en mejor forma su comportamiento.

### **3 Filtros dinámicos**

#### **a) Introducción**

El llamado "Filtro dinámico" es solamente otra variedad del filtro lento.

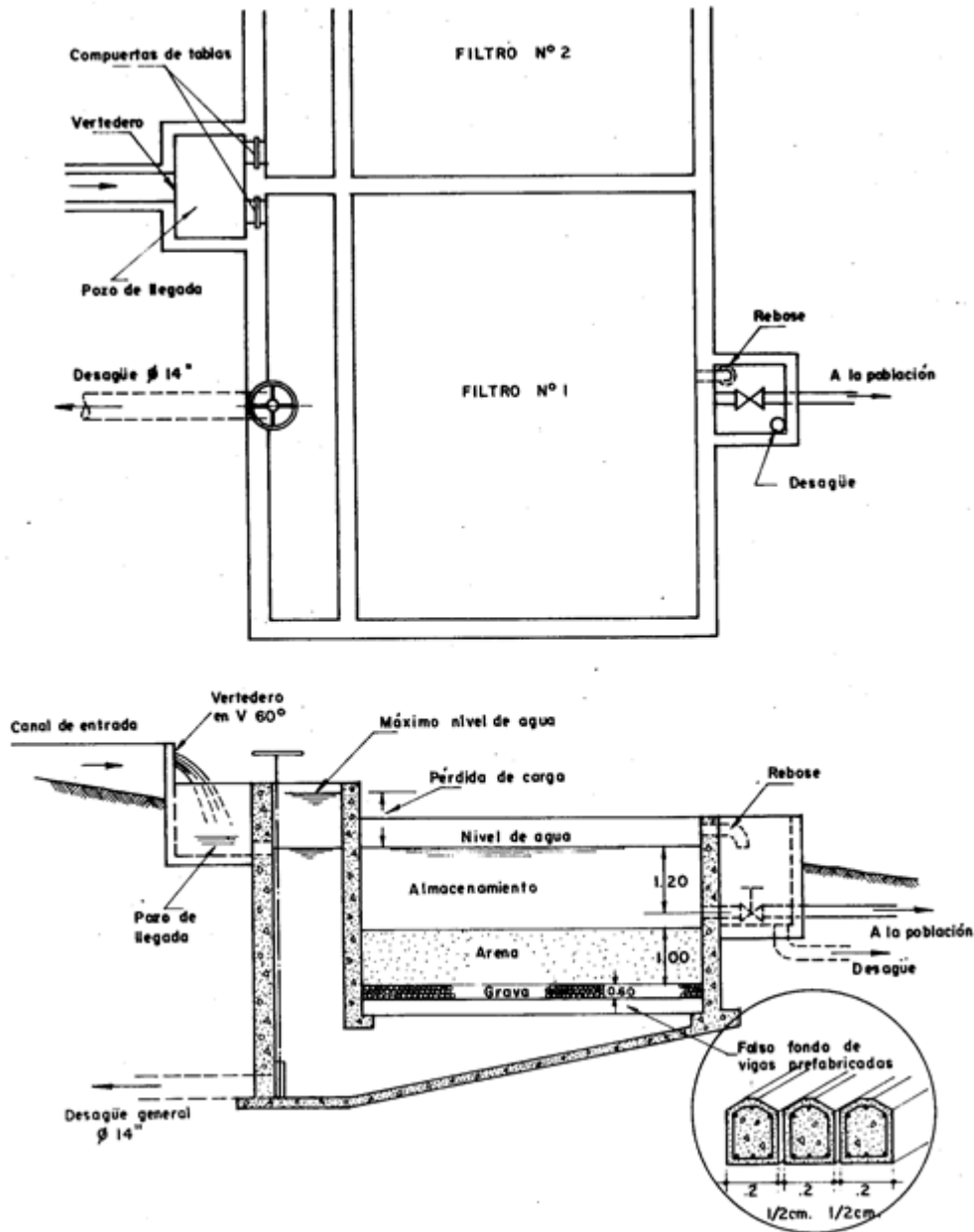


Figura 1. 6: Filtro lento de flujo ascendente  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

Básicamente consiste en un canal de poca profundidad, alrededor de 1 m de altura en el cual se coloca un lecho de arena similar al de los filtros lentos convencionales. El agua fluye por la superficie de este lecho formando una lámina líquida delgada, y se vierte por un vertedero final en un pozo de desagüe, mientras que parte del flujo (10%) se extrae por el fondo, a manera de una galería de infiltración artificial y se lleva al tanque de almacenamiento. La principal limitación de este sistema está,

en que es necesario contar con una fuente de abastecimiento, que tenga un caudal por lo menos 10 veces mayor que el que se piensa derivar.

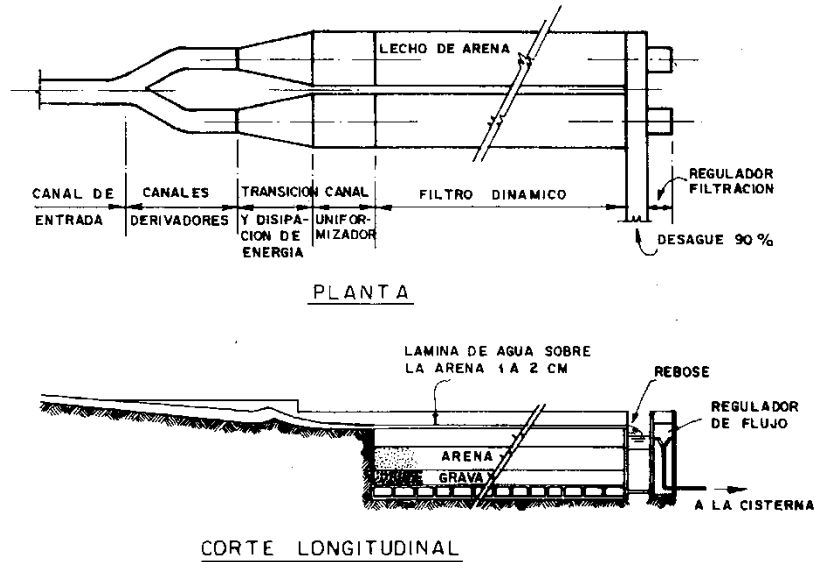


Figura 1. 7: Filtro dinámico  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)

## b) Especificaciones de los filtros dinámicos

1. Forma de los filtros: Los filtros actuales en funcionamiento están diseñados con una relación ancho a largo de  $1 \div 5$ . Se construyen por lo menos 2 unidades cada una de ellas con una capacidad de por lo menos el 65% del flujo requerido y preferentemente del 100%.
2. Altura del agua sobre el lecho: El agua corre por encima del lecho filtrante con una velocidad de 0.25 a 0.35 m/seg lo que produce una lámina de 10 a 30 mm de espesor. Un décimo del flujo total que pasa sobre el lecho, se deriva a un pozo lateral en el cual se coloca un regulador de caudal. La máxima velocidad superficial permisible, es función del tamaño y peso específico de los granos de arena. Una velocidad demasiado alta puede producir mucho arrastre del medio filtrante y una muy baja no crea el efecto de limpieza permanente de las capas superiores de

lecho que se busca. Se le deja por eso una pendiente entre la cota de entrada y la cota del vertedero de salida del 0.6 % aproximadamente. Los cálculos del flujo pueden efectuarse con la fórmula de Manning.

3. Velocidad de filtración: Las ratas de filtración pueden ser las mismas que se usan para filtros lentos, esto es entre 2 y 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.
4. Lecho filtrante: El lecho filtrante puede ser de las mismas características del que se usa en los filtros lentos.
5. Falso fondo del filtro: Se usan preferentemente como falso fondo, los de ladrillo de canto, sobre los cuales va un ladrillo de plano.
6. Regulador de caudal: El regulador de caudal más usado es el del tubo periscópico, acoplado a un sistema de flotadores que se desliza dentro de un tubo fijo. Al variar la posición de los flotadores, se cambia la altura de la lámina de agua sobre el vertedero periférico del tubo movable y por tanto se varía el gasto. Este regulador es similar al que se emplea en los filtros lentos convencionales. Otros tipos de controladores usados en ellos, también pueden utilizarse en este caso.

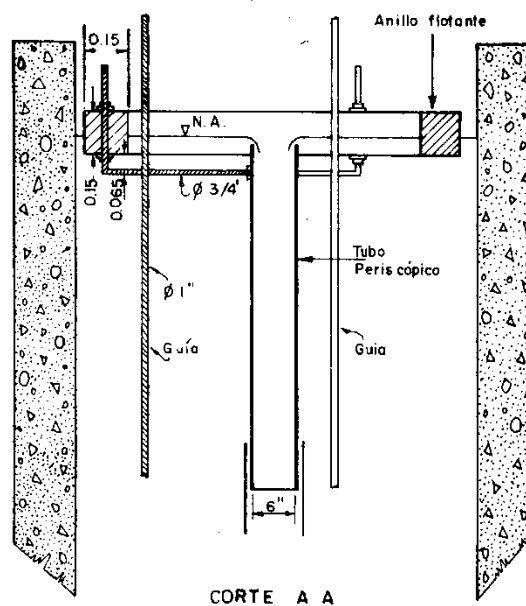


Figura 1. 8: Regulador de caudal por flotador para filtro lento  
Fuente: Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua (OMS)



7. Canal de entrada: El canal de entrada se calcula de acuerdo con las fórmulas conocidas, para régimen de flujo constante, preferentemente se usa la fórmula de Manning.
8. Canales derivadores: Estos canales tienen por objeto distribuir el flujo del canal de entrada, en 2 partes iguales, a cada una de las unidades. Debe dejárseles una compuerta para interrumpir el flujo, en cualquiera de los ramales, cuando se quiera hacer la limpieza de uno de los filtros.
9. Transición: Los canales derivadores se expanden para alcanzar el ancho de cada una de las unidades. Debe calcularse el régimen hidráulico correspondiente.
10. Sector de entrada: El sector de entrada es uno de los puntos críticos en este tipo de filtros. Para que no haya arrastre de arena se necesita que el flujo entre a la zona de filtración en la forma más suave posible. Cualquier turbulencia que se produzca, puede conducir a la abertura de huecos o formación de montículos de material, que dificultan o trastornan el paso del agua. Por eso se deja este sector de aquietamiento en concreto, que sirve para romper la energía antes de que el flujo llegue a la zona de filtración.
11. Pozo de regulación: Desde los drenes del filtro sale una tubería que lleva el agua hasta un pequeño pozo de regulación en donde se coloca el controlador de caudal. La pérdida de carga viene a quedar medida por la diferencia de nivel entre la superficie de la lámina líquida sobre el lecho filtrante y la superficie del agua en este pozo.
12. Operación y limpieza del filtro: El filtro dinámico desde que empieza a trabajar lo hace con pérdida de carga negativa, puesto que el espesor de la lámina de agua sobre el lecho es muy pequeño. Tiene en cambio la ventaja de que al pasar el flujo con una velocidad relativamente alta sobre la arena, arrastra las

partículas en suspensión que el agua contiene y mantiene relativamente limpia la superficie. Por esta razón el lavado se hace rastrillando las capas superiores del lecho y sólo ocasionalmente es necesario hacer un raspado del medio filtrante.

Es de esperar sin embargo, que la película biológica que se forme en estos filtros, no tenga la misma efectividad que la de los filtros lentos, y por tanto la reducción bacterial sea menor.

La mayor ventaja de este tipo de filtros está en que su costo de construcción es muy bajo, ya que las paredes, cuya altura es de sólo 0.90 a 1.0 m, pueden ser hechas de concreto simple, o de ladrillo impermeabilizado. Mayores estudios se requieren para obtener una información más completa sobre este tema.

### 1.2.10 Diseño de filtro lento de arena

Una unidad de filtración lenta en arena consta generalmente de los siguientes elementos: a) caja de filtración y estructura de entrada, b) sistema de drenaje, c) lecho filtrante, d) capa de agua sobrenadante y e) dispositivos para regulación, control y rebose. (OPS, 2005)

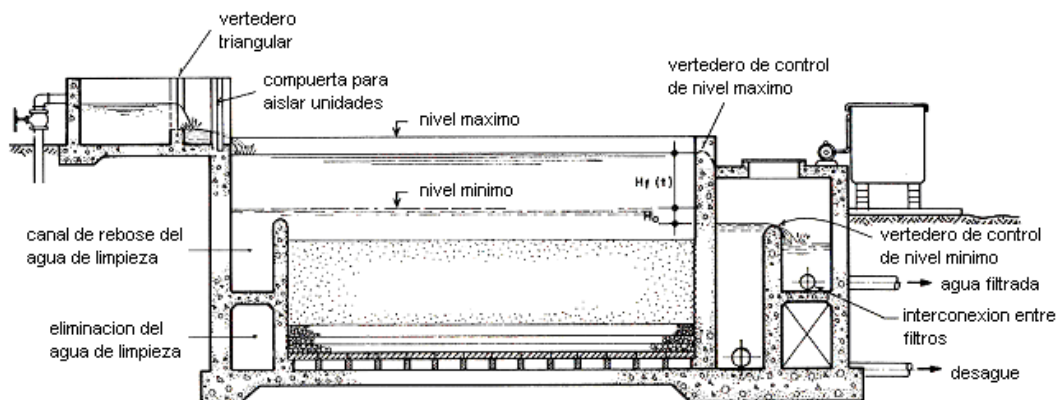


Figura 1. 9 : Corte longitudinal de un filtro lento de arena  
Fuente: OPS (2015)

#### a) Caja de filtración y su estructura de entrada:

La caja del filtro posee un área superficial condicionada por el caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros especificados para operar en paralelo.

Se recomiendan áreas de filtración máxima por módulo de 100 m<sup>2</sup> para facilitar las labores manuales de operación y mantenimiento el filtro.

La estructura consta de un vertedor de excesos, canales o conductos para distribución, dispositivos para medición y control de flujo, cámara de entrada y ventana de acceso al filtro propiamente dicho.

**b) Lecho filtrante:**

El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.

Tabla 1. 2: Granulometría del lecho filtrante

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Altura de arena (m)	
Inicial	1.00
Mínima	0.50
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 – 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 – 0.3

Fuente: OPS (2015)

La velocidad de filtración varía entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. A mayor contaminación del agua afluyente menor velocidad de filtración.

La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

**c) Sistema de drenaje, que incluye lecho de soporte y cámara de salida:**

El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo nivel o 0.10 m. por encima de la superficie del lecho filtrante.

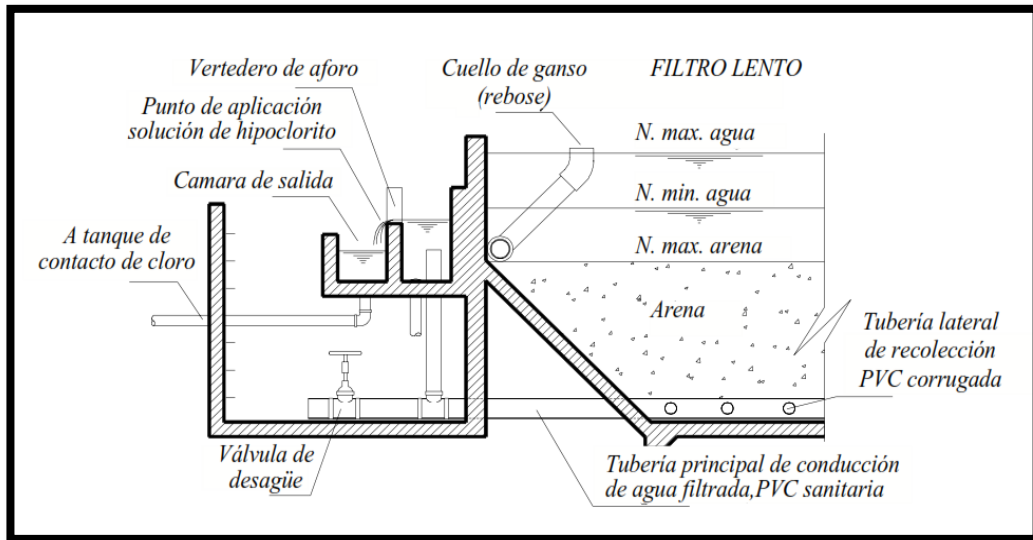


Figura 1. 10 : Estructura de salida de un filtro lento de arena  
Fuente: OPS (2015)

#### d) Capa de agua sobrenadante:

Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 1.0 a 1.5 m. y un borde libre entre los 0.2 y 0.3 m.

#### e) Conjunto de dispositivos para regulación, control y rebose de flujo:

- Válvula para controlar entrada de agua pretratada y regular velocidad de filtración
- Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, “cuello de ganso”.
- Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia
- Válvula para drenar lecho filtrante
- Válvula para desechar agua tratada
- Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia
- Vertedero de entrada
- Indicador calibrado de flujo
- Vertedero de salida
- Vertedero de excesos

## Dimensionamiento

a) Caudal de diseño (Qd): Se expresa en (m<sup>3</sup>/h)

b) Número de unidades (N): Mínimo dos unidades de filtración

c) Área superficial

(As): Área superficial

$$As = \frac{Qd}{N * Vf}$$

Dónde:

As = m<sup>2</sup>

Vf = velocidad de filtración (m/h)

Qd = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h)

N = número de unidades

b) Coeficiente de mínimo costo (K):

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

c) Longitud de unidad:

$$L = \sqrt{As * K}$$

d) Ancho de unidad:

$$b = \sqrt{As/K}$$

e) Velocidad de filtración real (VR):

$$VR = \frac{Qd}{2 * A * B}$$

f) Sistema de drenaje:

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

g) Pérdidas de carga:

Se producen pérdidas de carga en las tuberías, en las válvulas, lecho filtrante, drenes y vertederos.

- Lecho filtrante: Esta en función de la granulometría del material, velocidad de filtración.
- Drenes: (menor a 10%)

$$hd = 0.33 * \lambda * \frac{1}{dh} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde,

dh : diámetro hidráulico

$\lambda$ : coeficiente de fricción de colebrook

v: velocidad del dren,

$$dh = \frac{4 * Ad}{P}$$

Donde,

Ad : área del dren

P: perímetro del dren

- Compuerta de entrada:

$$hf1 = \frac{K * v^2}{2 * g}$$

$$v = \frac{Vf * Af}{AC}$$

Donde,

AC : área de la compuerta (m<sup>2</sup>)

Af : área de filtración (m<sup>2</sup>)

VF : velocidad de filtración (m/s)

- Vertedero de salida:

$$hf2 = \left( \frac{Qd}{1.84 * Lv} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde,

Lv = longitud de cresta del vertedero general (m)

$Q_d$  = caudal de diseño ( $m^3/h$ )

### **1.2.11 Muestreo de agua**

#### **Metodología de muestreo**

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras. (ANA, 2011)

#### **Toma de muestra en aguas superficiales**

Las muestras de agua deberán recogerse lo más cerca al centro del cuerpo de agua (río, quebrada) y en contra de la corriente al flujo de agua, evitando alterar las condiciones reales. Cuando no se presente las condiciones apropiadas para el recojo de muestras del cuerpo de agua, se podrá hacer uso de un brazo telescópico debidamente diseñado para el recojo de muestras lo más alejado de la orilla, donde la turbulencia sea mínima y el cuerpo presente condiciones homogéneas.

En los casos en que no es posible recoger las muestras del centro del río, por los riesgos que representan las corrientes fuertes, la profundidad, falta de implementos de seguridad o el apoyo logístico necesario, se deberá ubicar el punto en zona de orilla o en una zona apropiada para la toma de muestra, buscando que la muestra sea representativa del cuerpo de agua (ANA, 2011)

#### **Trabajo de campo**

El trabajo de campo se inicia con la preparación del material necesarios para la toma de muestra y la selección del personal capacitado para el desarrollo del monitoreo. En ocasiones los cuerpos de agua a evaluar se encuentran distantes y alejados de las ciudades, es por ello que es necesario verificar con una lista de chequeo (check list) que se tienen todos los implementos para salir al campo.

Es necesario contar con un mapa de la cuenca donde se ha establecido previamente los puntos de monitoreo considerados. De ser posible, las

coordenadas de cada punto deben ser introducido en un GPS para facilitar su ubicación. En caso que los puntos de monitoreo se encuentren en un lago, laguna o mar, también será necesario tener un mapa de los puntos de monitoreo ubicados en los transectos a evaluar.

El trabajo de pre campo consiste en preparar con anticipación los materiales de laboratorio, buffers de pH y conductividad, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), equipos portátiles, mapa con los puntos de monitoreo, movilidad, baterías de equipos, etc. Este trabajo previo tiene como objetivo cubrir todo los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva (ANA, 2011)

### **Toma de muestra por parámetro**

#### **Parámetros biológicos y microbiológicos**

Estos parámetros requieren de frascos de plástico o vidrio previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene. Durante la toma de muestras, el frasco debe destaparse el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterara los resultados. También requieren dejar un espacio libre para la homogenización de las muestra, aproximadamente 5% del volumen del frasco, para evitar acelerar la mortandad de bacterias. La toma de muestra microbiológica deberá realizarse a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos para las muestras deben ser de vidrio y esterilizados, no deben ser sometidos al enjuague, la toma de muestra es directa dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. (ANA, 2011)

#### **Parámetros físico químicos**

Generalmente estas muestras pueden ser tomadas en frascos de plástico directamente del cuerpo de agua. Antes se debe realizar el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este procedimiento tiene por finalidad la eliminación de



posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros deberá provenir del interior del cuerpo de agua en los primeros 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Tener en cuenta que las muestras se toman en contra corriente y colocando el frasco con un ángulo apropiado para el ingreso de agua. Estas muestras no requieren ser llenadas al 100%, pero en caso se requiera la adición de preservante se dejara cierto volumen libre para la adición del preservante respectivo. Luego de cerrar el frasco es necesario hacer la homogenización de muestra, mediante agitación. En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca. (ANA, 2011)

### **1.3 MARCO LEGAL**

#### **a. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

El 26 de setiembre del 2010, mediante decreto supremo N° 031-2010-SA, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), aprueba el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, el cual tiene como finalidad establecer las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgo sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población y es de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo.

#### **“Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” N° 031-2010-SA**

##### **Título IX**

##### **Requisitos de calidad del agua para consumo humano**

**Artículo 59°.-** Agua apta para el consumo humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

**Artículo 60°.-** Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta de:

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

**Artículo 61°.-** Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

**Artículo 62°.-** Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo III del presente Reglamento.

**Artículo 63°.-** Parámetros de control obligatorio (PCO)

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;

3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

**Artículo 64°.-** Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)

De comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en los numerales del presente artículo, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el presente Reglamento, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca, se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO) obligatorio a los indicados en el artículo precedente.

7. Parámetros microbiológicos

Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.

8. Parámetros organolépticos

Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad;

9. Parámetros inorgánicos

Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, fluor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio.

10. Parámetros radiactivos

Esta condición permanecerá hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en la presente

norma, en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.

En caso tengan que hacerse análisis de los parámetros orgánicos del Anexo III y que no haya capacidad técnica para su determinación en el país, el proveedor de servicios se hará responsable de cumplir con esta caracterización, las veces que la autoridad de salud determine.

En caso que el proveedor excediera los plazos que la autoridad ha dispuesto para cumplir con los LMP para el parámetro adicional de control, la Autoridad de Salud aplicará medidas preventivas y correctivas que correspondan de acuerdo a ley sobre el proveedor, y deberá efectuar las coordinaciones necesarias con las autoridades previstas en los artículos 10°, 11° y 12° del presente Reglamento, para tomar medidas que protejan la salud y prevengan todo brote de enfermedades causado por el consumo de dicha agua.

**Artículo 65°.-** Parámetros inorgánicos y orgánicos adicionales de control  
Si en la vigilancia sanitaria o en la acción de supervisión del agua para consumo humano de acuerdo al plan de control de calidad (PCC) se comprobare la presencia de cualquiera de los parámetros que exceden los LMP señalados en el Anexo III del presente Reglamento, la Autoridad de Salud y los proveedores de agua procederán de acuerdo a las disposiciones señaladas en el artículo precedente.

**Artículo 66°.-** Control de desinfectante

Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

## Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

### **Artículo 67°.-** Control por contaminación microbiológica

Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias coliformes totales ni termotolerantes.

### **Artículo 68°.-** Control de parámetros químicos

Cuando se detecte la presencia de uno o más parámetros químicos que supere el límite máximo permisible, en una muestra tomada en la salida de la planta de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios o en la red de distribución, el proveedor efectuará un nuevo muestreo y de corroborarse el resultado del primer muestreo investigará las causas para adoptar las medidas correctivas, e inmediatamente comunicará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, a fin de establecer medidas sanitarias para proteger la salud de los consumidores y otras que se requieran en coordinación con otras instituciones del sector.

### **Artículo 69°.-** Tratamiento del agua cruda

El proveedor suministrará agua para consumo humano previo tratamiento del agua cruda. El tratamiento se realizará de acuerdo a la calidad del agua cruda, en caso que ésta provenga de una fuente subterránea y cumpla los límites máximos permisibles (LMP) señalados en los Anexos del presente Reglamento, deberá ser desinfectada previo al suministro a los consumidores.

### **Artículo 70°.-** Sistema de tratamiento de agua

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA emitirá la norma sanitaria que regula las condiciones que debe presentar un sistema de

tratamiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas técnicas de diseño del MVCS, tanto para el ámbito urbano como para el ámbito rural.

**Artículo 71.-** Muestreo, frecuencia y análisis de parámetros

La frecuencia de muestreo, el número de muestras y los métodos analíticos correspondientes para cada parámetro normado en el presente Reglamento, serán establecidos mediante Resolución Ministerial del Ministerio de Salud, la misma que deberá estar sustentada en un informe técnico emitido por DIGESA.

**Artículo 72°.-** Pruebas analíticas confiables

Las pruebas analíticas deben realizarse en laboratorios que tengan como responsables de los análisis a profesionales colegiados habilitados de ciencias e ingeniería, además deben contar con métodos, procedimientos y técnicas debidamente confiables y basados en métodos normalizados para el análisis de agua para consumo humano de reconocimiento internacional, en donde aseguren que los límites de detección del método para cada parámetro a analizar estén por debajo de los límites máximos permisibles señalados en el presente Reglamento. Las indicaciones señaladas en el párrafo anterior son aplicables para el caso de los parámetros orgánicos del Anexo III y radioactivos del Anexo IV que tengan que ser determinados en laboratorios del exterior.

**Artículo 73°.-** Excepción por desastres naturales

En caso de emergencias por desastres naturales, la DIRESA o GRS o la DISA podrán conceder excepciones a los proveedores en cuanto al cumplimiento de las concentraciones de los parámetros establecidos en el Anexo II del presente Reglamento siempre y cuando no cause daño a la salud, por el periodo que dure la emergencia, la misma que comunicará a la Autoridad de Salud de nivel nacional.

**Artículo 74°.-** Revisión de los requisitos de calidad del agua

Los requisitos de calidad del agua para consumo humano establecidos por el presente Reglamento se someterán a revisión por la Autoridad de Salud del nivel nacional, cada cinco (05) años.

**Artículo 75º.-** Excepción para LMP de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica

Los proveedores podrán solicitar temporalmente a la Autoridad de Salud la excepción del cumplimiento de los valores límites máximos permisibles de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica, señalados en la Anexo II. Dicha solicitud deberá estar acompañada de un estudio técnico que sustente que la salud de la población no está en riesgo por el consumo del agua suministrada y que la característica organoléptica es de aceptación por el consumidor. (Dirección General de Salud, 2011)

Tabla 1. 3 : Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

**ANEXO I**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

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

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Tabla 1. 4 : Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

**ANEXO II**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	μmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero  
 UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.



## **II MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El estudio se realizó en el centro poblado de Pampachacra que está dentro del área de influencia del botadero municipal de Huancavelica, Pampachacra se halla situado en el distrito, provincia y región de Huancavelica, a siete kilómetros por carretera de la ciudad de Huancavelica en la vía Huancavelica - Lircay. Según las coordenadas geográficas se encuentra al sureste de esta ciudad. En función a los pisos ecológicos, está en la región Suni, a una altura de 3,720 m.s.n.m.

Las coordenadas del área de influencia se encuentra en: Zona 18 L coordenadas Este: 508745.06; coordenadas Norte 8583931.72.

#### **2.1.1 Ubicación política**

Región : Huancavelica  
Provincia : Huancavelica  
Distrito : Huancavelica  
Localidad : Pampachacra

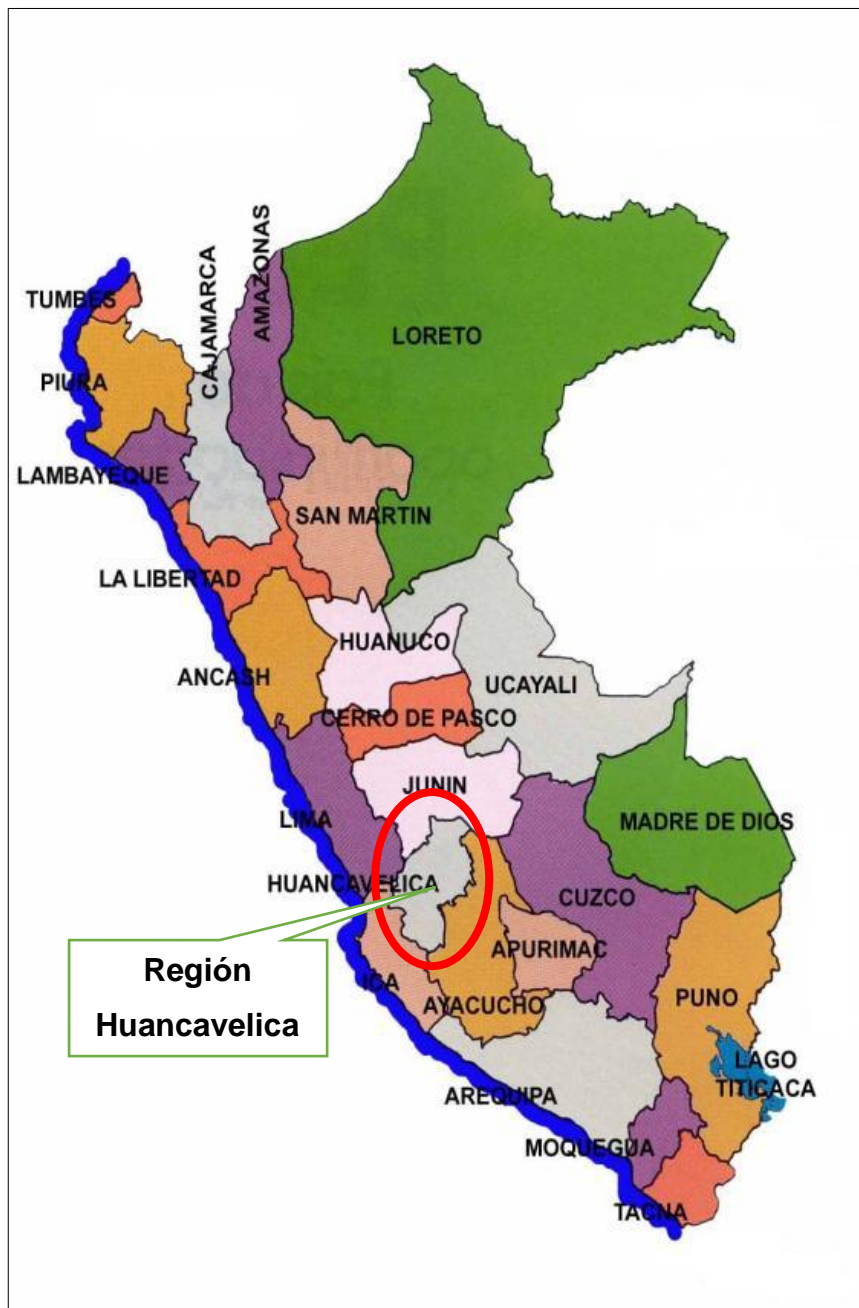


Figura 2. 1: Mapa nacional del Perú



Figura 2: Mapa regional de Huancavelica  
Fuente: Instituto geográfico nacional



Figura 2. 3: Ubicación del centro poblado de Pampachacra.  
Fuente: <https://www.google.com/maps>

### 2.1.2 Límites de la comunidad de Pampachacra

- Por el este con la comunidad campesina de Matipaqana.
- Por el oeste con las comunidades campesinas de Pueblo Libre y Huaylacucho Arinapata.
- Por el norte con la comunidad campesina de Pumaccoria.
- Por el sur con la comunidad de Santa Bárbara.

### 2.1.3 Descripción climatológica

#### a. Clima:

Referente al clima es bastante variado producto de su relación estrecha con el relieve, pues este último ejerce una marcada influencia en la dinámica climática, presentándose los climas frío y con gran sequedad de la atmósfera en las zonas de la cordillera alta con cumbres nevadas y templado en los valles interandinos y quebradas de los ríos. A mayor altitud el clima se presenta frío y muy seco, con fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche, con frecuencia de heladas, presencia de nevadas y granizo, así como precipitaciones pluviales.

Típicamente durante el año se distingue periodo seco durante el invierno (mayo a setiembre) y periodo de lluvias con precipitaciones

durante el verano (octubre a abril), las cuales son más intensas entre diciembre - marzo.

**b. Altitud**

El centro poblado de Pampachacra está a una altitud de 3,720 m.s.n.m.

**c. Precipitación**

Presenta variaciones climáticas, por lo tanto la precipitación anual varía desde 350 mm. a 1000 mm. Las lluvias con mayor intensidad se producen en los meses de diciembre a marzo, sin embargo no es rara la existencia de precipitaciones en los meses de junio, julio o agosto.

**d. Temperatura**

La temperatura promedio mensual máxima es de 13°C, la temperatura promedio mensual mínima es de -3°C y la temperatura promedio mensual es de 4°C; manteniéndose durante las noches un grado estable de congelación.

**2.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

**2.2.1 Materiales**

- Wincha
- Cronómetro
- Recipiente de muestreo de agua de 250 ml
- Cooler para transporte de muestras
- Materiales de escritorio
- Libreta de campo
- Balde

**2.2.2 Equipos**

- GPS
- Turbidímetro HI 93703 Hanna
- Clorímetro Hanna

- Computadora
- Movilidad
- Cámara fotográfica

## **2.3 MÉTODO**

### **2.3.1 Metodología de investigación**

#### **Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación se ajusta al tipo descriptivo, sobre la que se buscó evaluar la calidad del agua en el centro poblado de Pampachacra que está dentro del área de influencia del botadero municipal de Huancavelica. Los estudios descriptivos se caracterizan por la selección de una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga.

#### **Nivel de investigación**

El nivel de investigación será observacional descriptiva.

#### **Diseño de investigación**

El tipo de investigación es no experimental y lo que se hace en este tipo de investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlas.

### **2.3.2 Fase de campo**

#### **Metodología de muestreo**

La metodología de muestreo fue de acuerdo a los lineamientos de la dirección general de salud ambiental (DIGESA), según establece la norma en el protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano, el mismo que indica los pasos a seguir a fin de asegurar que las muestras sean representativas:

**a. Procedimiento de muestreo**

El reglamento de calidad de agua para consumo humano del decreto supremo N° 031-2010-SA, del ministerio de salud, define los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria, determina la ubicación de los puntos de muestreo, toma de muestra y frecuencia, en el marco de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. (DIGESA, 2015)

- **Ubicación de puntos de muestreo**

Se programó la ubicación y número de muestras a tomar, previo estudio de las facilidades de acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo.

Se tomaron los siguientes criterios:

**Puntos fijos**

Se localizó los siguientes puntos fijos de muestreo:

**En la captación**

El punto de muestreo se localizó obligatoriamente en el punto de captación de tipo manantial fuente de abastecimiento de agua. Así mismo, el sistema de abastecimiento de agua cuenta con dos fuentes de agua, el muestreo se hizo en el buzón de reunión.





Figura 2. 4: Toma de muestra en buzón de reunión



Figura 2. 5: Lectura de turbidez de agua en la captación

### **En la infraestructura de almacenamiento (reservorio)**

El punto de muestreo se localizó en un grifo de la vivienda más cercana al reservorio, que se abastece de la red de distribución.





Figura 2. 6: Toma de muestra, lectura de turbidez y cloro residual en reservorio

### **En la red de distribución**

En una red abierta, el punto fijo de muestreo se ubicó en área intermedia de la red de distribución, teniendo en consideración, el recorrido de agua más largo.



Figura 2. 7: Toma de muestra, lectura de turbidez y cloro residual en domicilio



Figura 2. 8: Toma de muestra, lectura de turbidez y cloro residual en tubería rota improvisado como grifo.

## **b. Toma de muestra**

### **Accesibilidad**

El acceso a los puntos de muestreo es por vía terrestre a través de la carretera Huancavelica – Lircay a partir del 7+000 Km, luego se sigue a pie por una herradura cuesta arriba aproximadamente 2+000 Km donde se ubica la captación; sin dificultad de acceso a los puntos mencionados para tomar la muestra.

El punto de muestreo se identificó y en determinación de la ubicación se utilizó el sistema de posicionamiento satelital (GPS), la misma que se registró en coordenadas UTM.

### **Ubicación de los puntos de muestreo**

Los puntos de muestreo se geo referenciaron con GPS, registrándose las coordenadas UTM, que se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 2. 1: Ubicación de puntos de muestreo en coordenadas UTM

PUNTO DE MUESTREO	POSICION GEOGRAFICA WGS 84		
	ESTE	NORTE	ALTITUD m.s.n.m
Captación Pacurpascca	509199.88	8581977.36	4196
Reservorio	508527.41	8583787.63	4058
Conexión publica – grifo improvisado	508213.75	8583917.20	4026

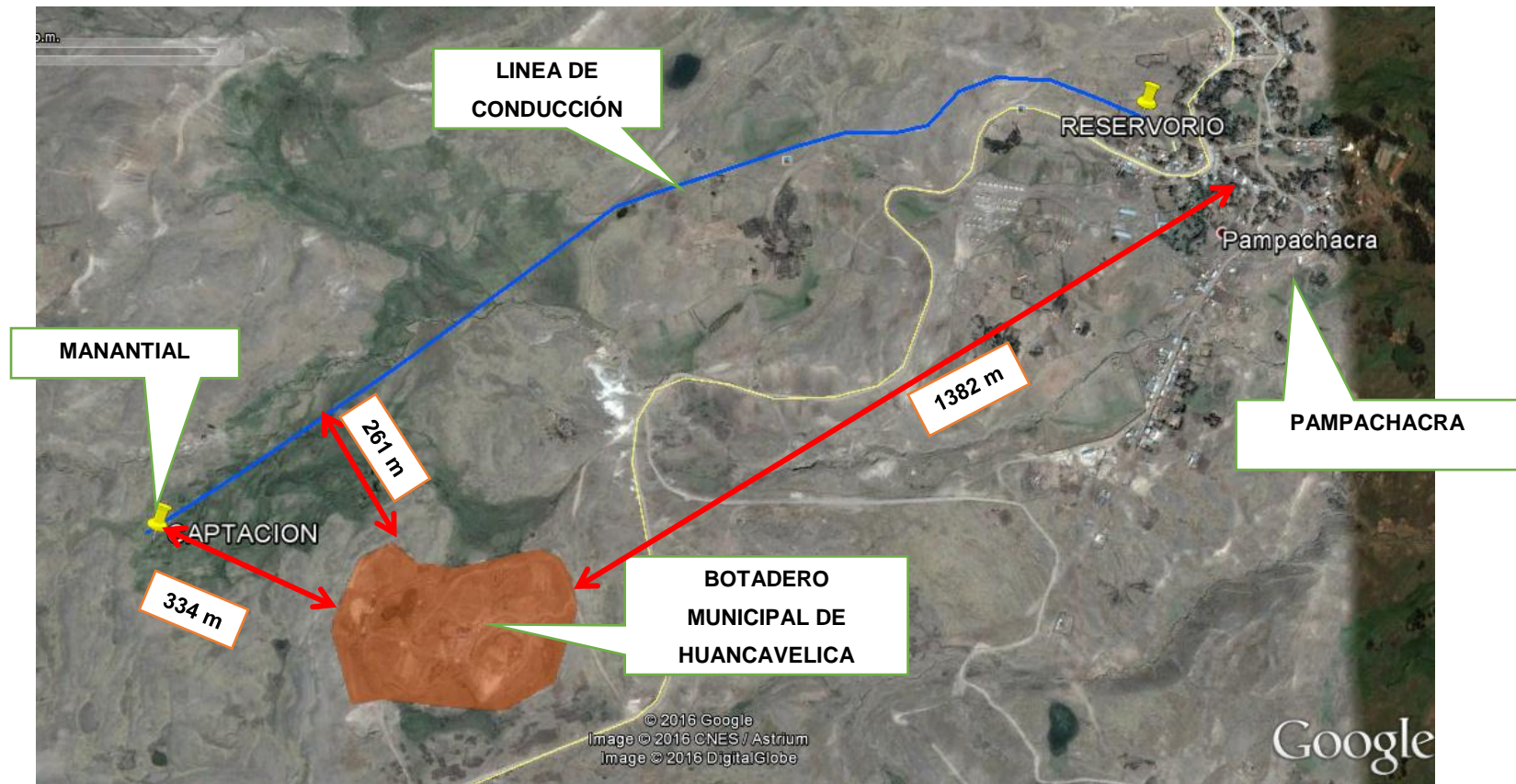


Figura 2. 9: Vista panorámica de ubicación del botadero municipal de Huancavelica

### **c. Frecuencia de muestreo y parámetros**

#### **Frecuencia de muestreos**

Puede afectar el grado de representatividad, cuando el intervalo seleccionado no permita la detección de cambios importantes de las características de calidad de las aguas, por lo que es recomendable establecer una frecuencia mínima de muestreo, que además de evidenciar tales cambios, sea razonable técnica y económicamente.

Por esta razón la frecuencia de muestreo se dio en dos periodos: primer muestreo el 27 de noviembre de 2015, segundo muestreo el 10 de febrero de 2016 y tercer muestreo el 02 de mayo de 2016; la primera y segunda coinciden con la época de lluvias y la tercera con época seca.

#### **Parámetros de control obligatorio**

Son parámetros de control obligatorio los siguientes:

- Coliformes totales
- Coliformes termotolerantes
- Color
- Turbiedad
- Residual de desinfectante (cloro residual)
- pH



### III RESULTADOS

#### a) Resultados del análisis fisicoquímico en el agua para consumo humano

El muestreo para los parámetros fisicoquímicos se tiene de dos fechas del 10 de febrero de 2016 realizada por la DIRESA – Huancavelica y del 02 de mayo de 2016 realizadas en el laboratorio de análisis de suelos, planta, aguas y fertilizantes de UNSCH. Ambas fechas coinciden con la época de lluvias y la época seca respectivamente.

Los resultados obtenidos del parámetro fisicoquímico de calidad de agua se detallan a continuación.

Tabla 3. 1: Resultado de análisis fisicoquímico de agua para consumo humano.

Fecha de muestreo		10/02/2016	02/05/2016		
PARAMETROS:	UNIDADES	Domicilio-Reservorio 1000 Lt rotoplas	Captación	Reservorio	Conexión pública
OLOR	---	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
SABOR	---	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
COLOR	UCV escala Pt/Co	19	---	---	---
TURBIEDAD	UNT	0.74	0.65	0.70	0.72
pH	Valor de pH	7.48	7.62	7.58	7.57
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	87.30	134.00	114.00	110.00
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	---	63	58	57

<b>CLORUROS</b>	mg/L Cl-	2.20	25.92	20.59	19.88
<b>SULFATOS</b>	mg/L SO4=	11	1.44	0.96	0.48
<b>DUREZA TOTAL</b>	mg/L CaCO3	34	52	44	42
<b>HIERRO</b>	mg/L Fe	0.12	0	0	0
<b>COBRE</b>	mg/L Cu	0.02	0	0	0
<b>NITRATOS</b>	mg/L NO3	1	0	0	0

### b) Resultados del análisis bacteriológico en el agua para consumo humano

El resultado del análisis bacteriológico son de tres fechas de muestreos: el primero del 27 de noviembre de 2015 realizado por el laboratorio de la micro red de salud Santa Ana – Huancavelica, el segundo realizado el 10 de febrero de 2016 realizada por la DIRESA – Huancavelica y el tercero el 02 de mayo de 2016 realizadas en el laboratorio de análisis de suelos, planta, aguas y fertilizantes de UNSCH. El primer y segundo muestreo coincide con la época de lluvias y la tercera con la época seca.

Tabla 3. 2: Resultado de análisis bacteriológico de agua para consumo humano (27/11/2015)

FECHA	27/11/2015				
PARAMETROS:	UNIDADES	Captación	Reservorio	Conexión pública	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	100	100	4	
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5 °C	4	3	0	

Tabla 3. 3: Resultado de análisis bacteriológico de agua para consumo humano (10/02/2016)

FECHA	10/02/2016	
PARAMETROS:	UNIDADES	Domicilio-Reservorio 1000 Lt rotoplas
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	20
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5 °C	15

Tabla 3. 4: Resultado de análisis bacteriológico de agua para consumo humano (02/05/2016)

FECHA	02/05/2016				
PARAMETROS:	UNIDADES	Captación	Reservorio	Conexión pública	
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL a 35°C	14	46	52	
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	NMP/100 mL a 44.5 °C	0	12	14	

**c) Determinación de la calidad de agua según valores establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA)**

En la evaluación de parámetros fisicoquímico de las muestras de agua se determinó que cumplen con lo establecido por el reglamento de calidad de agua para consumo humano.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de análisis de parámetros de calidad fisicoquímico del agua comparados con el reglamento de calidad de agua para consumo humano.

**Olor y sabor**

Tabla 3. 5: Resultados de olor y sabor comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA.

Fecha de muestreo		10/02/2016	02/05/2016			D.S.-031-2010
PARAMETROS:	UNIDADES	Domicilio-Reservorio 1000 Lt rotoplas	Captación	Reservorio	Conexión pública	
OLOR	---	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
SABOR	---	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tanto en el primer muestreo como en el segundo muestreo el sabor y olor es aceptable con respecto a lo establecido en el D.S N° 031-2010-SA.

**Color**

El valor máximo aceptable es de 15 unidades platino cobalto, en las muestras tomadas el 10 de febrero de 2016 el color supera a lo establecido por el reglamento, obteniendo 19 unidades platino cobalto.



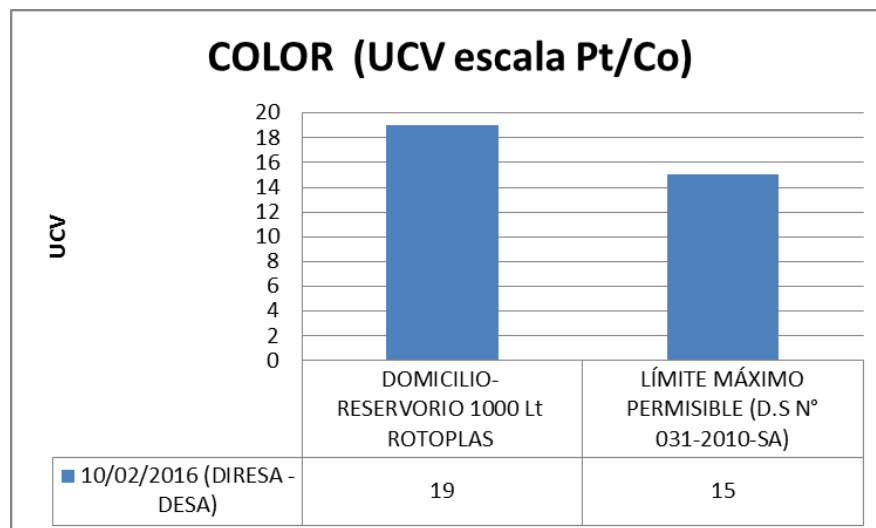


Figura 3. 1: Resultados de color comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

### Turbiedad

En todos los puntos muestreados el valor de este parámetro no superó el límite máximo permisible de 5 Unidades Nefelométrías de turbiedad (UNT)

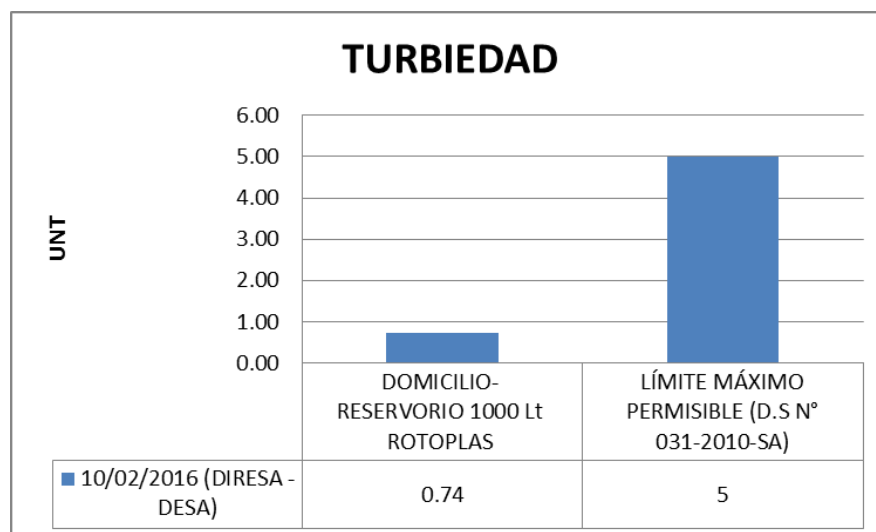


Figura 3. 2: Resultados de turbiedad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

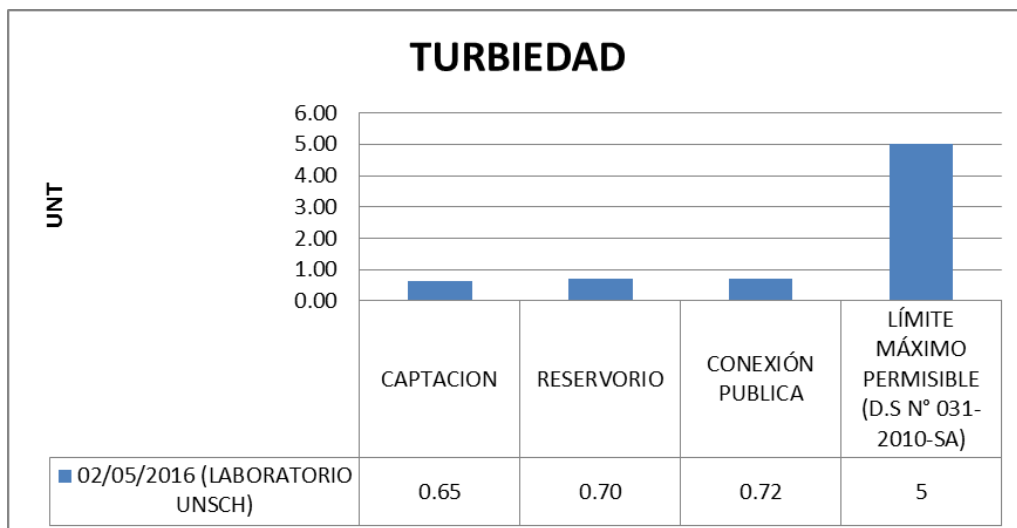


Figura 3. 3: Resultados de turbiedad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

## pH

El valor establecido para este parámetro en la normatividad vigente esta de 6.5 a 8.5, en este estudio todas las muestras analizadas cumplen con este valor.

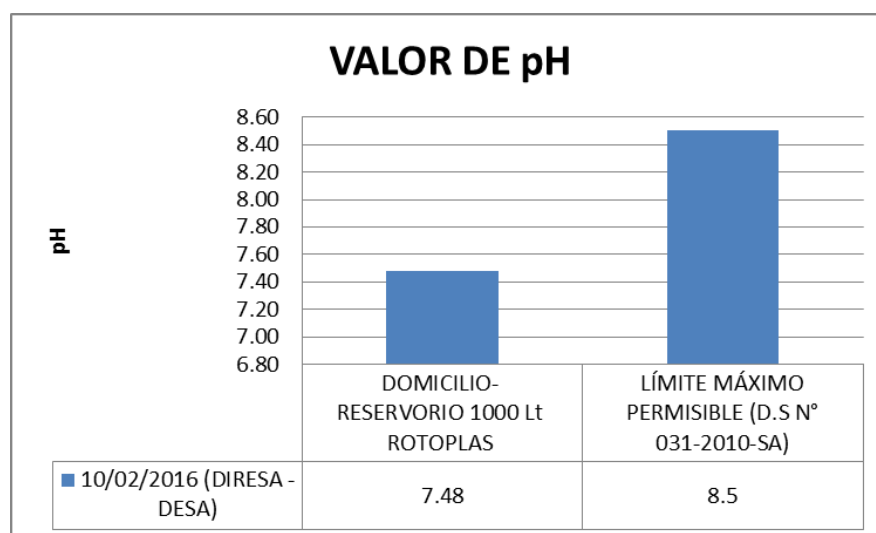


Figura 3. 4: Resultados de pH comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

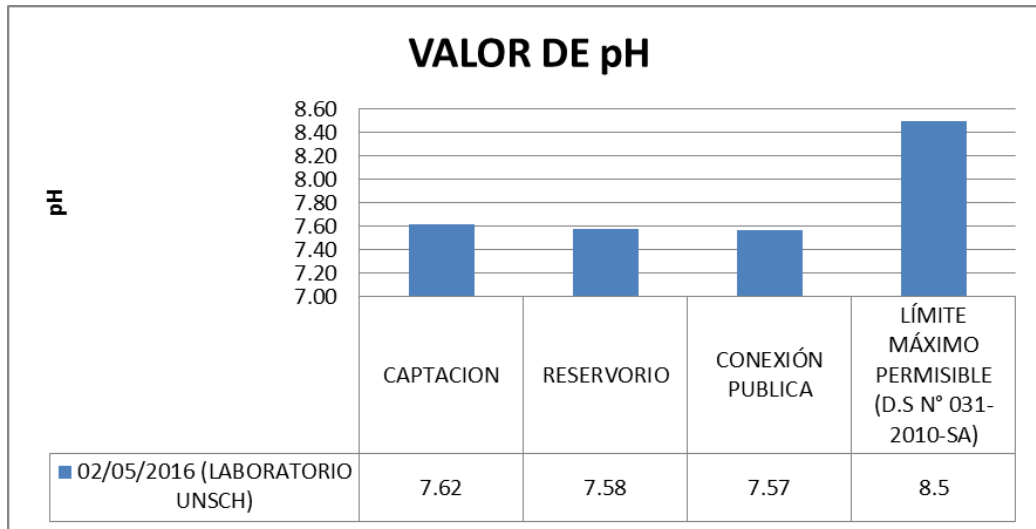


Figura 3. 5: Resultados de pH comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Conductividad

En todos los puntos muestreados el valor de este parámetro no superó el límite máximo permisible de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

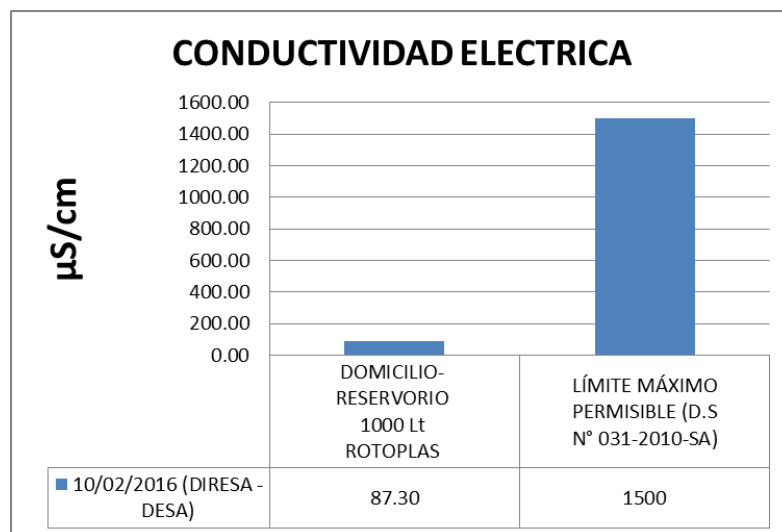


Figura 3. 6: Resultados de conductividad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

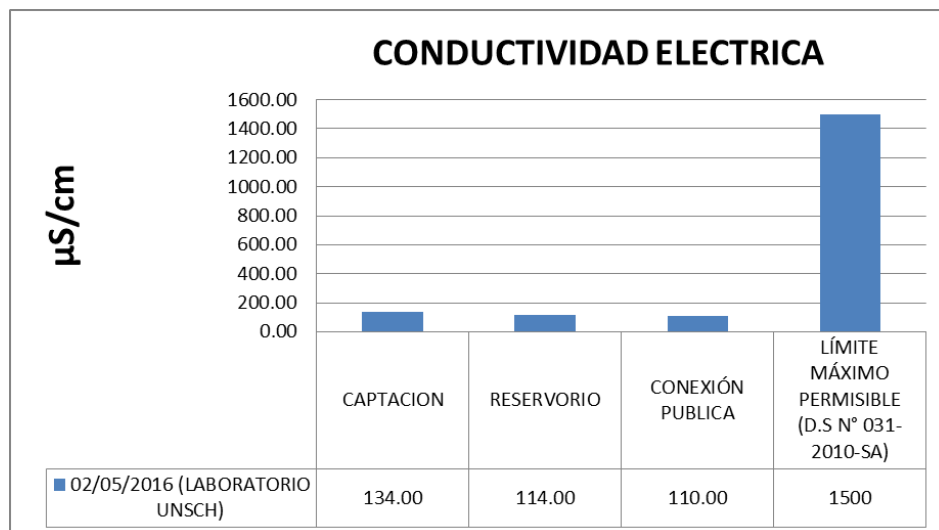


Figura 3. 7: Resultados de conductividad comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Cloruros

Todas las muestras de agua analizadas se mantuvieron por debajo de 250 mg/L Cl<sup>-</sup> establecida en la normatividad vigente.

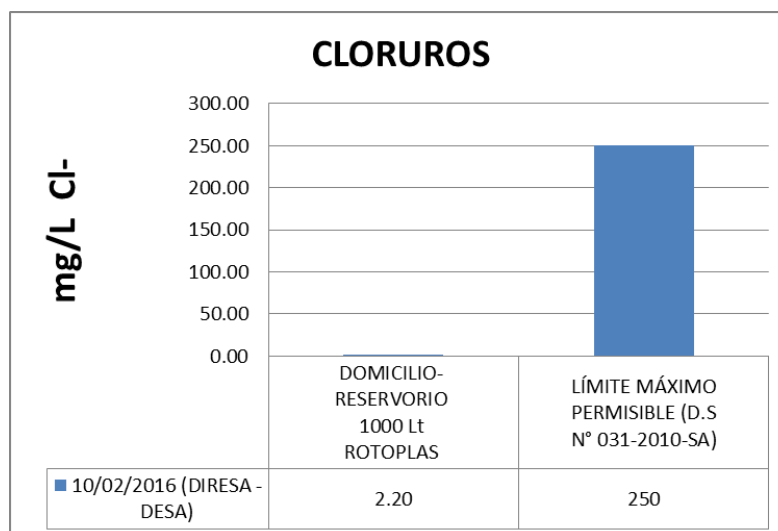


Figura 3. 8: Resultados de cloruros comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

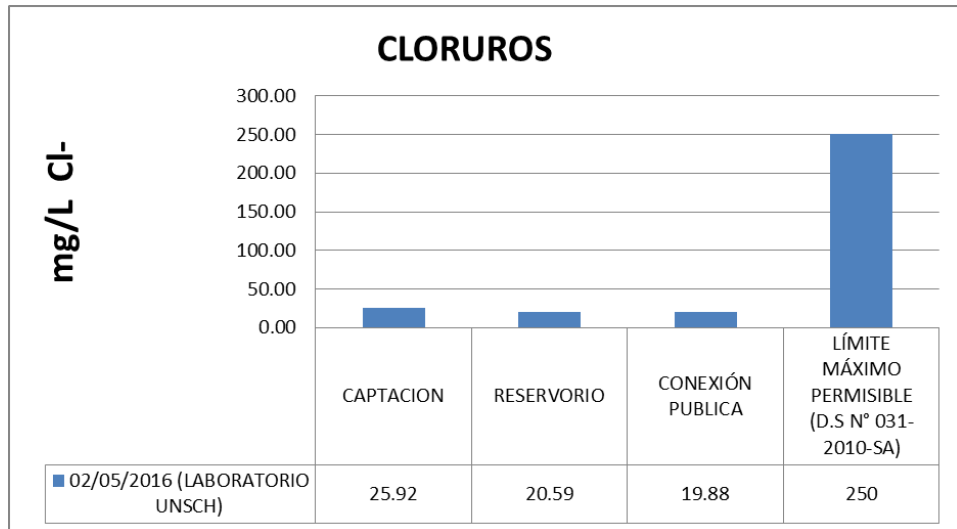


Figura 3. 9: Resultados de cloruros comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Sulfatos

El valor establecido para este parámetro en la normatividad vigente es de 250 mg/L  $\text{SO}_4^{=}$ , en este estudio todas las muestras analizadas están por debajo de este valor.

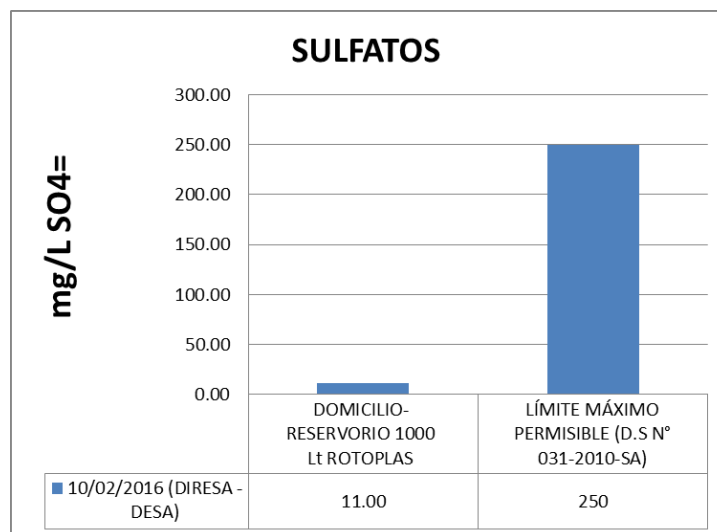


Figura 3. 10: Resultados de sulfatos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

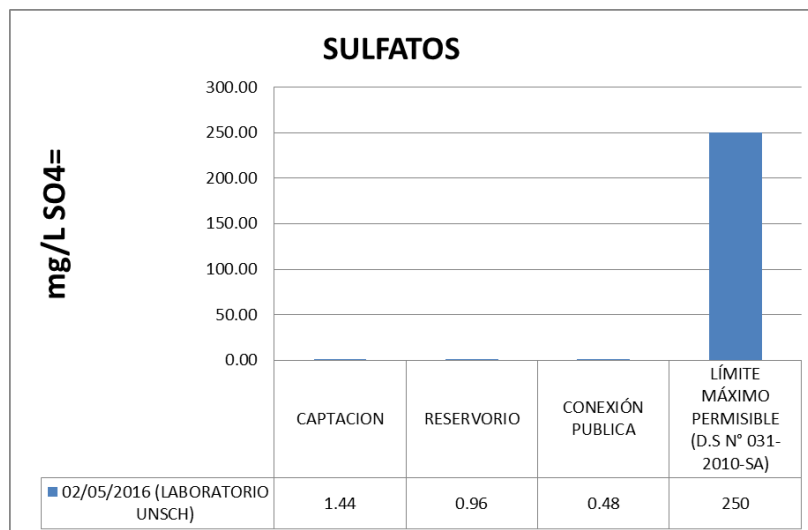


Figura 3. 11: Resultados de sulfatos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Dureza total

Todas las muestras de agua analizadas se mantuvieron por debajo de 500 mg/L  $\text{CaCO}_3$  establecida en la normatividad vigente.

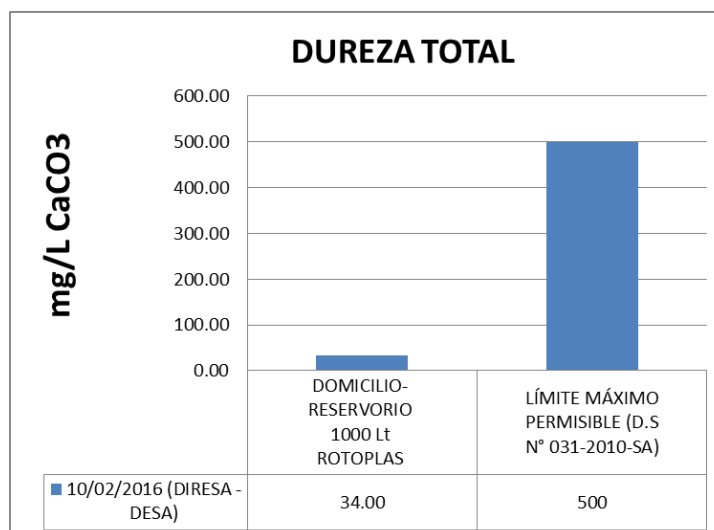


Figura 3. 12: Resultados de dureza total comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

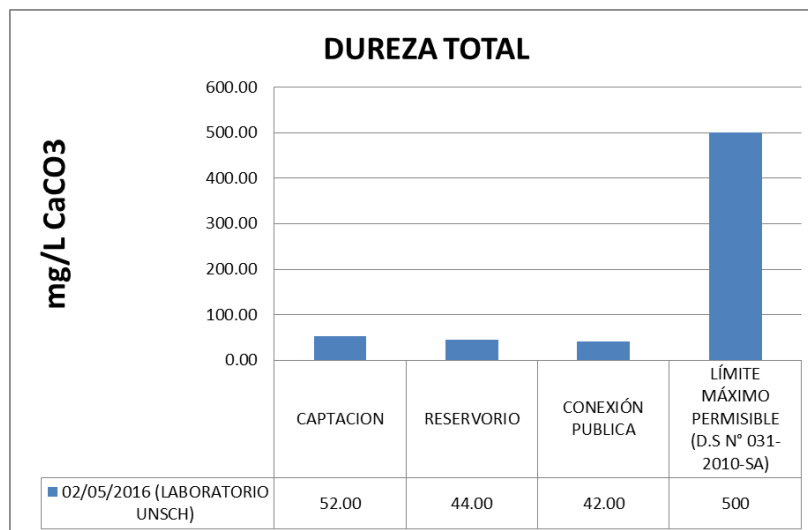


Figura 3. 13: Resultados de dureza total comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Hierro

Todas las muestras de agua analizadas se mantuvieron por debajo de 0.3 mg/L Fe.

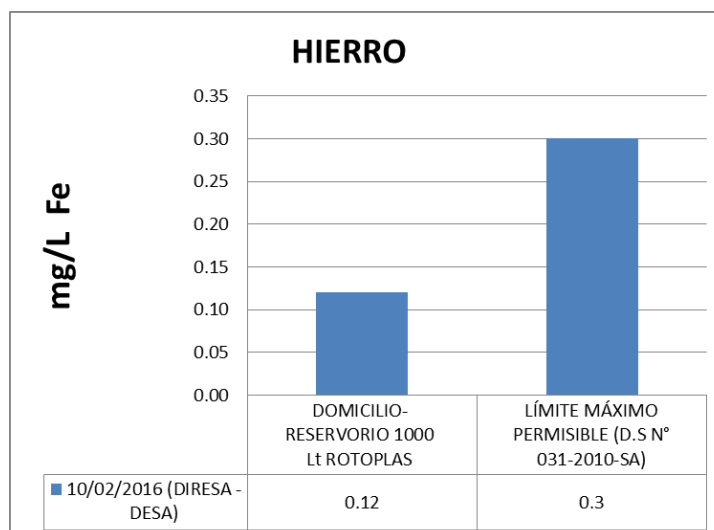


Figura 3. 14: Resultados de hierro comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

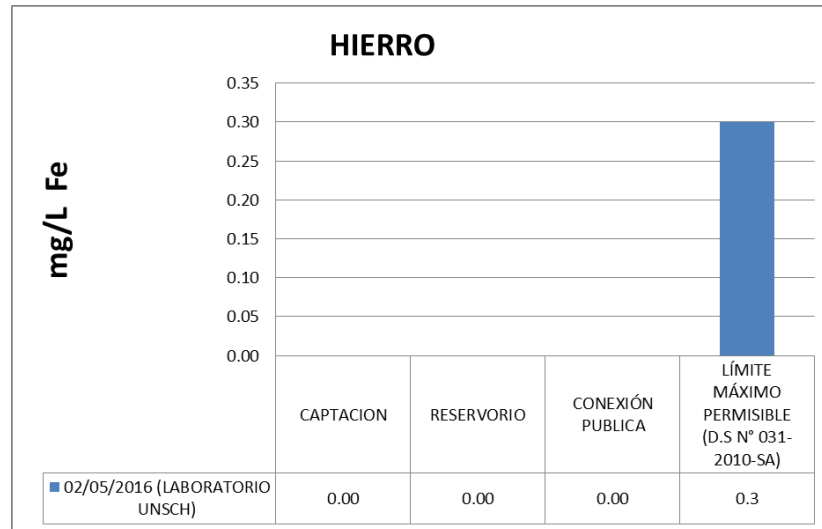


Figura 3. 15: Resultados de hierro comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Cobre

Todas las muestras de agua analizadas se mantuvieron por debajo de 2.0 mg/L Cu establecida en la normatividad vigente.

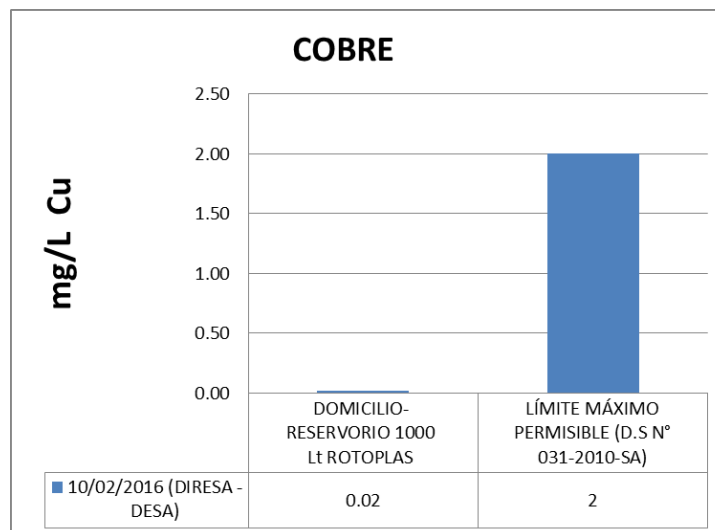


Figura 3. 16: Resultados de cobre comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).



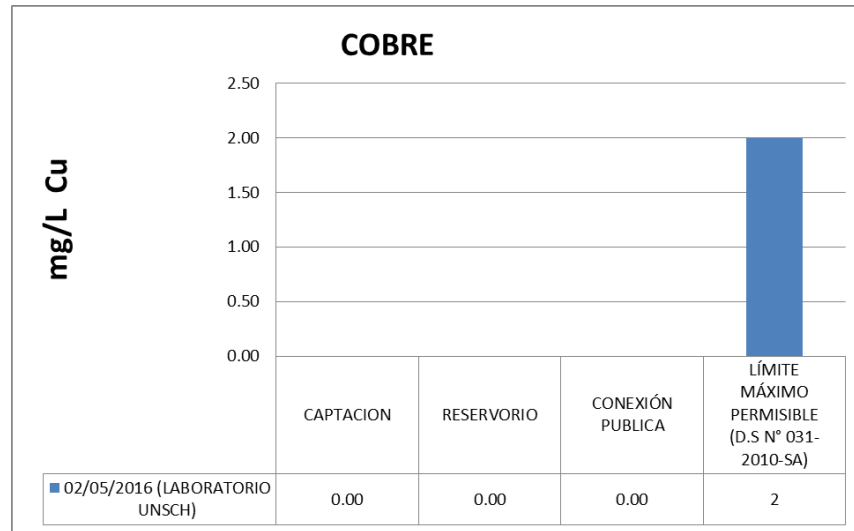


Figura 3. 17: Resultados de cobre comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Nitratos

El valor establecido para este parámetro en la normatividad vigente es de 50 mg/L NO<sub>3</sub>, en este estudio todas las muestras analizadas están por debajo de este valor.

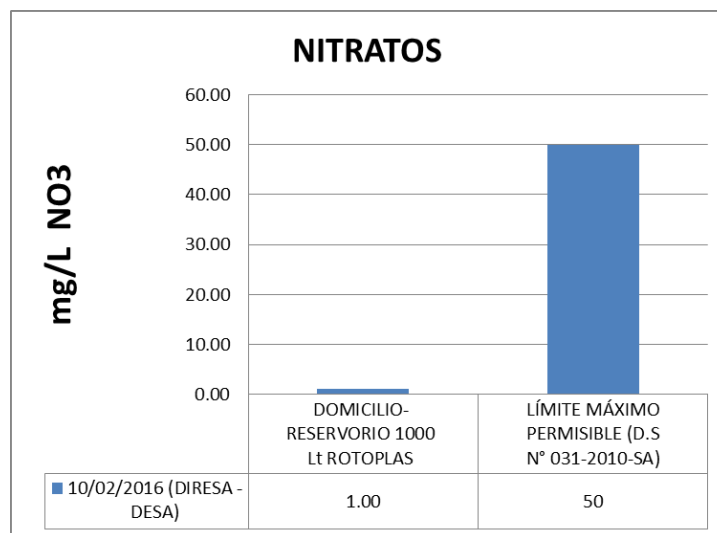


Figura 3. 18: Resultados de nitratos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

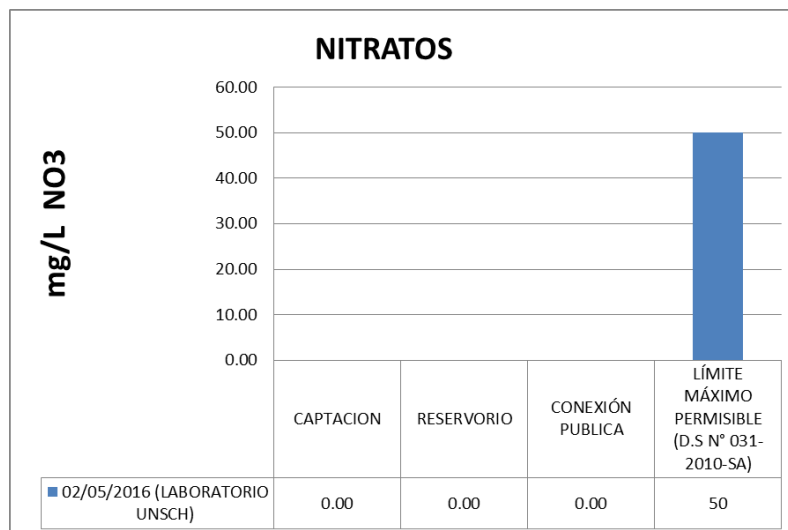


Figura 3. 19: Resultados de nitratos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Solidos totales disueltos

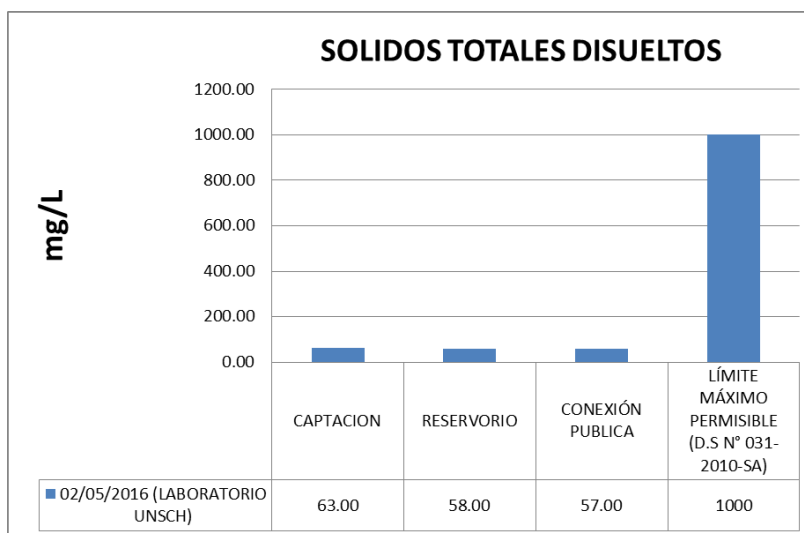


Figura 3. 20: Resultados de solidos totales disueltos comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Coliformes totales

En las muestras tomadas todas resultaron con presencia de coliformes totales por tanto no cumplen con la normativa vigente que establece 0 UFC/100ml.

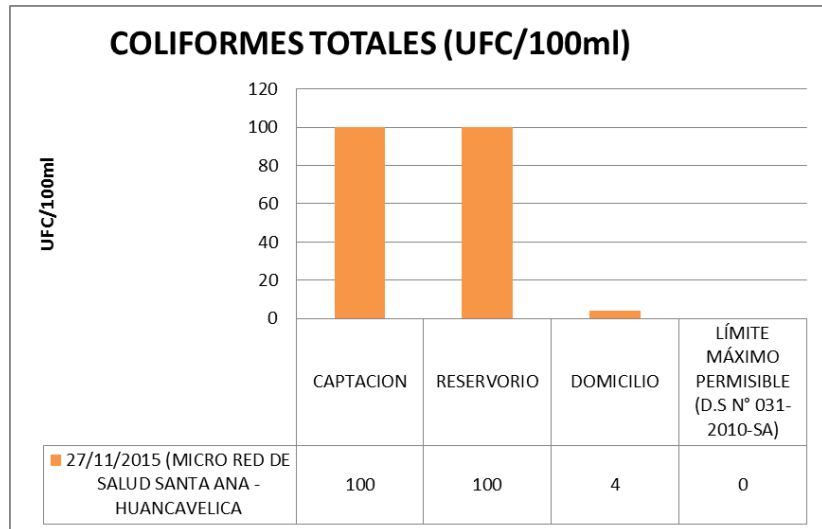


Figura 3. 21: Resultados de coliformes totales comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (27/11/2015).

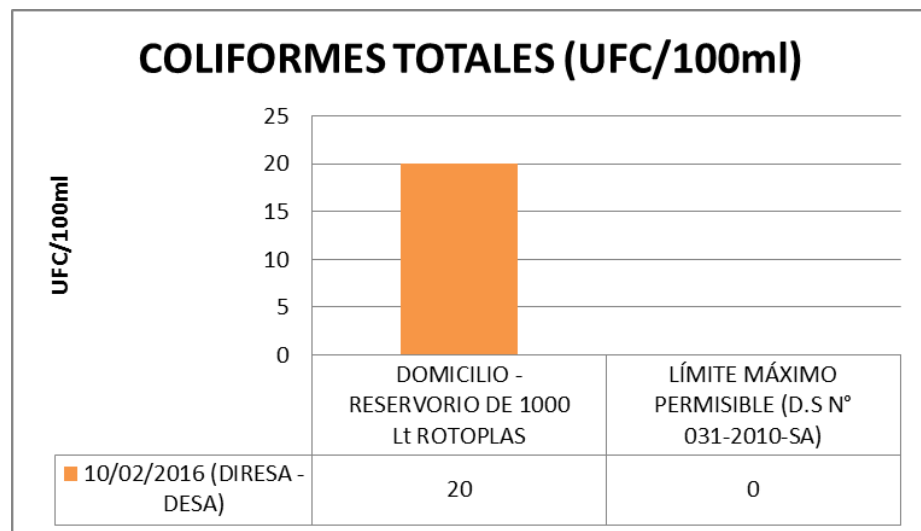


Figura 3. 22: Resultados de coliformes totales comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA de muestras del (10/02/2016).

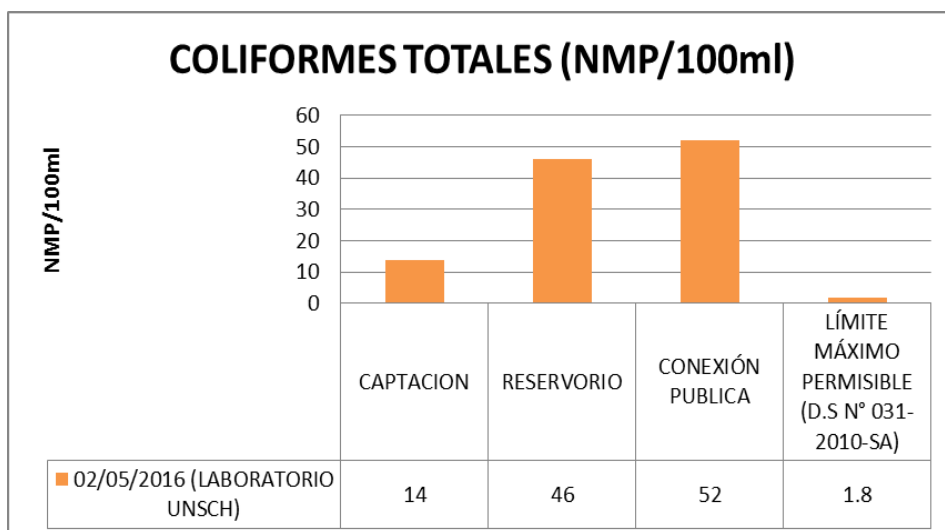


Figura 3. 23: Resultados de coliformes totales comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### Coliformes termotolerantes

De todas las muestras solo una muestra de agua tomada en domicilio cercana al reservorio no presenta coliformes termotolerantes, mientras que en las demás resultaron con presencia de coliformes termotolerantes por tanto no cumplen con la normativa vigente que establece 0 UFC/100ml

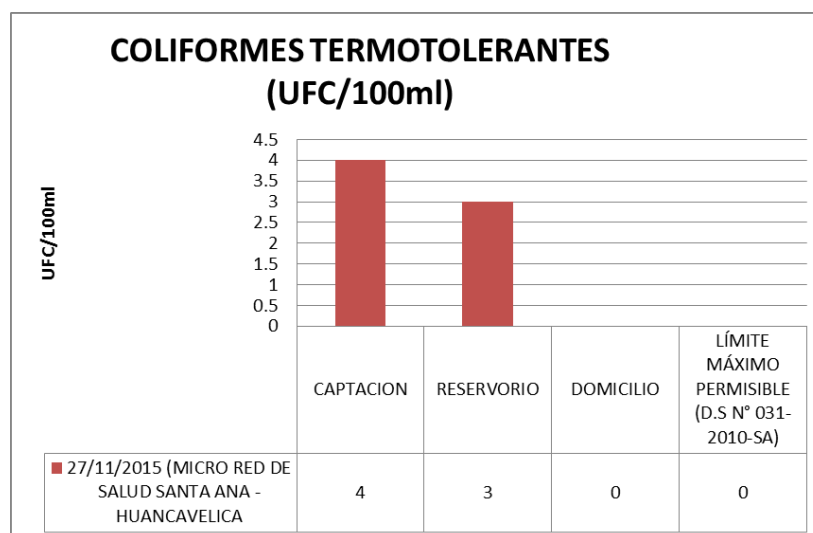


Figura 3. 24: Resultados de coliformes termotolerantes comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (27/11/2015).

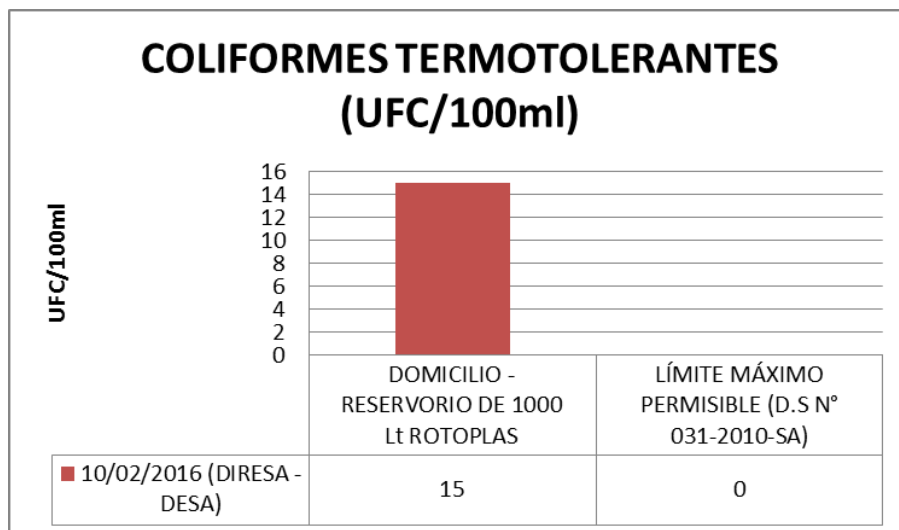


Figura 3. 25: Resultados de coliformes termotolerantes comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

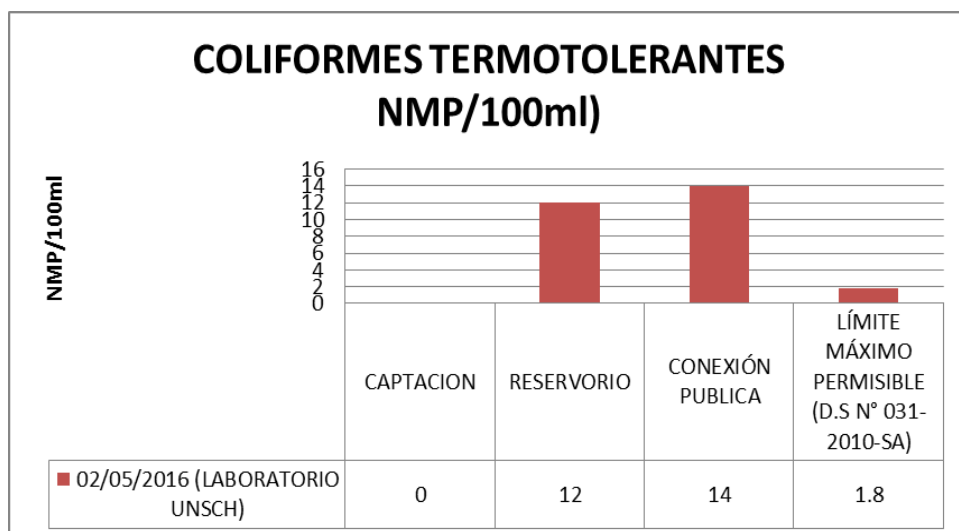


Figura 3. 26: Resultados de coliformes termotolerantes comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

Observación: La evaluación del parámetro bacteriológico de las muestras de agua no cumplen con lo establecido en el reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.

**d) Diagnóstico de situación actual del sistema de abastecimiento y propuesta para un buen tratamiento de agua para consumo humano.**

### Situación actual del centro poblado de Pampachacra

Uno de los problemas que aqueja a la población es la cercanía que existe entre el centro poblado Pampachacra y el botadero municipal de Huancavelica a unos 1+382 Km aproximadamente, estando así los habitantes en estado de vulnerabilidad a la contaminación de su entorno.

La generación total de residuos en el distrito de Huancavelica en promedio es de 29.889 toneladas por día incluye los residuos sólidos de origen domiciliario, de comercios, barrido de calles y mercado (...) existe actualmente en funcionamiento un botadero en el lugar denominado Pampachacra a la altura del Km 13 de la carretera que va de Huancavelica a Lircay. El cual es administrado por la Municipalidad Provincial de Huancavelica. (PIGARS, 2015).

Tabla 3. 6: Generación total de residuos sólidos municipales en el distrito de Huancavelica

TIPO DE GENERACIÓN	GENERACIÓN (Kg/hab/día o establecimiento) 2015	Num. habitantes / cantidad - 2015	Ton/día
Domiciliarios	0.561	35341	19.826
Mercados	1226	3	3.678
Restaurantes	12.5	37	0.4625
Bodegas	4.8	67	0.3216
Barrido de Calle y Acopio de Noche	3432	-	3.432
Barrido de Calle y Acopio de Día	2169	-	2.169
TOTAL			29.889

Fuente: (PIGARS, 2015)



Figura 3. 27: Botadero Pampachacra

### Reporte de enfermedades diarreicas agudas (EDAs) en el puesto de salud Pampachacra

Se reportaron pacientes atendidos por EDAs en la posta de salud de Pampachacra en los periodos 2013 al 2016. Como se puede apreciar el año 2013 se tuvo 48 pacientes, el año 2014 se tuvo 40 pacientes, el 2015 se tuvo 26 y el 2016 hasta el mes de mayo se tuvo 8 pacientes.

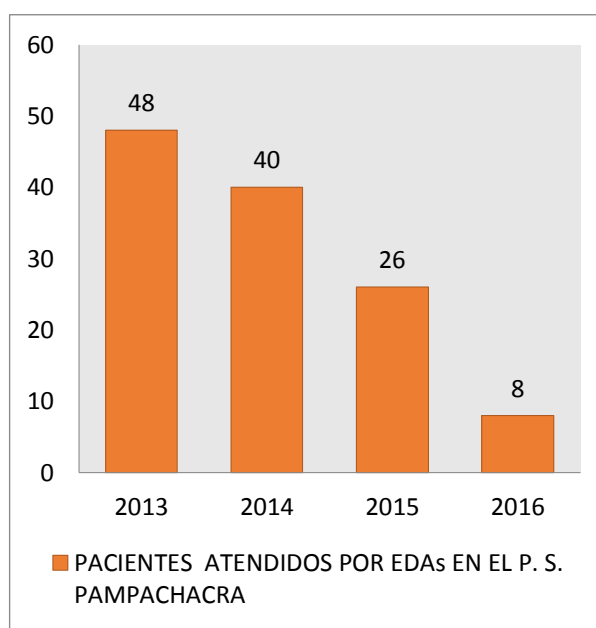


Figura 3. 28: Reporte de EDAs del puesto de salud de Pampachacra

Fuente: Puesto de salud Pampachacra (2016)

## **Sistema actual de abastecimiento de agua para consumo humano en Pampachacra**

En la comunidad de Pampachacra se pudo observar *in situ* la deficiencia del servicio de agua potable y saneamiento, problemas en los servicios básicos. El sistema actual de abastecimiento se remonta desde aproximadamente 10 años en sus diversas etapas, ya que estas fueron construidas por la municipalidad distrital de Huancavelica, según lo indica la población, donde intervino solo en brindar un sistema de agua con un abastecimiento de algunas conexiones en casas, debido al crecimiento de la población hay casas sin abastecimiento de agua a la fecha, también se intervino la red de desagüe con la construcción de un sistema de saneamiento el cual funcionó por poco tiempo adecuadamente. Los pobladores de la zona se han organizado para hacer llegar su preocupación a los entes gubernamentales solicitando apoyo para que se les atiendan dichas necesidades.

Pampachacra cuenta con una junta administradora de servicio de saneamiento (JASS), la cual está a cargo de la administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable.

En la actualidad la población del centro poblado de Pampachacra ha crecido demasiado por tanto la demanda de agua potable es cada vez mayor, esta necesidad coadyuva con existencia de un sistema de abastecimiento en malas condiciones como una captación deteriorada sin cerco perimétrico para su protección, con tuberías y válvulas con escape, etc., predispuestas a la contaminación de microorganismos del suelo y excretas de animales, como también del mismo hombre por ello se sugiere una ampliación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable para erradicar el problema de agua contaminada para consumo humano.

**Captación:** La captación se ubica en el lugar denominado Pacurpascca a unos 334 m de la ubicación del botadero municipal de Huancavelica, la captación se encuentra en malas condiciones ya que presenta serias deficiencias, no cuenta con cerco perimétrico por lo cual esta vulnerable a



contaminarse por excreta de las personas y de animales de la zona como se puede apreciar en la figura.

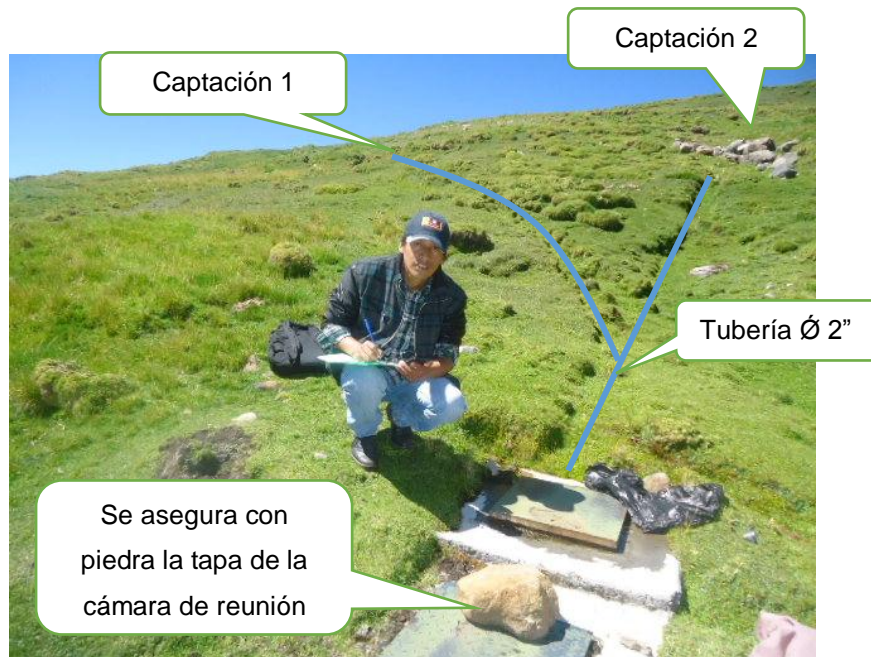


Figura 3. 29: Cámara de reunión y captaciones 1 y 2

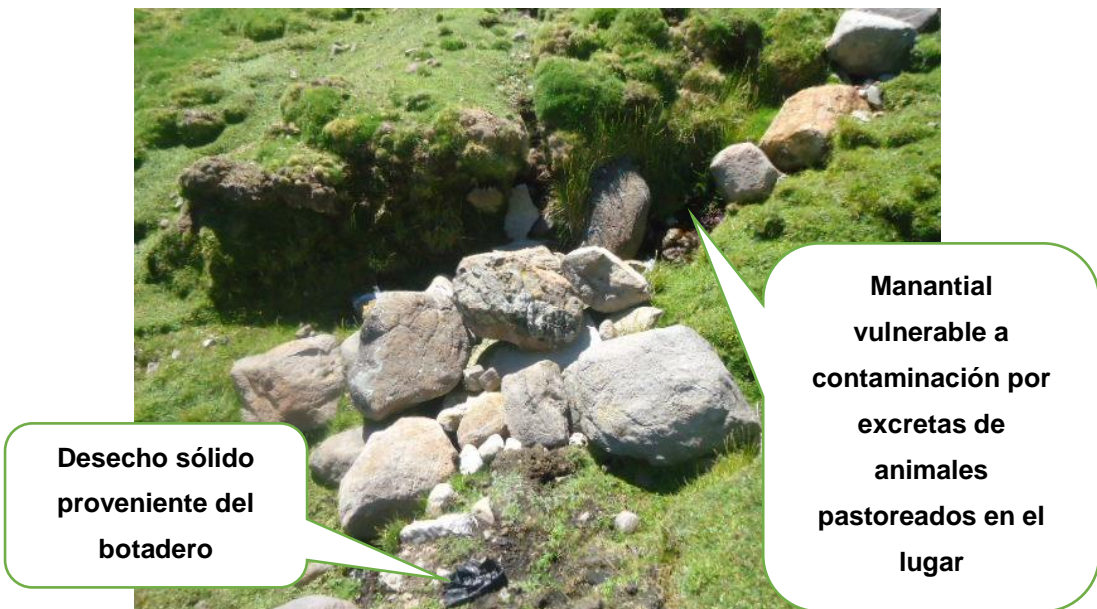


Figura 3. 30: Manantial de la captación 2



Figura 3. 31: Cámara de reunión

La cámara de reunión presenta deficiencia en su funcionamiento, como se puede apreciar en la válvula hay fugas, se observa óxido y suciedad, hay presencia de madera hongueada por una mala operación y mantenimiento.



Figura 3. 32: La válvula presenta fugas y se aprecia madera hongueada

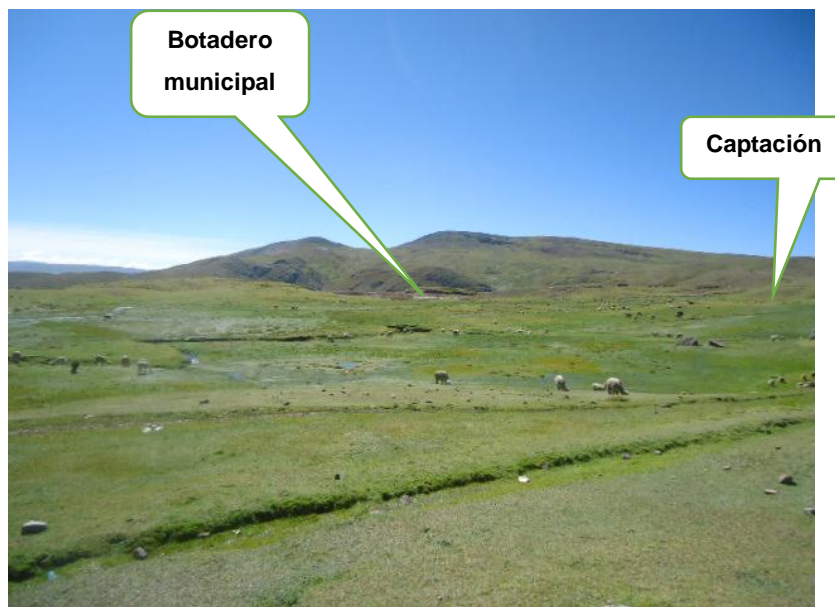


Figura 3. 33: Vista panorámica del lugar donde se ubica la captación es zona de pastoreo

### **Caudal en captación**

En el primer muestreo en la captación se midió un caudal de 2.3 litros/seg y en el segundo muestreo se midió un caudal de 1.40 litros/ segundo. El caudal se midió por el método volumétrico en la cámara de reunión.

**Línea de conducción:** Cuenta con línea de conducción de 2 de diámetro de material PVC la distancia que recorre es de 2 kilómetros hasta el reservorio existente.

**Cámara rompe presión:** Se encuentra en mal estado con deficientes condiciones hay presencia de óxido en las paredes de la cámara, está ubicado a 100 m antes del reservorio.





Figura 3. 34: Presencia de óxido en cámara rompe presión

**Reservorio:** La localidad cuenta con un reservorio de concreto armado con una capacidad 12 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua, se observa en la pared filtraciones por lo que requiere un tratamiento de fisuras.



Figura 3. 35: En reservorio se puede observar filtraciones en la pared

**Red de distribución:** La red de distribución cuenta con tuberías de PVC con un diámetro de 1 pulgada para todas las viviendas, la misma que abastece al 75% de las viviendas, el resto de la población se abastece de los vecinos y por acarreo de agua de manantiales cercanas a su domicilio, también de tuberías rotas que se encuentran en las calles usadas por varias familias para abastecerse de agua, la cual puede ser considerado como focos de contaminación ya que se encuentra al ras del suelo propenso a contaminarse como se puede apreciar en la figura.



Figura 3. 36: Tubería rota de la cual se abastecen varias familias

### **Tratamiento de agua**

El tratamiento de agua es solo a base de la cloración que es realizada en el reservorio, los valores encontrados de cloro residual están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente, para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0.5 mg/L.

Según la población no se realizan un adecuado tratamiento por cloración por no contar con el personal técnico calificado para que realice el procedimiento de desinfección.

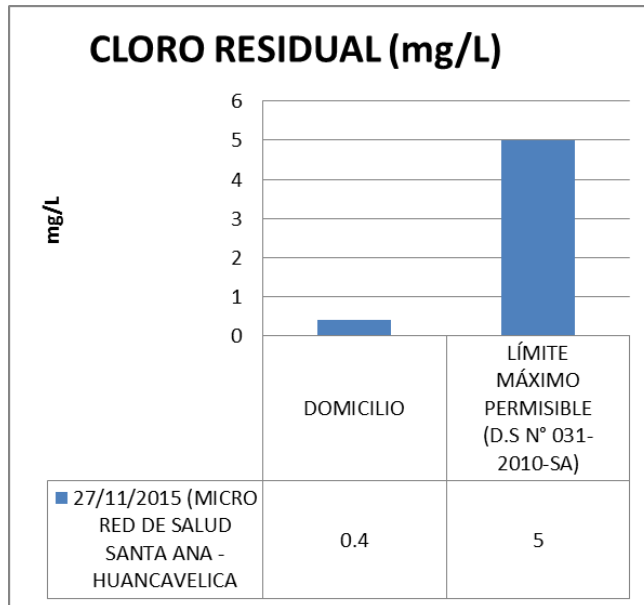


Figura 3. 37: Resultados de cloro residual comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (27/11/2015).

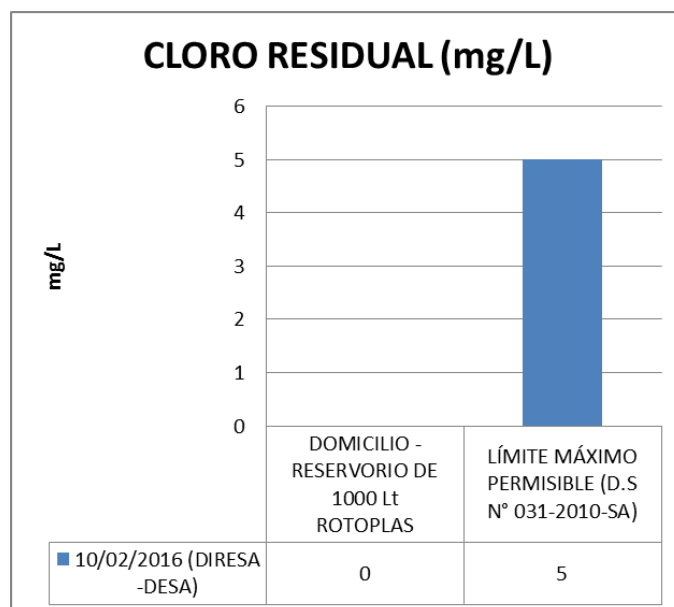


Figura 3. 38: Resultados de cloro residual comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (10/02/2016).

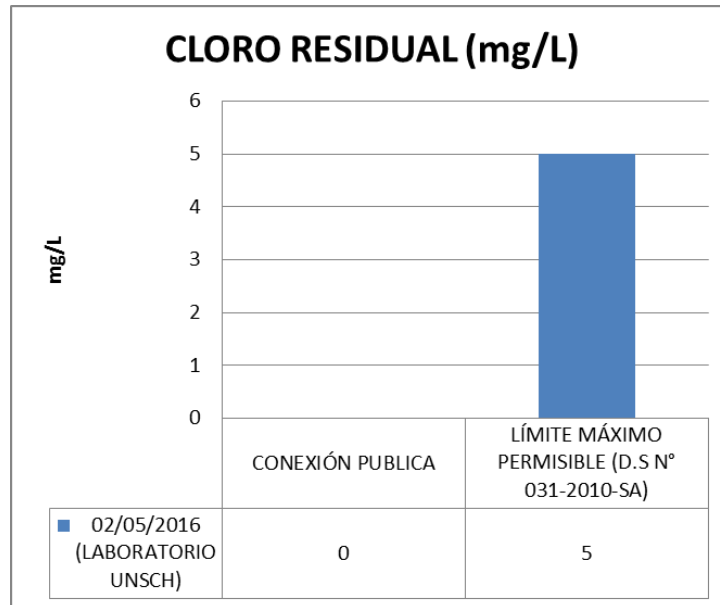


Figura 3. 39: Resultados de cloro residual comparados con el LMP establecido en el D.S N° 031-2010-SA en muestras del (02/05/2016).

### **Propuesta de tratamiento de agua para consumo humano**

Como la desinfección por cloro no es eficiente se propone complementar al tratamiento de agua para consumo humano con lecho filtrante de arena, la filtración lenta de arena que es un proceso de purificación del agua que consiste en hacerla pasar a través del lecho poroso de un medio filtrante. Durante este paso, la calidad del agua se mejora considerablemente por reducción del número de microorganismos (bacterias, virus, quistes), eliminación de materias en suspensión y de materia coloidal. En la superficie de un lecho ya maduro se forma una película biológica, que consta de una gran variedad de microorganismos muy activos, que descomponen la materia orgánica, mientras que gran parte de la materia inorgánica en suspensión queda retenida por acción física. Luego del proceso de filtrado pasa por una cámara de cloración para erradicar con el resto de microorganismos, para después ser almacenados el agua tratada en el reservorio.

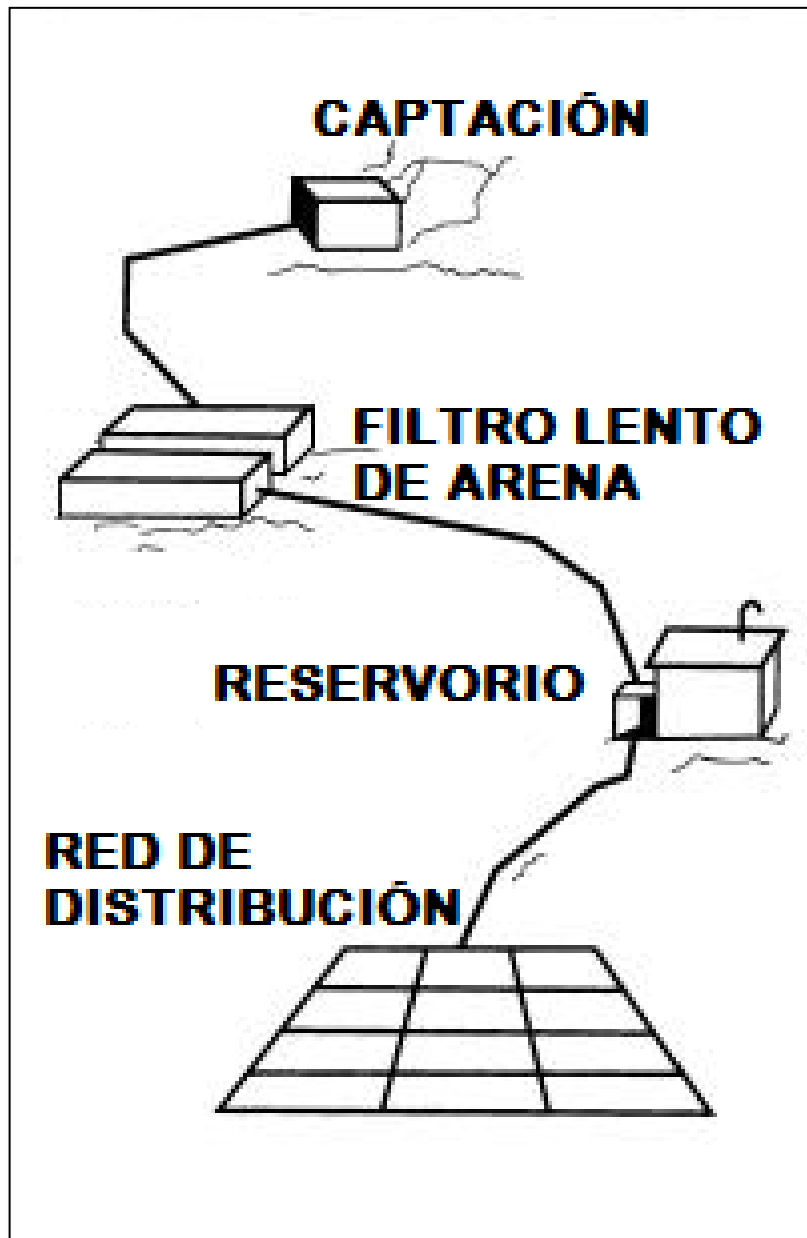


Figura 3. 40: Esquema general del sistema de tratamiento



Tabla 3. 7: Calculo de población futura y demanda de agua

<b><u>CALCULOS DE DEMANDA DE AGUA POR CONSUMO POBLACIONAL</u></b>	
1.- NOMBRE DEL PROYECTO TESIS "EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO PAMPACHACRA ÁREA DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE HUANCAVELICA, 2016"	
2.- LUGAR	:PAMPACHACRA
3.- DISTRITO	:HUANCAVELICA
4.- DEPARTAMENTO	:HUANCAVELICA
<b>A.- POBLACION ACTUAL</b>	256
<b>B.- TASA DE CRECIMIENTO (%)</b>	2.10
<b>C.- PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)</b>	20
<b>D.- POBLACION FUTURA</b> $P_f = P_o ( 1 + r \times t / 100 )$	364
<b>E.- DOTACION (LT/HAB/DIA)</b>	100
<b>F.- CONSUMO PROMEDIO ANUAL (LT/SEG)</b> $Q_p = P_{ob.} \times Dot. / 86,400$	0.42
<b>G.- CONSUMO MAXIMO DIARIO (LT/SEG)</b> $Q_{md} = 1.30 \times Q_p$	0.55
<b>H.- CAUDAL DE LA FUENTE (LT/SEG)</b>	1.60
TIPO DE FUENTE	MANANTIAL
NUMERO DE MANANTES	2.00
<b>I.- VOLUMEN DEL RESERVORIO (M3)</b> $V = 0.25 \times Q_{md} \times 86400 / 1000$	11.81
A UTILIZAR :	12.00
<b>J.- CONSUMO MAXIMO HORARIO (LT/SEG)</b> $Q_{mh} = 2.60 \times Q_p$	1.094

Tabla 3. 8: Resultados de cálculos para el filtro lento de arena.

### DISEÑO DE FILTRO LENTO DE ARENA

<b>1. LUGAR</b>	<b>:PAMPACHACRA</b>
<b>2. DISTRITO</b>	<b>:HUANCAVELICA</b>
<b>3. PROVINCIA</b>	<b>:HUANCAVELICA</b>
<b>4. REGION</b>	<b>:HUANCAVELICA</b>

**DATOS**

A,- CAUDAL DE DISEÑO ( Q )	0.55	Lts/seg
B,- NUMERO DE UNIDADES ( N )	2.00	...Unidades
C,- TURNOS DE OPERACION	3.00	Turnos
D,- VELOCIDAD DE FILTRACION ( VF )	0.10	Mts/Hor
E,- COEFICIENTE C1	1.00	

**CALCULOS**

<b>1,- Relación de Mínimo Costo ( K )</b>	$K = 2 \times N / N + 1$	1.33
<b>2,- Área de Filtros ( As )</b>	$As = Q \times C1 / N \times VF$	9.85 M2
<b>3,- Largo de Filtros ( B )</b>	$B = ( As \times K )^{1/2}$	3.62 Mts
	Usar B =	3.65
<b>4,- Ancho de Filtros ( A )</b>	$A = ( As / K )^{1/2}$	2.72 Mts
	Usar A =	2.75
<b>5,- Capa Soporte</b>	Condiciones	Mínimas
Grava 1	Diámetro 1,5 a 4,0 mm	0.05 Mts
Grava 2	Diámetro 4,0 a 15,0 mm	0.05 Mts
Grava 3	Diámetro 15,0 a 25,0 mm	0.08 Mts
Grava 4	Diámetro 25,0 a 40,0 mm	0.12 Mts
Ladrillo de Concreto		0.20 Mts
<b>6,- Lecho Filtrante</b>	Condiciones	Mínimas
Arena	Diámetro Efectivo	0,15-
	Coefficiente de Uniformidad	0,35 mm
	Altura	1,8 - 2,0
	Altura	1.20 Mts
<b>7,- Capa de Agua Sobrenadante</b>	Condiciones	Mínimas
	Altura	1.20 Mts
<b>8,- Borde Libre</b>	Altura	0.40 Mts
<b>9,- Altura Total del Filtro</b>	Altura	3.30 Mts

## IV DISCUSIONES

### a. Parámetros fisicoquímicos

En las muestras de agua tomadas en la fecha (10/02/2016) el color es de 19 UCV mayor a 15 UCV que es LMP establecidos en el D.S N° 031-2010-SA como se muestra en la figura 3.1, por tanto no cumple con lo establecido en la norma.

En las muestras de agua tomadas en la fecha (10/02/2016) la turbidez es de 0.74 UNT ligeramente mayor a la turbidez de las muestras de fecha (02/05/2016) que es 0.72 UNT, estos valores están por debajo de 5 UNT establecidas como LMP, como se muestra en la figura 3.2 y figura 3.3 respectivamente, la cual es favorable como indicador de calidad.

Los valores de pH están dentro de LMP que es 6.5 a 8.5, se reportan valores de pH de 7.48 para las muestras de fecha (10/02/2016) y 7,62 a 7.58 para las muestras de fecha (02/05/2016), estos resultados lo podemos observar la figura 3.4 y figura 3.5 respectivamente.

Para las muestras de fecha (10/02/2016) la conductividad presenta valores de 87.30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y para las muestras de fecha (02/05/2016) es de 110 a 134  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que son valores menores a 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  el LMP, como se muestra en la figura 3.6 y figura 3.7 respectivamente.

Para las muestras de fecha (10/02/2016), en cloruros se muestra valores de 2.20 mg/L Cl<sup>-</sup> y para las muestras de fecha (02/05/2016) de 25.92 a 19.88 mg/L Cl<sup>-</sup> menores a 250 mg/L Cl<sup>-</sup> que es el LMP figura 3.8 y figura 3.9 respectivamente.

En Sulfatos se presentan valores de 11 mg/L SO<sub>4</sub><sup>=</sup> para las muestras de fecha (10/02/2016) y de 0.48 a 1.44 mg/L SO<sub>4</sub><sup>=</sup> para las muestras de fecha (02/05/2016). Estos valores son menores a 250 mg/L SO<sub>4</sub><sup>=</sup> valor LMP figura 3.10 y figura 3.11 respectivamente.

Para las muestras de fecha (10/02/2016) la dureza total es de 34 mg/L CaCO<sub>3</sub> y para las muestras de fecha (02/05/2016) de 42 a 52 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Estos valores son menores a 500 mg/L CaCO<sub>3</sub> establecidos como LMP. figura 3.12 y. figura 3.13 respectivamente.

Valores para Hierro para las muestras de fecha (10/02/2016) es 0.12 mg/L Fe y para las muestras de fecha (02/05/2016) se mantiene el valor 0 mg/L Fe. Estos valores son menores a 0.3 mg/L Fe que es LMP figura 3.14 y figura 3.15 respectivamente.

En Cobre 0.02 mg/L Cu para las muestras de fecha (10/02/2016) y para las muestras de fecha (02/05/2016) se mantiene el valor 0 mg/L Cu. Estos valores que están por debajo del LMP como es 2 mg/L Cu. figura 3.16 y figura 3.17 respectivamente.

Para las muestras de fecha (10/02/2016) en Nitratos el valor es de 1mg/L NO<sub>3</sub> y para las muestras de fecha (02/05/2016) el valor será 0 mg/L NO<sub>3</sub>. Son valores menores a 50 mg/L NO<sub>3</sub> establecido LMP en el D.S N° 031-2010-SA. figura 3.18 y figura 3.19 respectivamente.

Para valores de sólidos totales disueltos para las muestras de fecha (02/05/2016) es de 57 a 63 mg/L valores menores al LMP que es 1000 mg/L. figura 3.20.

#### **b. Parámetros bacteriológicos**

En el resultado del análisis bacteriológico se tiene presencia de coliformes totales en la captación un valor de 100 UFC/100ml, antes del reservorio de 100 UFC/100ml y en conexiones domiciliarios de 4 UFC/100ml en las muestras de agua tomadas el 27/11/ 2015, esta reducción de coliformes totales se debe a la aplicación de cloro en el reservorio, a pesar de ello aún persiste la presencia de coliformes totales ya que el LMP es de 0 UFC/100ml que establece el D.S N° 031-2010-SA. figura 3.21.

En las muestras de agua tomadas el 10/02/2016 por la DIRESA-Huancavelica se obtuvo como resultado la presencia de coliformes totales en domicilio, la muestra de agua analizada fue de un reservorio de 1000 Lt – rotoplas, el valor que presenta es de 20 UFC/100ml superiores a lo establecido por reglamento D.S N° 031-2010-SA como LMP que es 0 UFC/100ml. figura 3.22.

Y en las muestras de agua tomadas el 02/05/2016 como resultado se obtuvo la presencia de coliformes totales en la captación un valor 14 NMP/100ml, en el reservorio de 46 NMP/100ml y en conexión pública de 52 NMP/100ml son valores superiores establecidos como LMP que es 1.8 NMP/100ml. figura 3.23.

En el análisis bacteriológico se obtuvo como resultado la presencia de coliformes termotolerantes en la captación valores de 4 UFC/100ml, antes del reservorio de 3 UFC/100ml y en conexiones domiciliarios de 0 UFC/100ml en las muestras tomadas el 27/11/ 2015, esta reducción de coliformes termotolerantes se debe a la aplicación de cloración en el reservorio, a pesar de ello aún persiste la presencia de coliformes

termotolerantes ya que el LMP es de 0 UFC/100ml que establece el D.S N° 031-2010-SA. figura 3.24.

En muestras de agua tomadas el 10/02/2016 por la DIRESA-Huancavelica se obtuvo como resultado la presencia de coliformes termotolerantes en domicilio, la muestra de agua analizada fue de un reservorio de 1000 Lt – rotoplas, el valor que presenta es de 15 UFC/100ml superiores a lo establecido por reglamento D.S N° 031-2010-SA como LMP que es 0 UFC/100ml. figura 3.25.

Y en las muestras de agua tomadas el 02/05/2016 se obtuvo como resultado la presencia de coliformes termotolerantes en la captación un valor de 0 NMP/100ml, en el reservorio 12 NMP/100ml y en conexión pública de 14 NMP/100ml son valores superiores establecidos como LMP que es 1.8 NMP/100ml. La contaminación de coliformes termotolerantes se da en la línea de conducción según los resultados que se obtuvieron. figura 3.26.

**c. Determinar la calidad de agua para consumo humano**

Según los resultados obtenidos de la calidad de agua para consumo humano se obtuvo como resultado la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las conexiones domiciliarias por tanto no cumple con la normatividad vigente del reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. El reglamento señala que en el agua para consumo humano no debe haber presencia de coliforme total ni coliforme termotolerante, por tanto el agua evaluada en el centro poblado de Pampachacra no es apta para consumo humano.

**d. Tratamiento de agua para consumo humano**

En muestras de agua tomadas en domicilio ubicado cerca al reservorio el 27/11/2015 se determinó el cloro residual encontrándose un valor de 0.4 mg/L, en muestras tomadas el 10/02/2016 no se encontró cloro residual.

El procedimiento para determinar el cloro residual fue vertiendo el reactivo PDP a 10 ml de muestra de agua la cual no reacciono, indicándonos que no hay cloro residual y en las muestras de 02/05/2016 en domicilio se hizo el mismo procedimiento la cual nos indica que tampoco hay cloro residual. Po tanto ninguna muestra de agua estuvo dentro del rango aceptable. Según reglamento para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mg/L.

## V CONCLUSIONES

- a. Las muestras de agua evaluadas si cumplen con los parámetros fisicoquímico establecidos por el reglamento de calidad de agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA).
- b. Las muestras de agua evaluadas no cumplen con los parámetros bacteriológicos establecidos por el reglamento de calidad de agua para consumo humano (DS N° 031-2010-SA).
- c. En base a los resultados evaluados de los parámetros fisicoquímico y bacteriológico se concluye que la calidad de agua no es apta para consumo humano según valores establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, ya que hay presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes que son peligrosas para la salud humana.
- d. Para el tratamiento de agua para consumo humano en el centro poblado de Pampachacra se propone el filtro lento de arena, que durante el paso del agua entre el lecho filtrante, la calidad del agua se mejora considerablemente por reducción del número de microorganismos (bacterias, virus, quistes), eliminación de materias en suspensión y de materia coloidal. Luego del proceso de filtrado pasa por una cámara de cloración para erradicar con el resto de microorganismos, para después ser almacenada en el reservorio, así se tendrá una agua con buena calidad apta para consumo humano.



## **VI RECOMENDACIONES**

- Realizar un monitoreo permanente de la calidad de agua que están en la parte baja del botadero.
- Alertar a la comunidad de Pampachacra para aplicar un buen tratamiento de desinfección del agua utilizada por la población para consumo humano ya que representa un riesgo para la salud, debido a su alto contenido de coliforme total y coliforme termotolerante.
- Proponer la elaboración de un plan de clausura del botadero ya que es un riesgo ambiental para las poblaciones cercanas.
- Se sugiere la ampliación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable para erradicar el problema de agua contaminada para consumo humano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, G. F. J. (2009). *Manual de tratamientos del agua de consumo humano*. Castilla y León: Gráficas Lafalpoo, S.A.
- ANA. (2011). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hidricos Autoridad, 1–34.
- Arellano, D. J. (2002). *Introduccion a la Ingenieria Ambiental*. (Alfaomega, Ed.).
- Aurazo, Z. M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. (E. CEPIS/OMS, Ed.). Recuperado de <http://www.cepis.ops-oms.org>
- CEPIS/OMS. (2008). *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*.
- Collazos, C. J. (2005). *Manual de evaluación ambiental de proyectos*. (S. Marcos, Ed.) (Primera ed). Lima.
- Cutimbo, T. C. A. (2012). “*Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito de Tacna.*” Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- DIGESA. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (2015). Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD\\_160\\_2015\\_DIGESA.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD_160_2015_DIGESA.pdf)
- Dirección General de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 46 p.
- Estupiñán Torres, S. M., & Avila de Navia, S. L. (2010). Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá , Cundinamarca, 8(14), 206–212.
- Garcia, T. E. (2009). Manual de proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales. *Fondo Perú - Alemania, volumen I*, 51.
- León, J. R. N. (2007). *Calidad microbiológica del agua de consumo*

*humano almacenada en tanques , en instituciones educativas de la ciudad de Ayacucho 2007.* Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

OMS. (2008). *Guías para la calidad del agua potable* (Vol. 1).

OPS. (2005). *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas, volumen I, 8.*

PIGARS. (2015). *Plan Integral de Gestion Ambiental de Residuos Solidos Provincia-Huancavelica.* Huancavelica.

PROAGUA. (2002). *Diagnostico situacional de los sistemas paralelos de agua y alcantarillado.* Gtz.

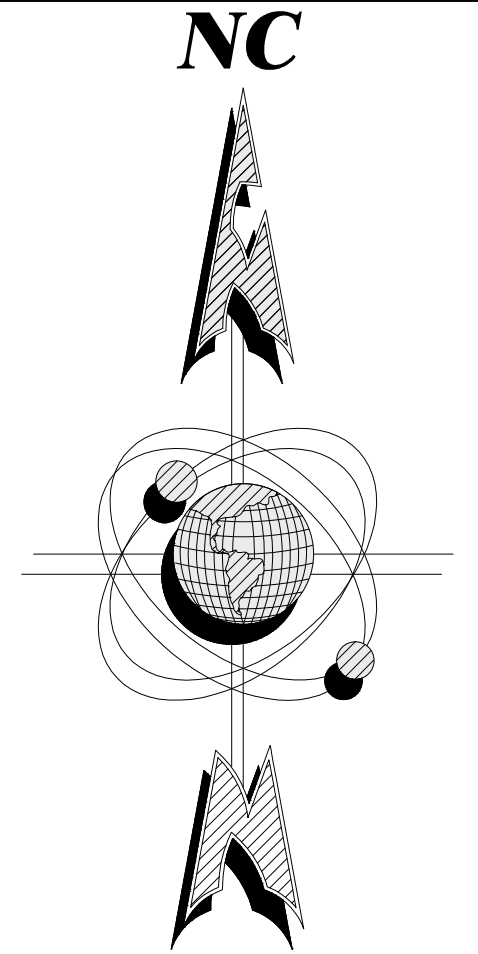
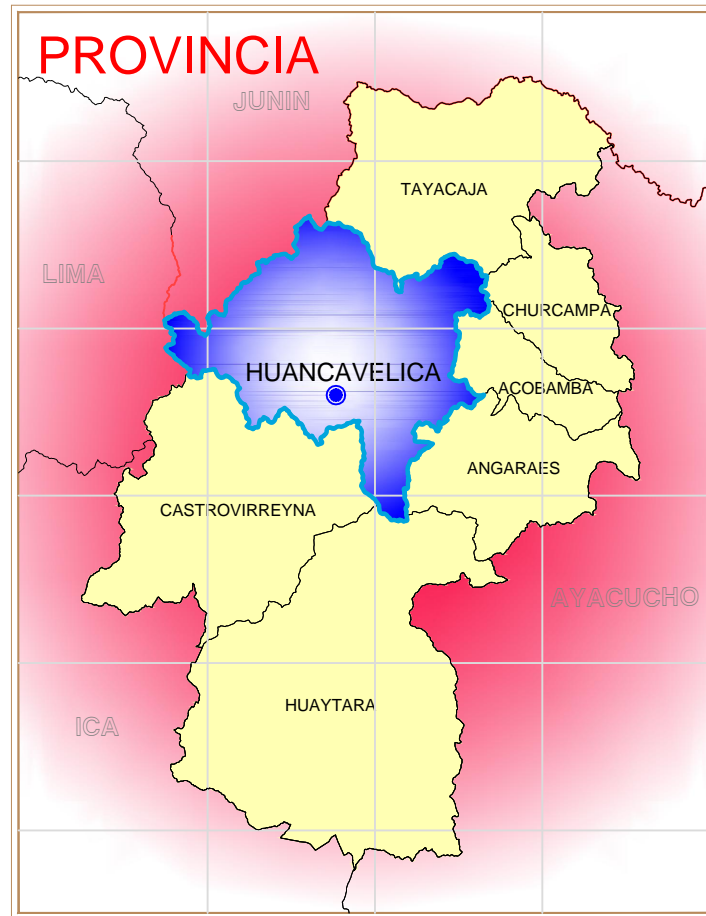
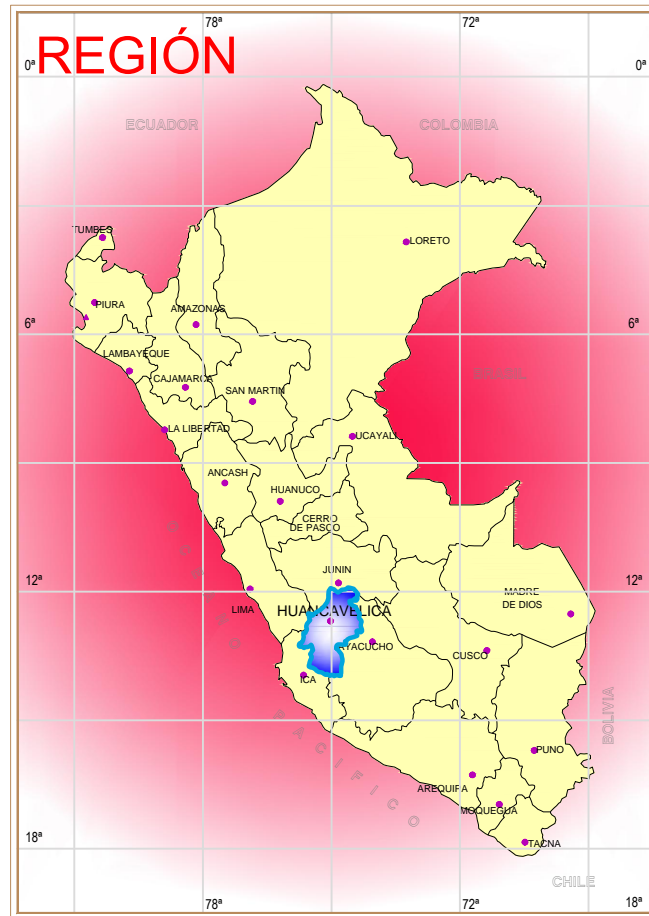
Pumacahua, H., Solano R., S. G. (2011). *“Contaminación por Residuos Sólidos Orgánicos en la Epidemiología de las Enfermedades en niños menores de 5 años en la localidad de Pampachacra – Huancavelica 2011.”* Universidad Nacional de Huancavelica.

## **ANEXO**

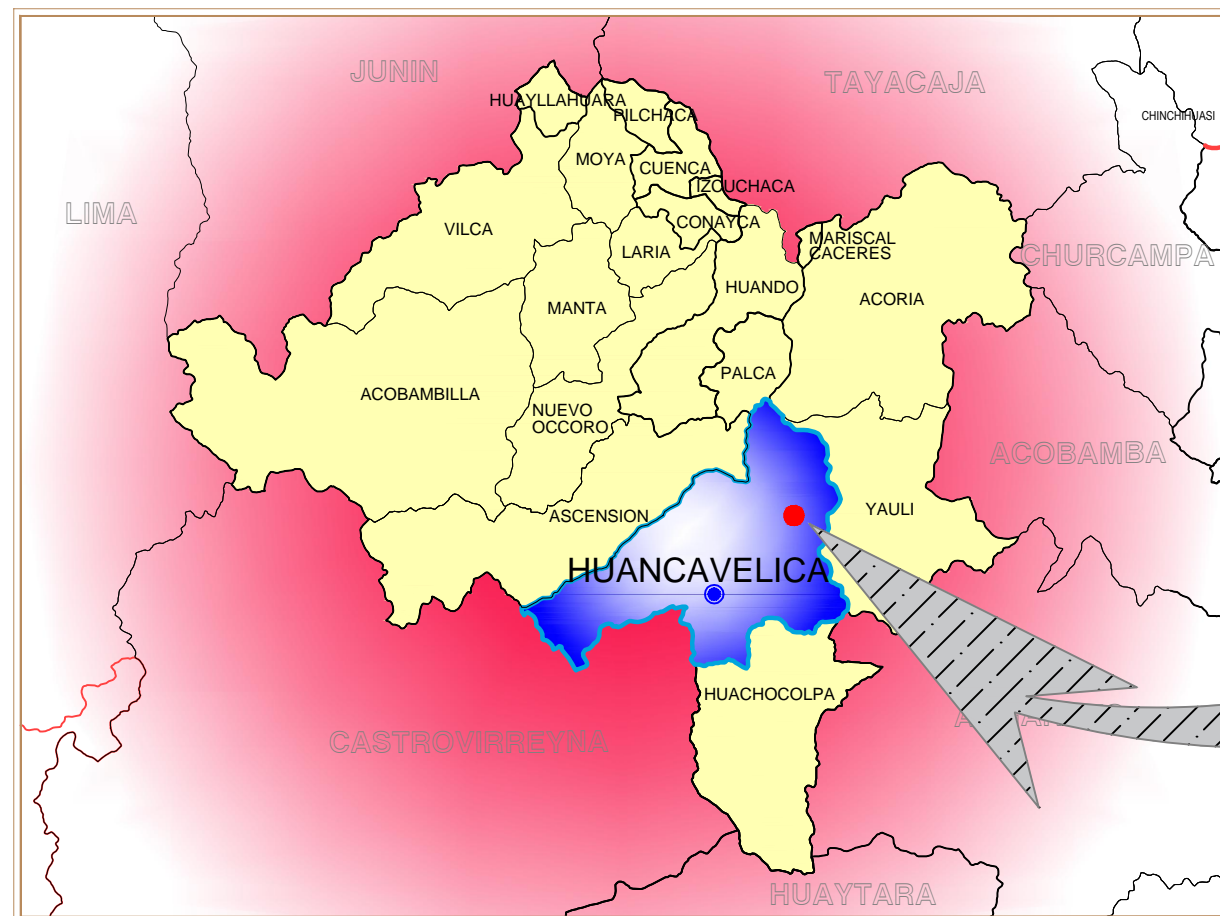
Anexo 1: Mapa de ubicación de la zona en estudio.

Anexo 2: Planos de diseño de filtro lento de lecho de arena.

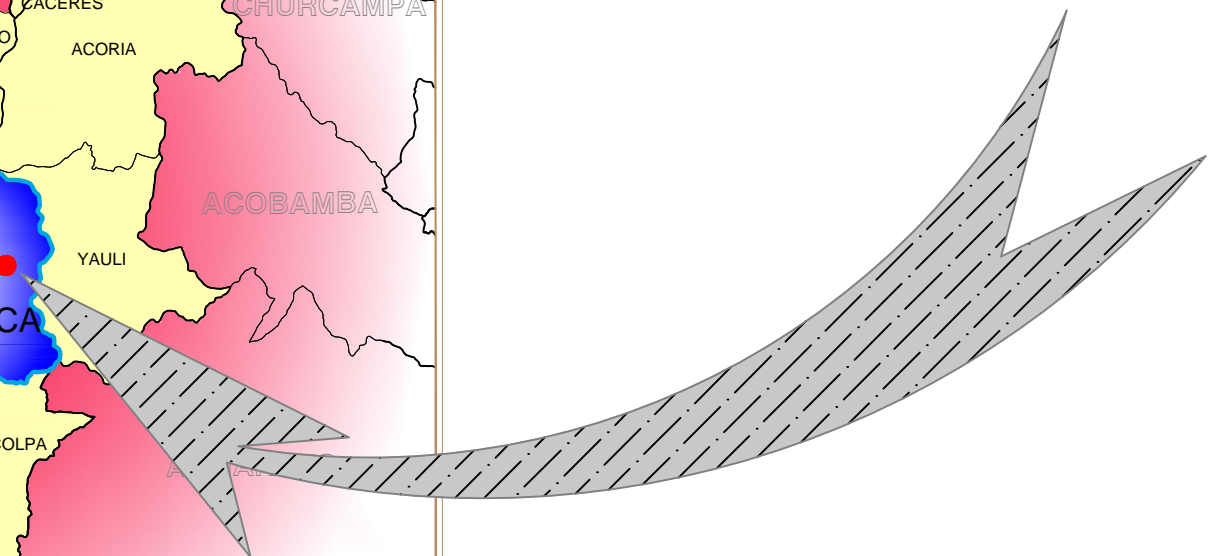
Anexo 3: Informes de ensayo de laboratorio.





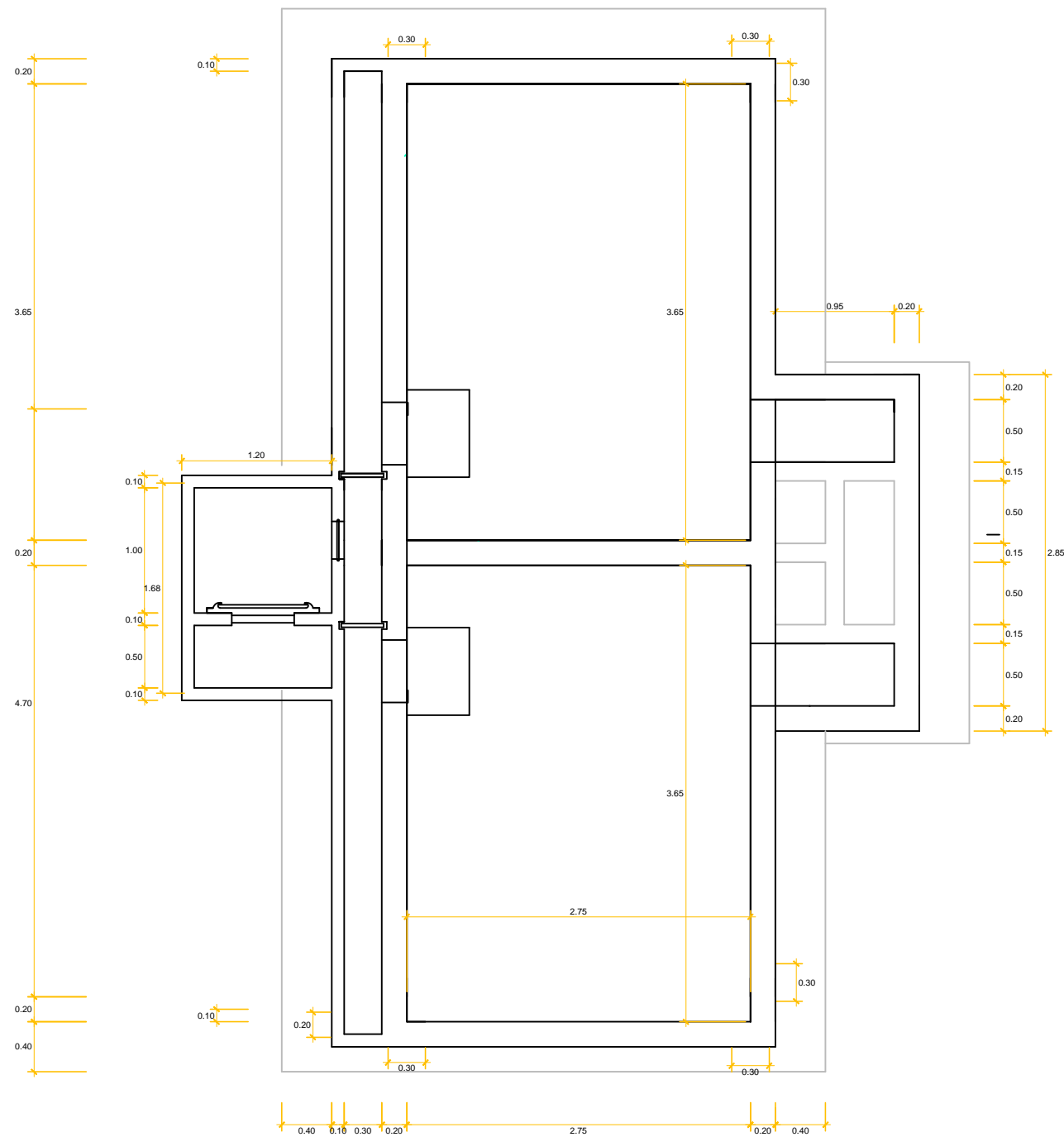
**DISTRITAL**



**CENTRO POBLADO DE PAMPACHACRA**

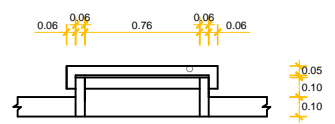


 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA</b> 		
<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>		
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO PAMPACHACRA ÁREA DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE HUANCAMELICA, 2016"		
PLANO :	PLANO DE UBICACIÓN	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ACESOR :	DISEÑO :	LAMINA N° :
ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI	QUISPE VENTURA, ISRAEL	<b>PU-01</b>
DEPARTAMENTO :	ESCALA :	FECHA :
AYACUCHO	INDICADA	09/06/2016
		DIBUJO :
		I.Q.V.



**ESTRUCTURAS PLANTA**

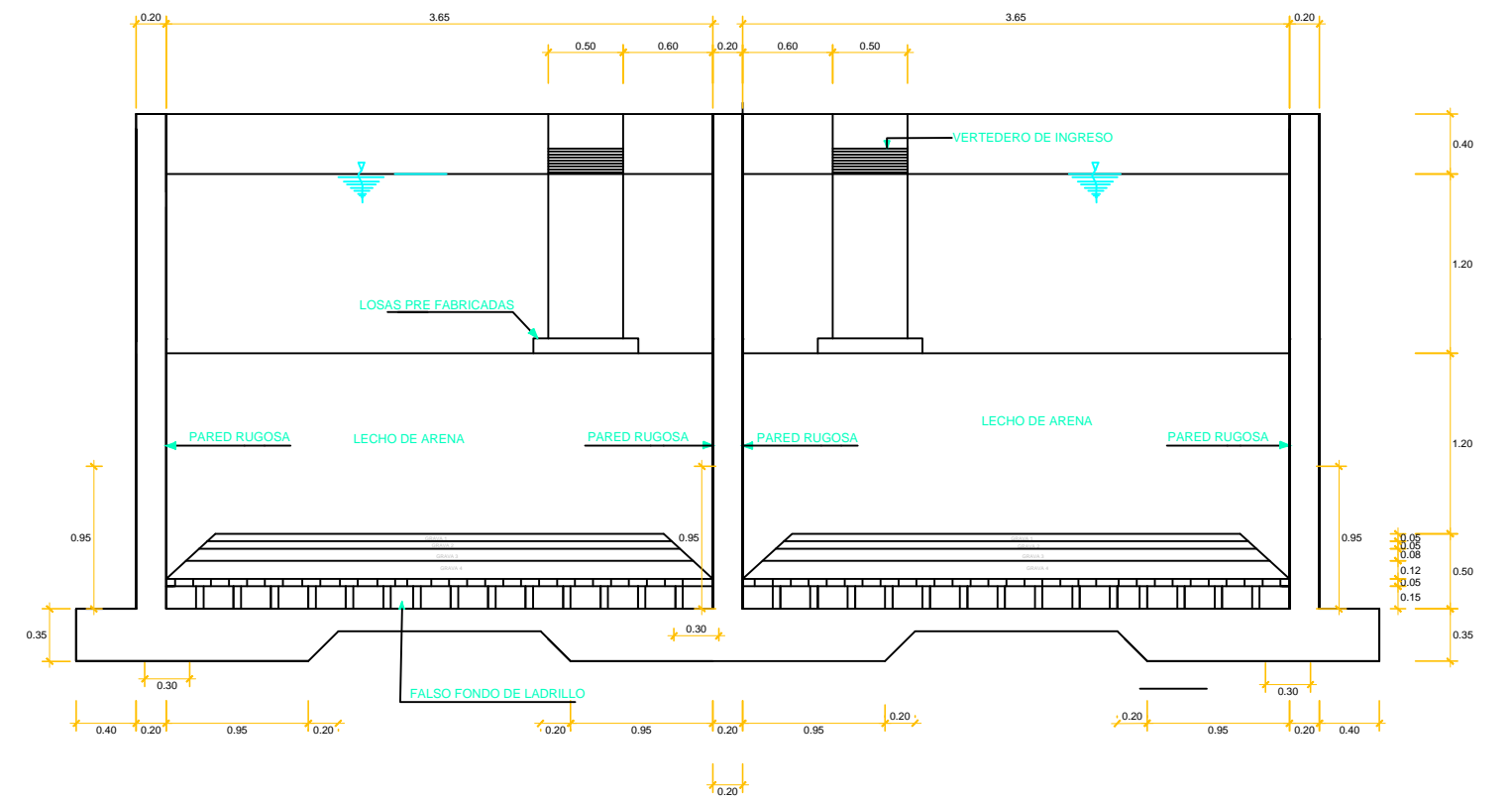
ESCALA : 1/25



**DETALLE DE TAPA**  
ESCALA : 1/20

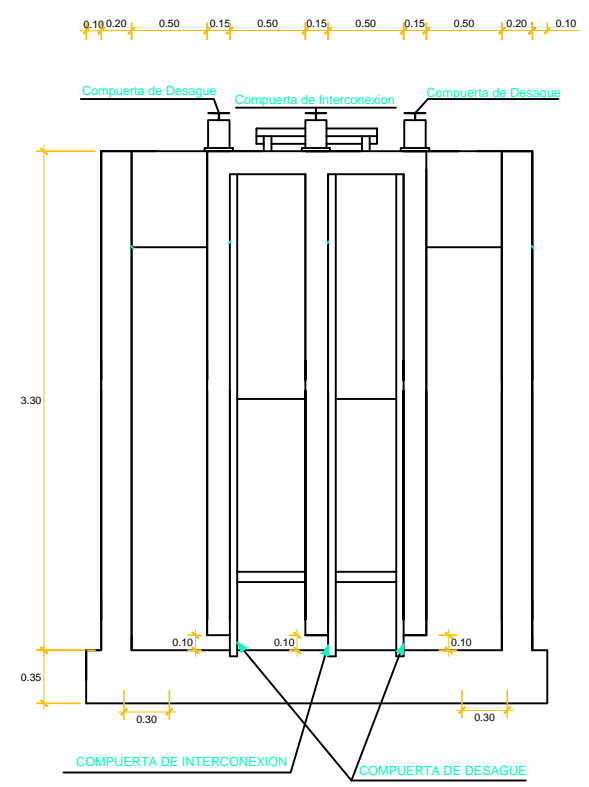


**DETALLE PLANTA DE COMPUERTA PARA AISLAR FILTRO**  
ESCALA : 1/20



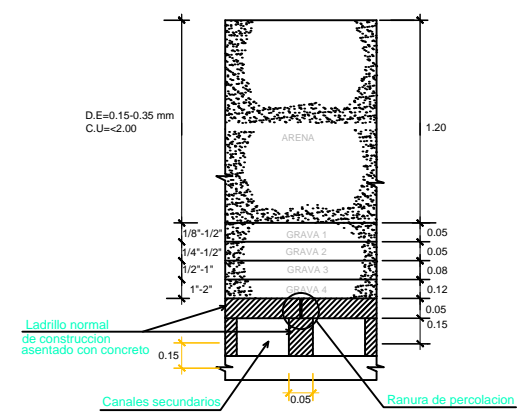
**CORTE B - B**

ESCALA : 1/25




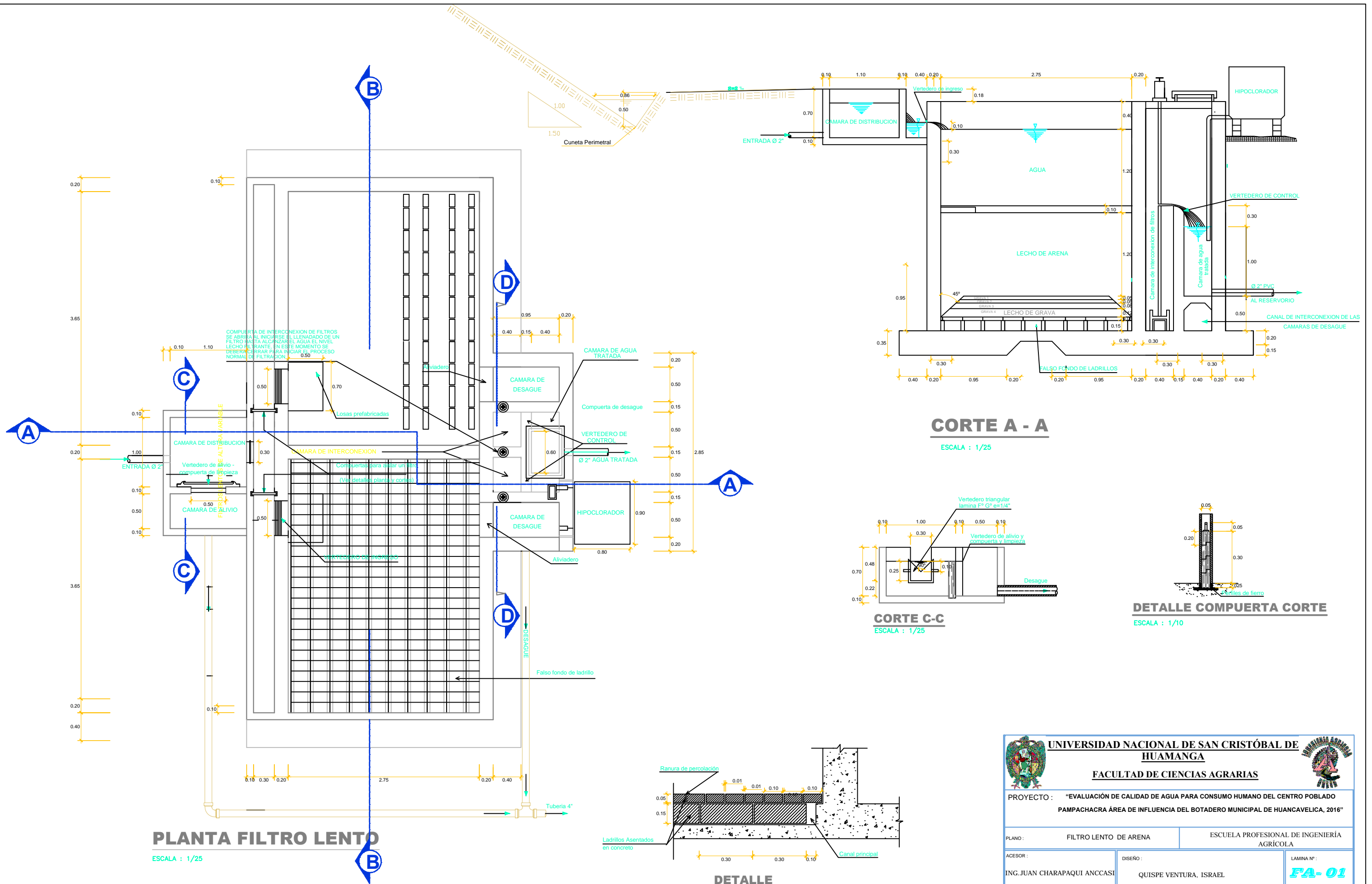
**CORTE D-D**

ESCALA : 1/25



**DETALLE**  
ESQUEMATICO FILTRO

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>		
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO PAMPACHACRA ÁREA DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE HUANCAVELICA, 2016"		
PLANO :	FILTRO LENTO DE ARENA	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ACESOR :	DISEÑO :	LAMINA Nº :
ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI	QUISPE VENTURA, ISRAEL	<b>FA-02</b>
DEPARTAMENTO :	ESCALA :	FECHA :
AYACUCHO	INDICADA	09/06/2016
		DIBUJO :
		I.Q.V.

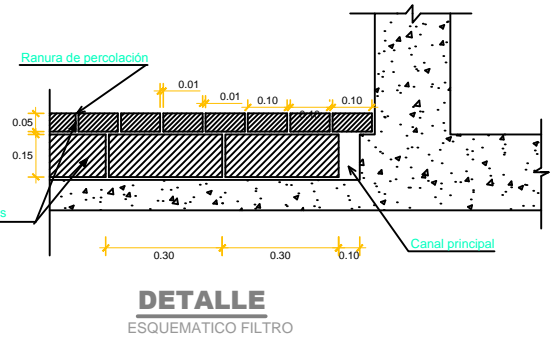


**PLANTA FILTRO LENTO**  
ESCALA : 1/25



**CORTE A - A**  
ESCALA : 1/25

**CORTE C-C**  
ESCALA : 1/25

**DETALLE COMPUERTA CORTE**  
ESCALA : 1/10



**DETALLE**  
ESQUEMATICO FILTRO

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>		
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO PAMPACHACRA ÁREA DE INFLUENCIA DEL BOTADERO MUNICIPAL DE HUANCAYELICA, 2016"		
PLANO :	FILTRO LENTO DE ARENA	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ACESOR :	ING. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI	DISEÑO : QUISPE VENTURA, ISRAEL
DEPARTAMENTO :	AYACUCHO	LAMINA Nº : <b>FA-01</b>
	ESCALA : INDICADA	FECHA : 09/06/2016
		DIBUJO : I.Q.V.







INFORME DE ENSAYO: 018 -2016

**SOLICITANTE** : Programa de Vigilancia de la Calidad de Agua para Consumo Humano  
**DOMICILIO LEGAL** : Av. Andres A. Caceres S/N  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 10/02/2016  
**PUNTO DE MUESTREO** : RESERVORIO DE 1000 LITROS - ROTOPLAS  
**TIPO DE FUENTE** : MANANTIAL  
**MUESTREADOR** : Yohani, IBAÑEZ ALVARES

**DATOS DE LA MUESTRA:**

CODIGO DE CAMPO	NOMBRE DE LA FUENTE	BARRIO / ANEXO	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	REGIÓN	FECHA MUESTREO	HORA MUESTREO
M-1	OJONAL	PAMPACHACRA	PAMPACHACRA	HUANCAMELICA	HUANCAMELICA	HVCA	10/02/2016	04:00:00 p.m.

**RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA**

PARAMETROS:		UNIDADES	VALOR
COLIFORMES TOTALES	35 °C	UFC/100 mL	20
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	44.5 °C	UFC/100 mL	15

Nota: Metodo de analisis por Filtración de Membrana para la Muestra M-1, según Estándar Methods for the Examination of water an waswater, 21 th Edition 2005, parte 9222 B

< 1 UFC/100 mL. No se observo colonias de Coliformes

OBSERVACION: Realizar la cloración con Hipoclorito de Calcio

**RESULTADOS DE ANALISIS DE PARAMETROS DE CALIDAD ORGANOLEPTICA DEL AGUA**

PARAMETROS:		UNIDADES	VALOR
OLOR		---	Aceptable
SABOR		---	Aceptable
COLOR		UCV escala Pt/Co	19.00
TURBIEDAD		UNT	0.74
pH		Valor de pH	7.48
CONDUCTIVIDAD		µS/cm	87.30
CLORUROS		mg/L Cl-	2.20
SULFATOS		mg/L SO4=	11
DUREZA TOTAL		mg/L CaCO3	34.00
HIERRO		mg/L Fe	0.12
COBRE		mg/L Cu	0.02

UCV = Unidad de Color Verdadero

UNT = Unidad Nefelometrica de Turbiedad

GOBIERNO REGIONAL HUANCAMELICA  
 ES COPIA FIEL DE SU ORIGINAL VALIDA  
 SOLO PARA TRAMITE INTERNO

26 ABR. 2016

TAP. Encarnación LÓPEZ SANTOYO

FEDATARIO

REG N°: 188

**RESULTADOS DE ANALISIS DE PARAMETROS QUÍMICOS INORGANICOS DEL AGUA**

PARAMETROS:		UNIDADES	VALOR
NITRATOS		mg/L NO3	1

12 de febrero de 2016

  
 PANTAN ESPINOZA  
 RESPONSABLE DE LABORATORIO  
 DESA-DIRESA



Yohani E. Ibañez Álvarez  
 BIÓLOGO  
 C.B.P. N° 9373

cc Archivo  
RRPE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR  
Jr. Abraham Valdelomar Nº 249 – Telf. 315936 RPM # 151505  
Ayacucho – Perú  
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

Región : Huancavelica  
Provincia : Huancavelica  
Distrito : Huancavelica  
Localidad : Pampachacra  
Proyecto : Tesis: "Evaluación de Calidad de Agua para Consumo Humano del Centro Poblado Pampachacra Area de Influencia del Botadero Municipal de Huancavelica, 2016"  
Solicitante : Sr. Israel Quispe Ventura  
Fuente : Reservorio Pampachacra Km 11+000  
4058msnm 508527.41E/8583787.63N

**LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES DE LOS  
PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

PARAMETROS	Resultado de Análisis	LMP (*)
Coliformes totales (NMP/100ml)	46,0	8,8
Coliformes fecales (NMP/100ml)	12,0	0
pH	7,58	6,5-8,5
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	44,0	500
Cloruros (mg/L)	20,59	250
Sulfatos (mg/L)	0,96	250
Nitratos (mg/L)	0,0	50
Hierro (mg/L)	0,0	0,3
Manganeso (mg/L)	.-	0,2
Aluminio (mg/L)	.-	0,2
Cobre (mg/L)	.-	3,0
Plomo (mg/L)	.-	0,1
Cadmio (mg/L)	.-	0,003
Arsénico (mg/L)	.-	0,1
Mercurio (mg/L)	.-	0,001
Cromo (mg/L)	.-	0,05
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	.-	2,0
DQO (mg/L)	.-	0,05
Conductividad eléctrica (uS/cm) 25°C	114,0	1500
Turbidez (UNT)	0,0	
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	58,0	

(\*): Valores Recomendados por la Organización Mundial de la Salud

OBSERVACIONES:

Ayacucho, 02 de Mayo del 2016

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS  
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES  
RESPONSABLE  
  
Juan B. Giron Molina  
C.I.P. 77120





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR  
Jr. Abraham Valdelomar Nº 249 – Telf. 315936 RPM # 151505  
Ayacucho – Perú  
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

Región : Huancavelica  
Provincia : Huancavelica  
Distrito : Huancavelica  
Localidad : Pampachacra  
Proyecto : Tesis: "Evaluación de Calidad de Agua para Consumo Humano del Centro Poblado Pampachacra Area de Influencia del Botadero Municipal de Huancavelica, 2016"  
Solicitante : Sr. Israel Quispe Ventura  
Fuente : Manantial Pacurpascca 4196msnm 509199.88E/8581977.36N

**LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES DE LOS  
PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

PARAMETROS	Resultado de Análisis	LMP (*)
Coliformes totales (NMP/100ml)	14,0	8,8
Coliformes fecales (NMP/100ml)	0,0	0
pH	7,62	6,5-8,5
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	52,0	500
Cloruros (mg/L)	25,92	250
Sulfatos (mg/L)	1,44	250
Nitratos (mg/L)	0,0	50
Hierro (mg/L)	0,0	0,3
Manganeso (mg/L)	.-	0,2
Aluminio (mg/L)	.-	0,2
Cobre (mg/L)	0,0	3,0
Plomo (mg/L)	.-	0,1
Cadmio (mg/L)	.-	0,003
Arsénico (mg/L)	.-	0,1
Mercurio (mg/L)	.-	0,001
Cromo (mg/L)	.-	0,05
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	.-	2,0
DQO (mg/L)	.-	0,05
Conductividad eléctrica (uS/cm) 25°C	134,0	1500
Turbidez (UNT)	0,0	
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	63,0	

(\*): Valores Recomendados por la Organización Mundial de la Salud

OBSERVACIONES:

Ayacucho, 02 de Mayo del 2016

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS  
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES  
RESPONSABLE  
  
Juan B. Girón Molina  
C.I.P. 77120



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR  
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 151505  
Ayacucho – Perú  
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

Región : Huancavelica  
Provincia : Huancavelica  
Distrito : Huancavelica  
Localidad : Pampachacra  
Proyecto : Tesis: "Evaluación de Calidad de Agua para Consumo Humano del Centro Poblado Pampachacra Area de Influencia del Botadero Municipal de Huancavelica, 2016"  
Solicitante : Sr. Israel Quispe Ventura  
Fuente : Conexión Pública (Borde de la carretera)  
4026msnm 508213.75E/8583917.20N

**LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES DE LOS  
PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

PARAMETROS	Resultado de Análisis	LMP (*)
Coliformes totales (NMP/100ml)	52,0	8,8
Coliformes fecales (NMP/100ml)	14,0	0
pH	7,57	6,5-8,5
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	42,0	500
Cloruros (mg/L)	19,88	250
Sulfatos (mg/L)	0,48	250
Nitratos (mg/L)	0,0	50
Hierro (mg/L)	0,0	0,3
Manganeso (mg/L)	.-	0,2
Aluminio (mg/L)	.-	0,2
Cobre (mg/L)	.-	3,0
Plomo (mg/L)	.-	0,1
Cadmio (mg/L)	.-	0,003
Arsénico (mg/L)	.-	0,1
Mercurio (mg/L)	.-	0,001
Cromo (mg/L)	.-	0,05
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	.-	2,0
DQO (mg/L)	.-	0,05
Conductividad eléctrica (uS/cm) 25°C	110,0	1500
Turbidez (UNT)	0.0	
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	57.0	

(\*): Valores Recomendados por la Organización Mundial de la Salud

OBSERVACIONES:

Ayacucho, 02 de Mayo del 2016

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS,  
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES  
RESPONSABLE  
  
Juan B. Giron Molina  
C.I.P. 77120