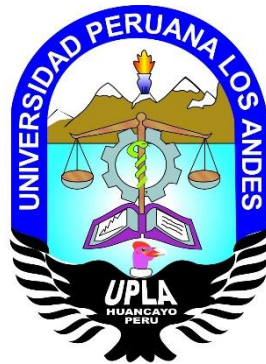


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**



**TESIS**

**LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO PARA  
MEJORAR EL AGUA POTABLE, MOLINOS - JAUJA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Juan Martin Velasco Valenzuela**

**Línea de Investigación Institucional:**

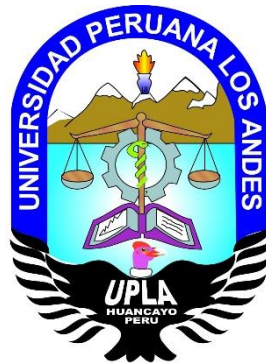
**Salud y Gestión de Salud**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA- PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**



**TESIS**

**LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO PARA  
MEJORAR EL AGUA POTABLE, MOLINOS - JAUJA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Juan Martin Velasco Valenzuela**

**Línea de Investigación Institucional:**

**Salud y Gestión de Salud**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA- PERÚ**

**2019**

## **ASESORES**

---

**ASESOR METODOLÓGICO**  
DR. APOLINAR SALDAÑA PONTE

---

**ASESOR TEMÁTICO**  
ING. GUIDO RUBÉN BENIGNO PEBE

## **DEDICATORIA.**

A mis Padres Mery y Manuel por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

A Mariela y a mis hijos Giovanni y Annilu que me acompañaron en esta etapa, motivando mi formación tanto profesional y humana.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, por su apoyo incondicional en el proceso de formación en esta carrera.

De manera especial a mis tutores, por haberme guiado con su conocimiento en la elaboración de esta tesis.

A la Universidad Peruana Los Andes, por la formación integral en esta carrera.

## **JURADOS DE SUSTENTACIÓN**

---

### **PRESIDENTE**

Dr. Casio Aurelio Torres López

---

### **PRIMER JURADO**

Mg. Kliver Luis Almonacid Flores

---

### **SEGUNDO JURADO**

Mg. Luis Humberto Díaz Huiza

---

### **TERCER JURADO**

Mg. Carlos Mario Fernández Díaz

---

### **SECRETARIO DOCENTE**

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales

# ÍNDICE

PORTADA.....	I
FALSA PORTADA .....	II
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
JURADOS DE SUSTENTACIÓN.....	VI
INDICE .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
TABLA DE GRAFICOS.....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPITULO I .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1.    PROBLEMA GENERAL .....	2
1.2.2.    PROBLEMAS ESPECIFICOS .....	2
1.3.    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.1.    SOCIAL .....	3
1.3.2.    METODOLÓGICA.....	3
1.4.    DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.4.1.    ESPACIAL.....	3
1.4.2.    TEMPORAL.....	5
1.4.3.    ECONÓMICO .....	5
1.5.    LIMITACIONES .....	5
1.6.    OBJETIVOS.....	5
1.6.1.    OBJETIVO GENERAL.....	5
1.6.2.    OBJETIVO ESPECIFICOS.....	5
CAPITULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.    ANTECEDENTES .....	7
2.1.1.    ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	7

2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	11
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.2.1.	AGUA CRUDA.....	14
2.2.2.	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA.....	16
2.2.3.	TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.....	16
2.2.4.	PROCESOS DE LA PLANTA TRATAMIENTO CONVENCIONAL.....	18
2.2.5.	PRINCIPALES INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA.....	30
2.3.	DEFINICION DE TERMINOS.....	37
2.4.	HIPÓTESIS.....	40
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	40
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICAS.....	40
2.5.	VARIABLES.....	41
2.5.1.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES.....	41
2.5.2.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.....	41
2.5.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES.....	42
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>44</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>44</b>
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.5.1.	POBLACION.....	46
3.5.2.	MUESTRA.....	46
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	46
3.7.	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	47
3.8.	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	48
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>49</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>49</b>
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE MOLINOS JAUJA (PRE TEST).....	49
4.2.	PROPUESTA DE MEJORA.....	52
4.3.	ÁREA DE INFLUENCIA.....	57
4.4.	POBLACIÓN BENEFICIADA.....	57
4.5.	COBERTURA DE SERVICIOS.....	57
4.6.	CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO.....	58
4.7.	CAUDALES DE DISEÑO.....	59



4.8.	VOLÚMENES DE REGULACIÓN .....	60
4.9.	BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.....	60
4.9.1.	OFERTA DE AGUA.....	60
4.9.2.	DEMANDA DE AGUA .....	61
4.9.3.	BALANCE DE OFERTAY DEMANDA .....	62
4.10.	PARAMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA .....	63
4.10.1.	ENSAYOS DE PRUEBA DE JARRAS (POST TEST) .....	63
4.10.2.	ANALISIS INICIAL DE LA PRUEBA .....	64
4.10.3.	PRUEBAS DE JARRAS .....	64
4.11.	OXIDACION/REDUCCION: .....	67
4.12.	ADSORCION E INTERCAMBIO IONICO: .....	68
4.13.	MEZCLA LENTA .....	69
4.14.	DECANTACIÓN.....	69
4.15.	FILTRACION .....	70
4.16.	DESINFECCIÓN.....	71
4.17.	DESCRIPCION TECNICA .....	71
4.17.1.	PLANTA DE REMOCION DE ARSENICO .....	72
4.18.	CUADRO COMPARATIVO DE MEJORA DEL AGUA POTABLE DE MOLINOS JAUJA CON EL MÉTODO DE JARRAS PRE TEST – POST TEST.....	73
4.19.	PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE REMOCION DE ARSENICO .....	75
<b>CAPITULO V .....</b>		<b>76</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>76</b>
5.1.	DISCUSIÓN DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO PARA LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO:.....	76
5.2.	DISCUSIÓN DE LA PRUEBA DE JARRAS PARA DETERMINAR LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE.	77
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>81</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>82</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites de calidad de agua para plantas de filtración.....	17
directa .....	17
Tabla 2: Tipo de Sedimentadores según su forma.....	24
Tabla 3: Límites de calidad de agua para tratamiento mediante filtración rápida .....	27
Tabla 4: Límites permisibles para lechos filtrantes.....	28
Tabla 5: Grado de eficiencia de la filtración y sedimentación.....	30
Tabla 6: Parámetros que garantizan la eficiencia de la desinfección .....	30
Tabla 7: Operacionalización de variables .....	42
Tabla 8: Análisis del diseño Experimental .....	45
Tabla 9: Técnicas e instrumentos de datos.....	47
Tabla N° 10: Resultado muestra de agua .....	49
Tabla N° 11: Informe de Morbilidad de Molinos Jauja.....	51
Tabla N° 12: aforo con flotador puncomachay 15/05/2019 .....	52
Tabla N° 13: aforo con correntometro Puncomachay 15/05/2019 .....	52
Tabla N° 14: aforo con flotador Puncomachay 16/05/2019.....	53
Tabla N° 15: aforo con correntometro Puncomachay 16/05/2019 .....	53
Tabla N° 16: resultados de aforo mayo - 2019 Puncomachay.....	53
Tabla N° 17: aforo con flotador Puncomachay 22/06/2019.....	54
Tabla N° 18: aforo con correntómetro Puncomachay 22/06/2019 .....	55
Tabla N° 19: aforo con flotador Puncomachay 23/06/2019.....	55
Tabla N° 20: aforo con correntómetro Puncomachay 23/06/2019 .....	55
Tabla N° 21: resultados de aforo junio - 2019 Puncomachay .....	56
Tabla N° 22: Datos INEI Molinos .....	57
Tabla N° 23 :Proyección Población Servida Distrito de Molinos.....	58
Tabla N° 24: Dotación por categoría de consumo .....	58
Tabla N° 25: Datos RNE.....	59
Tabla N° 26 : Caudales Doméstico Ciudad de Molinos.....	60
Tabla N° 27: Requerimiento Volúmenes de Regulación – Molinos .....	60
Tabla N° 28 : Demanda de agua expresado como Qmd.....	61
Tabla ° 29 : BALANCE OFERTA DEMANDA .....	62
Tabla 30 : BALANCE OFERTA DEMANDA.....	64
Tabla 31 : RESULTADOS DE PRUEBA DE JARRAS 1 .....	65
Tabla 32 : RESULTADOS DE PRUEBA DE JARRAS 2 .....	66
Tabla 33 : tabla comparativa.....	73

Tabla 34 : tabla parametros iniciales.....	74
Tabla 35 : tabla comparativa.....	74
Tabla 36 : tabla comparativa.....	74
Tabla 37 : presupuesto de obra .....	75
.....	75
Tabla 38 : discusión resultado prueba de jarras 1 .....	77
Tabla 39 : discusión resultado prueba de jarras 2 .....	78

## TABLA DE GRÁFICOS

GRAFICO 1: grafica caudal mes de mayo - 2019.....	54
GRAFICO 2: Balance oferta-demanda .....	63
GRAFICO 3: grafica de dosis optima de hipoclorito de calcio .....	65
GRAFICO 4: grafica dosis optima de cloruro ferroso.....	67

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del Distrito de Molinos – Jauja .....	4
Figura 2 mapa del mundo.....	4
Figura 3. Diagrama pretest y postest .....	46
Figura 4. Medición del caudal y toma de muestras .....	47
Figura 5. Ensayo de prueba de jarras en el laboratorio de NSF Envirolab .....	86
Figura 6. Ensayo de Prueba de Jarras - En el laboratorio NSF Envirolab.....	86
Figura 7. Ensayo de Prueba de Jarras - En el laboratorio NSF Envirolab.....	86

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el distrito de Molinos Provincia de Jauja Departamento de Junín, tuvo como problema principal: ¿Cómo mejora el agua potable con la construcción de la planta de remoción de arsénico?, Se plantea como objetivo principal en precisar como la planta de remoción de arsénico influye para mejorar agua potable distrito de Quero mediante el proceso de coagulación – floculación – adsorción e intercambio iónico (coagulación, decantación/sedimentación, filtración). Su hipótesis general viene a ser: “la planta de remoción de arsénico mejorara el agua potable”.

Para lo cual se realizó el diseño de la planta de tratamiento de arsénico en el distrito de Molinos-Jauja, con la finalidad de reducir las enfermedades producidas por este compuesto. El método utilizado para determinar los niveles de arsénico fue mediante el análisis de agua en el laboratorio NFS Envirolab acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL, resultando una concentración de 0,032 mg/l de Arsénico el cual se encuentra por encima del Estándares Nacional de Calidad Ambiental para el agua, 0,01 mg/L de arsénico y el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DIGESA. En tal sentido, para mejorar el agua potable de Molinos, se realizó los análisis en el laboratorio NFS Envirolab que consiste en el ensayo de Prueba de Jarras, así como también determinar el caudal para el diseño de la planta de remoción de arsénico. Resultando una disminución de 0.042 que representa del 21%. de remoción en la prueba de Jarras N° 1 con 1 mg/L Hipoclorito de Calcio para la oxidación. En la prueba de jarras N° 2 dio como resultado una disminución de 0.007 que representa el 87% de remoción con 10 mg/L cloruro ferroso para la coagulación. Finalmente, es importante resaltar que la

remoción de arsénico mediante el proceso de coagulación, decantación - sedimentación, filtración es una de las tecnologías de remoción convencional que resulta recomendable, por sus bajos costos operativos, para aguas con altos contenidos de arsénico y sólidos disueltos pudiendo cumplir con la normativa futura para mejorar el agua potable y cumplir con los estándares de calidad dispuestos por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental.

. **Palabras Claves/:** remoción, arsénico, coagulación, decantación - sedimentación, filtración

## SUMMARY

The present work was carried out in the district of Molinos Province of Jauja Department of Junín, had as main problem: How do you improve drinking water with the construction of the arsenic removal plant ?, It is proposed as the main objective to specify how the Arsenic removal plant influences to improve drinking water district of Quero through the process of coagulation - flocculation - adsorption and ion exchange (coagulation, settling / sedimentation, filtration). His general hypothesis is: "the arsenic removal plant will improve drinking water."

For which the design of the arsenic treatment plant in the district of Molinos-Jauja was carried out, in order to reduce the diseases caused by this compound. The method used to determine arsenic levels was through the analysis of water in the NFS Envirolab laboratory accredited by the Peruvian Accreditation Agency INACAL, resulting in a concentration of 0.032 mg / l of Arsenic which is above the National Quality Standards Environmental for water, 0.01 mg / L of arsenic and the regulation of water quality for human consumption DIGESA. In this sense, in order to improve the drinking water of Molinos, the analyzes were carried out in the NFS Envirolab laboratory, which consists of the Jug Test, as well as determining the flow rate for the design of the arsenic removal plant. Resulting a decrease of 0.042 representing 21%. of removal in the pitcher test No. 1 with 1 mg / L calcium hypochlorite for oxidation. In the pitcher test No. 2 resulted in a decrease of 0.007 representing 87% removal with 10 mg / L ferrous chloride for coagulation. Finally, it is important to highlight that the removal of arsenic through the process of coagulation, settling - sedimentation, filtration is one of the conventional removal technologies that is recommended, due to its low operating costs, for waters with

high arsenic contents and dissolved solids being able to comply with future regulations to improve drinking water and comply with quality standards set by the Executive Directorate of Environmental Health.

. Keywords /: removal, arsenic, coagulation, decantation - sedimentation, filtration



## INTRODUCCIÓN

En el Distrito de Molinos anexo de Quero se ha reportado la existencia de concentraciones de arsénico en agua potable, superiores a las admitidas como consecuencia los pobladores sufren de enfermedades gastrointestinales, respiratorias entre otras por lo que resulta importante dar una solución técnica a este problema.

Las partículas disueltas y suspendidas están presentes en la mayoría de las aguas naturales. Estos surgen principalmente de la erosión de la tierra, la disolución de minerales y la descomposición de la vegetación. Tal material puede incluir materia orgánica y/o inorgánica suspendida, disuelta, así como varios organismos biológicos, tales como bacterias, algas o virus. Este material debe eliminarse, ya que causa un deterioro de la calidad del agua al reducir la claridad (por ejemplo, causar turbidez o color) y, eventualmente, transportar organismos patógenos o compuestos tóxicos, adsorbidos en sus superficies (*Tzoupanos y Zouboulis 2008*).

La tesis se elaboró con el objetivo de reducir el nivel de arsénico presente en la fuente de captación de agua que abastece a el distrito de Molinos, con el proceso de coagulación, floculación/sedimentación, filtración, (coagulación, decantación/sedimentación, filtración), El presente estudio está estructurado en cinco capítulos de la siguiente manera:

**Capítulo I:** Se desarrolló el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos.

**Capítulo II:** Se desarrolló el marco teórico, antecedentes nacionales e internacionales de investigaciones similares en el área de la ingeniería hidráulica, conceptos básicos sobre remoción del arsénico y los efectos sobre la salud, definición de términos, hipótesis y las variables de la investigación.

**Capítulo III:** Se desarrolló la metodología, tipo de investigación, nivel de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas y análisis de datos.

**Capítulo IV:** Se desarrolló resultados de la investigación, en base al tema cualitativo y cuantitativo del estudio.

**Capítulo V:** Se desarrolló la discusión de resultados de estudio.

Finalmente se especifican las conclusiones, Recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

**Bachiller: Juan Martin Velasco Valenzuela**

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a los estudios realizados en el manantial del anexo de Quero en Jauja se encontró un alto contenido de arsénico en el agua potable que abastece el distrito de Molinos, de acuerdo a la investigación de Franco M. Francisca y Magalí Evelín Carro Pérez: El arsénico y sus compuestos son considerados como cancerígenos para los humanos y en ciertas regiones existe evidencia epidemiológica de alteraciones a la salud ante el consumo prolongado de aguas arsenicales. En muchos lugares la única fuente de agua para bebida contiene arsénico (As) en solución, por lo que resulta necesario estudiar mecanismos de remoción. *(Francisca & Carro Pérez, 2014)*

La presencia de Arsénico cuando supera valores elevados, origina que el agua no sea apta para consumo humano, es por este motivo que en el Reglamento de Calidad de Agua para consumo humano aprobado cuyo límite máximo permisible no debe superar el valor de 0.01 mg/L de As.

El problema principal que aqueja al poblador de Molinos, de acuerdo a la información obtenida por el centro de salud y como también por la información de los pobladores de la localidad, el problema está centrado, en el aumento de enfermedades e infecciones estomacales (gastrointestinales) que son de origen hídrico.

La exposición del arsénico puede ser por ingesta, ocasionando afectaciones como alteraciones en la pigmentación de la piel, irritación de los órganos del aparato respiratorio, gastro-intestinal y en casos extremos cáncer en diferentes órganos internos como hígado y riñones. Se ha demostrado que el consumo de una cantidad mínima de arsénico es acumulable en huesos, músculos y piel ocasionando efectos serios en los seres humanos.

Para reducir los contenidos de arsénico se da la solución la planta de remoción de Arsénico en el Distrito de Molinos-Jauja.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera la planta de remoción de arsénico influye en el agua potable de Molinos- Jauja?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- a. ¿Cómo influye la planta de remoción de arsénico en las propiedades fisicoquímicas del agua potable?
- b. ¿De qué manera la planta de remoción de arsénico influye en los estándares de calidad del agua potable?
- c. ¿De qué manera la planta de remoción de arsénico influye en los porcentajes de enfermedades?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo establecer una alternativa técnica para resolver el problema del contenido de arsénico presente en el agua potable del distrito de Molinos - Jauja.

### **1.3.1. SOCIAL O PRÁCTICA**

El presente estudio tiene carácter social ya que todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio y accesible de agua. La mejora del tratamiento al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud.

### **1.3.2. METODOLÓGICA**

Para el diseño de la planta tomaremos la aplicación de las teorías hidráulicas, Se tendrá en cuenta la demanda de agua requerida por la población de Molinos. Este trabajo se desarrolló dentro de la metodología de enfoque cuantitativo cuando establecemos relación de las variables. Las herramientas que se diseñarán y desarrollarán para la investigación servirán para recopilar información, para analizar los datos, los mismos que han sido guiado y orientados en todo momento por el método científico.

La metodología utilizada será utilizada para investigaciones similares y otros temas.

## **1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1. ESPACIAL**

La presente investigación se desarrolló dentro del territorio Peruano en el distrito de Molinos Jauja en la Región Junín.

La población de Molinos se encuentra en la provincia de Jauja a una altitud 3430 m.s.n.m. está constituida por 1573 hab.

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO:

UBICACIÓN:

Departamento : Junin

Provincia : Jauja

Distrito : Molinos

Coordenadas UTM : 262000E-8720999

Altitud : 3430 msnm.

Ubicación geográfica Latitud: 11°44'00" S

Longitud: 75°26'37" W

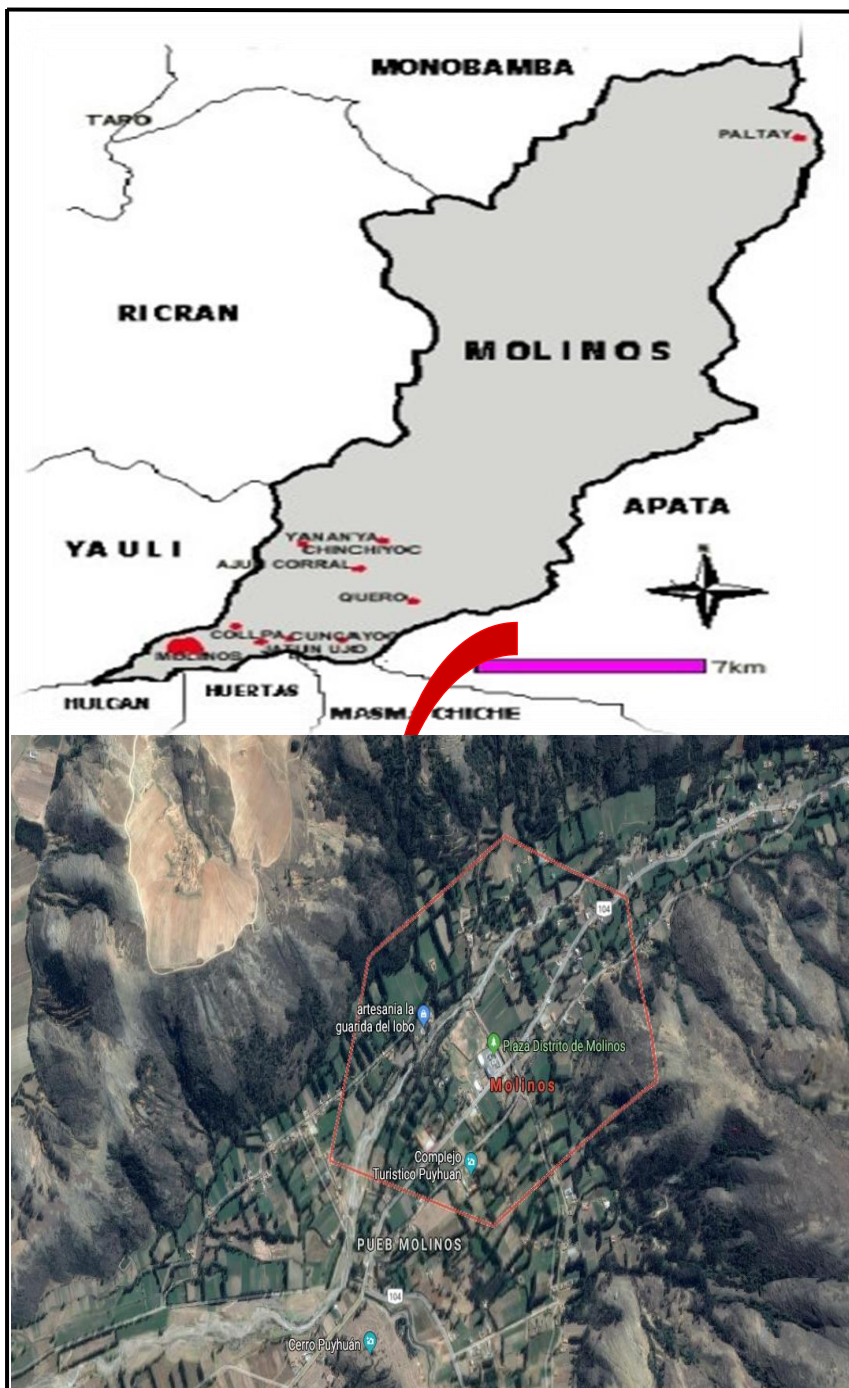


Figura 1. Mapa de Ubicación del Distrito de Molinos – Jauja

Fuente: Internet

#### **1.4.2. TEMPORAL**

Esta investigación se llevó a cabo en el presente año 2019 desde el mes de marzo hasta el mes de Julio

#### **1.4.3. ECONÓMICO**

El presente estudio se realizó sin financiamiento externo, limitado solo a los recursos propios del investigador.

#### **1.5. LIMITACIONES**

Existieron algunas limitaciones debido a la naturaleza del estudio. La muestra es no probabilística por conveniencia, se tomó como muestra el agua del manantial de Puncomachay para conocer el contenido de arsénico; también se realizaron los ensayos de prueba de Jarras, para validar la hipótesis, para el desarrollo del diseño de la planta se procedió a la medición del caudal de la fuente de Puncomachay, el estudio topográfico y geológico no fueron posibles realizar por el tiempo y el factor económico.

#### **1.6. OBJETIVOS**

##### **1.6.1. OBJETIVO GENERAL**

Precisar como la planta de remoción de arsénico influye para mejorar el agua potable de Molinos – Jauja

##### **1.6.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- a. Determinar cómo influye la planta de remoción de arsénico para mejorar las propiedades fisicoquímicas del agua potable de Molinos-Jauja.
- b. Establecer de qué manera la planta de remoción de arsénico influye para mejorar los estándares de calidad del agua potable de Molinos – Jauja.

- c. Precisar de qué manera la planta de remoción de arsénico influye en la disminución de los porcentajes de enfermedades de la población de molinos Jauja.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

Un hecho específico a la formulación del problema que se usa para explicar, establecer e interpretar el problema planteado, viene hacer los antecedentes.

Se trata de hacer un extracto conceptual de las investigaciones o trabajos realizados y así determinar la metodología de la investigación. (investigadores, pág. 36)

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

#### **A. REMOCIÓN DEL ARSÉNICO MEDIANTE COAGULACIÓN, FILTRACIÓN Y SEDIMENTACIÓN ARGENTINA.**

Los lugares afectados por arsénico en Argentina son las áreas más extensas del mundo. En la provincia de Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán,

La Rioja, San Juan y Mendoza son las más afectadas. La actividad volcánica de la cordillera de Los Andes es la que origina la contaminación con arsénico en las aguas subterráneas. Los acuíferos de arsénico son de

formación con secuencia sedimentaria con predominio de loess<sup>1</sup> de edad cuaternaria.

En los niveles más profundos el arsénico suele ser de menor intensidad, pero el agua es salobre. Su concentración también es ocasionada por la actividad del hombre, Las fuentes contaminantes Ose deben al uso de compuestos con arsénico, ejemplo:

óxido arsenioso, óxido arsénico, arseniatos de calcio y plomo, arsenicales orgánicos, arsénico elemental. Sus usos son:

- Insecticidas o herbicidas para cultivos (vid, tomate, algodón, café, etc.).
- Antiparasitario de animales (ovejas, cabras etc.)
- Tratamiento de maderas (preservante por su acción fungicida).
- Subproducto de fundición de metales: cobre, estaño, cobalto y plomo.
- En la combustión del coke.
- En la industria de semiconductores.
- Terapéutica humana y veterinaria.”

(Domínguez, 2013)

## **B. REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA PARA BEBIDA Y BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS**

En América, la población expuesta a el arsénico en el agua, son superiores a lo previsto por las normas de los países. Es el caso de Canadá, Estados Unidos, Chile, Perú, Bolivia, México, El Salvador y Nicaragua. Algunos resolvieron total o parcialmente el problema con nueva

tecnología, dependiendo de que la población ya sea rural o urbana. Tenemos alrededor de 14 tecnologías para remover arsénico del agua con una eficiencia de 70 a 99%. Los más usados son los métodos de coagulación-floculación y ablandamiento con cal.

En Sudamérica, se usa la coagulación química: con sulfato de aluminio, cal hidratada y polielectrolito de sodio, y han logrado reducir el arsénico a 0,12-0,15mg/L. , hay una planta de remoción de arsénico que trata el agua con cloruro férrico y ácido sulfúrico. usados en construcción o dispuestos en un relleno sanitario (sandoval, 2006)

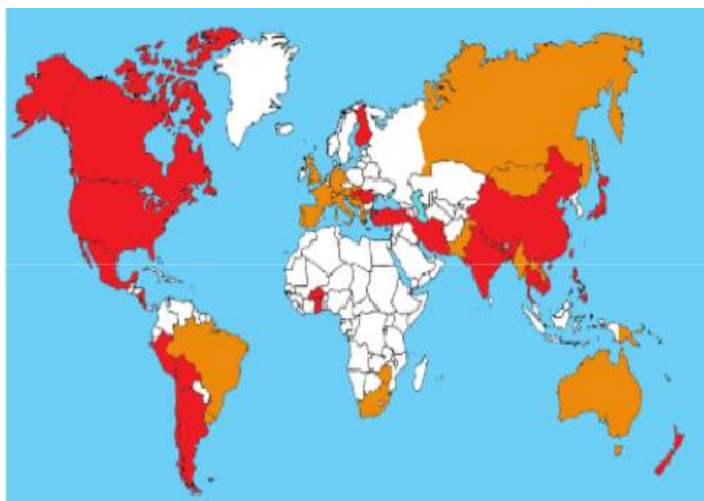
Para afrontar la problemática del agua de bebida, se debe tener en cuenta las características de las fuentes, la adecuación del agua, forma de distribución y/o consumo y las variantes de la tecnología a emplear, sobre la base de las características propias del lugar. En los países de América Latina existe experiencia y capacidad para el desarrollo de tecnología, pero limitada por la carencia de recursos financieros, facilidades y sobre todo políticas de estado que faciliten y orienten el desarrollo de la tecnología, que conlleve a la solución efectiva de problemas o satisfacción de las necesidades existentes. La población más afectada se encuentra dispersa en el área rural; consume agua sin ningún tratamiento y desconoce el riesgo al que está expuesta. “Es necesario desarrollar estudios piloto en forma permanente y sostenida, hasta lograr una solución definitiva cuya implementación pueda recomendarse al ejecutar programas nacionales de remoción de arsénico en el agua de bebida.(*remocion-agua.pdf, s. f.*)

### C. ARSÉNICO EN EL AGUA - EFECTOS SOBRE LA SALUD

¿Qué sucedió en lugares donde el agua contiene altas cantidades de arsénico?

El agua puede estar contaminada en zonas donde el agua del subsuelo está en contacto con el arsénico.

Esto es un problema serio en distintos países como Bangladesh, Bengala Occidental en la India y Taiwán. En algunos países, las personas ingieren agua contaminada regularmente por más de 5 veces, la concentración de arsénico recomendada. Los pobladores de estas zonas sufren efectos adversos a la salud, como cáncer de piel y alteraciones en la piel.



**Figura 2. Mapa del mundo** indicando países en los que las personas se envenenaron en los siglos XX y XXI por beber agua con arsénico (de color rojo) y aquellos en los que se descubrió arsénico en altas concentraciones en las aguas superficiales o las aguas subterráneas, pero no han dado lugar a la intoxicación de la población (de color

naranja).(presentacion-gahumada-as-uchile-mop-puc.pdf,  
s. f.) fuente: Internet

## **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

### **A. REMOCIÓN DE ARSÉNICO POR OXIDACIÓN SOLAR EN AGUAS PARA CONSUMO HUMANO**

Ingerir agua potable contaminada con arsénico es un problema en la salud pública del mundo, y los tratamientos son costosos y aplicables en poblaciones urbanas. En este trabajo se consideró un tratamiento simple: el método de Remoción de Arsénico por Oxidación Solar, RAOS, se usó jugo de limón y alambres de hierro Nro. 16. Realizamos pruebas experimentales con aguas de un pH promedio de 6,7 y 0,2 mg/L en arsénico, reduciendo de hasta un 98,5% de arsénico total bajo una irradiación solar promedio de 612,1 W-h/m<sup>2</sup> en seis horas.

Para el tratamiento en un litro de agua potable contaminada con arsénico se usó seis gramos de alambre de hierro Nro. 16 y 1,3 mL de jugo de limón de la variedad *Citrus aurantifolia* swingle (sutil). Este experimento se proyectó en la región Apurímac con las aguas del río Iscahuaca-Colcabamba que contenían 0,05 mg/L de arsénico, Se logró reducir el 88% de arsénico total bajo una irradiación solar promedio de 586 W-h/m<sup>2</sup>.

Los resultados indican que este método RAOS propuesto debería aplicarse para descontaminar aguas de consumo humano en zonas rurales a nivel familiar, seguido de un programa de sensibilización y capacitación. (Toledo, 2018)

## **B. REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL AGUA MEDIANTE IRRADIACIÓN SOLAR**

Nuestro país posee extensas zonas rurales donde los pobladores no tienen agua potable y usan para el consumo diario agua sin ningún control. El arsénico en aguas es tóxica y acumulativa trayendo consecuencias severas para el ser humano, siendo de carácter grave en estas zonas del país donde el abastecimiento de agua está provisto en fuentes puntuales ya que el análisis químico está fuera del alcance de los organismos controladores.

En este trabajo, se usó la técnica de remoción de arsénico por irradiación solar y luz ultravioleta (UV) con una lámpara. Para concentraciones de arsénico de hasta 500 ppb y una concertación  $Fe^{2+}/citrito$  de 1.8, el resultado de esta técnica disminuye hasta en un 95 % después de 4 horas de irradiación solar o UV de 7.5 m/cm<sup>2</sup>. Los resultados muestran que este método es favorable y es posible aplicarlo en muchas zonas rurales por su simplicidad operativa y económica. (TORRES, 2018)

## **C. LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ**

La población en Perú se encuentra concentrada en ciudades en más de un 80%. La provisión de agua potable es insuficiente. Más aun, el 70% de las aguas residuales no poseen tratamiento, lo que dificulta el ciclo del agua, por el reuso del agua debido a su contaminación. En Perú, particularmente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua.

El agua se contamina según los estudios en distintos niveles primario, secundario y terciario. Cuyas sustancias

contaminantes del agua son orgánicas e inorgánicas, la contaminación del agua pone a la salud pública en peligro, la preocupación de la Organización Mundial de la Salud. Es la contaminación del agua, que resulta de los altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio trayendo consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares. “En los distritos de Lima, La Oroya y Juliaca así como en las diversas provincias del Perú, el rango de la concentración de arsénico inorgánico fue de 13 a 193 mg/l para las aguas subterráneas y superficiales, más alto que el límite de 10 mg/l según lo recomendado por la OMS) (Rodríguez, 2015)

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) de Junín en el año 2011 encontró la captación de agua que suministra a la provincia de Jauja la existencia de arsénico en el manantial de Quero. La Directora declaró que la presencia de arsénico rebasa los límites máximos permisibles en la calidad de agua que abastece a la ciudad de Jauja. Los resultados de la presencia de arsénico fueron positivos para los químicos usados en las muestras tomadas. Estos antecedentes tienen fecha en noviembre de 2011 y de agosto de 2012. (*Diario Correo, 2012*)

DIGESA en una publicación de fecha 17 de febrero del 2012 manifiesta:

Estas muestras, fueron tomadas en el manantial Puncomachay en Quero, distrito de Molinos provincia de Jauja. Otra muestra fue realizada en el hospital Domingo Olavegoya y arrojó 0,0481mg/l. Este informe, alarmó al gerente zonal de la EPS Mantaro, de la oficina de Jauja, Rubén Sánchez Espinoza, quien informó que para reafirmar o excluir este informe, se enviara nuevas muestras de agua que serán sacadas desde las fuentes de captación hasta los

reservorios (*«Digesa halla arsénico en agua que consume población de Jauja | Diario Correo», s. f.»*)

### **2.2.1. AGUA CRUDA**

El agua, que se encuentra en estado natural, para el abastecimiento de la comunidad aun no tratada. Se encuentra en fuentes y reservas naturales de aguas superficiales y subterráneas. Es el agua que se encuentra en las plantas de tratamiento. Para ser considerada potable el agua tiene que someterse a una serie de pruebas, como el análisis de turbiedad, de flora microbiana (para determinar presencia de microorganismos) y la detección de compuestos tóxicos. después de realizar estos análisis se determinará su tratamiento para luego ser distribuida.

#### **A. ESTUDIO DEL AGUA CRUDA**

Para la determinación del agua cruda se deberá tomar en cuenta la “NORMA OS.020, 2016 Estudio de la cuenca en el punto considerado, con la apreciación de los usos industriales y agrícolas que puedan afectar la cantidad o calidad del agua. Usos previstos de la cuenca en el futuro, de acuerdo a regulaciones de la entidad competente. Régimen del curso de agua en diferentes períodos del año. Aportes a la cuenca e importancia de los mismos, que permita realizar el balance hídrico.” (RNE, 2016))



**B. TIPOS DE TRATAMIENTO A UTILIZAR SEGÚN  
LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL  
DEL AGUA CRUDA**

**a. AGUAS QUE PUEDES SER POTABILIZADOS  
CON DESINFECTADOS**

Son las aguas cuyas características de calidad reúnen las condiciones para el abastecimiento y consumo humano con tratamiento, como la norma vigente específica.

**b. AGUAS QUE PUEDEN SER POTABILIZADAS  
CON TRATAMIENTO CONVENCIONAL**

Son aguas que mediante los siguientes procesos están aptos para el consumo humano: floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; así también su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

**c. AGUAS QUE PUEDEN SER POTABILIZADAS  
CON TRATAMIENTO AVANZADO**

Son aguas que mediante estos procesos están aptos para el abastecimiento y consumo: precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente . (MINAM, 2015)

## **2.2.2. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA**

Una planta de tratamiento de agua potable es una secuencia de operaciones o procesos unitarios que trabaja en conjunto y concordancia, siendo seleccionada convenientemente cada unidad de proceso de la que estará compuesta la planta, a partir de las características del agua a tratar . (CANEPA, 2018)

Para potabilizar el agua se deben cumplir con los siguientes:

- Mezcla de barreras variadas con diferentes etapas dentro del proceso de potabilización, para alcanzar mayor eficiencia.
- Tratamiento integrado de varias unidades operacionales para producir la purificación deseada.
- Se debe determinar el tratamiento en base al objetivo final que estará destinada el agua que va a ser purificada.

## **2.2.3. TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO**

En plantas convencionales antiguas, en plantas convencionales con tecnología apropiada, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta (Camach, 2014).

### **A. PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE TECNOLOGÍA CONVENCIONAL**

Esta planta realiza el tratamiento de agua mediante: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

### **B. PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE FILTRACIÓN RÁPIDA**

Se denominan así por la velocidad de sus filtros que oscilan entre 80 y 300 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> de acuerdo a la calidad del agua, del medio filtrante y recursos

disponibles para operar. Por las altas velocidades, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. Es necesario un retro lavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos.

### C. PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE FILTRACIÓN DIRECTA

Se usa en aguas cuya fuente es totalmente confiable o sin turbulencia, El tratamiento será: coagulación-decantación y filtración rápida, así también se puede incorporar la floculación.

**Tabla 1: Límites de calidad de agua para plantas de filtración directa**

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
<b>Filtración Directa Descendente</b>	Turbiedad (UNT)	25 - 30	< 20	< 50
	Color (UC)	< 25		
	NMP de coliformes termotolerantes /100 ml	< 2500		
	Concentración de algas (unidades/ml)	< 200		

Fuente: (CÁNEPA, L. 2004)

### D. PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE FILTRACIÓN LENTA

Funciona entre tasas de 0,10 y 0,30 m/h, son tasas menores que en filtros rápidos. El filtro lento simula el tratamiento natural.

## **2.2.4. PROCESOS DE LA PLANTA TRATAMIENTO CONVENCIONAL**

Tecnología desarrollada en la década de los 70. Son de alta tasa, ocupan 25% ó 30% del área que ocupa un sistema convencional de la misma capacidad. Se debe al empleo de floculadores verticales y que por la profundidad desarrollan menos área que los horizontales.

Los procesos en la planta convencional son:

### **A. PRE-SEDIMENTADOR**

La pre-sedimentación sirve para reducir la turbiedad y de eliminar las sustancias en suspensión, en un tiempo adecuado, por acción de la gravedad. Si el material en suspensión se asienta rápidamente, formándose una interface sólido-líquido, se considera que el líquido contiene material silíceo de tamaño reducido.

La pre-sedimentación debe emplearse cuando la turbiedad del agua interfiera con los procesos de tratamiento convencional y la sedimentación simple de partículas remueva al menos el 40% de la turbiedad. Se recomienda el uso de pre-sedimentadores cuando la turbiedad del agua es muy elevada, mayor de 1000 UNT . (RAS, 2000)

Las normas peruanas establecen que Este tipo de unidades deben ser consideradas en el diseño de una planta cuando es posible obtener remociones de turbiedad de por lo menos 50%, o cuando la turbiedad de la fuente supera las 1,500 UNT, y el tiempo de retención debe definirse en función de una prueba de sedimentación. Normalmente el tiempo en el cual se

obtiene la máxima eficiencia varía de 1 a 2 horas (NORMA OS.020, 2006).

Para determinar la eficiencia usamos la fórmula:

$$\text{Eficiencia del pre - sedimentador} = \frac{Tb - Ts}{Tb} \quad (9)$$

Donde:

Tb = Turbidez del agua bruta

Ts = turbidez del agua sedimentada.

## **B. OXIDACIÓN/REDUCCIÓN:**

Para oxidar el arsenito (+3) a arsenato (+5) en el agua se ha realiza el ensayo de prueba de jarras se usa el hipoclorito de calcio (Ca(OCl)<sub>2</sub>), para lograr una mezcla completa y rápida que lograra mayor eficiencia en el proceso de oxidación/reducción. Para este proceso, se construye una unidad de mezcla rápida.

## **C. ADSORCIÓN E INTERCAMBIO IÓNICO:**

Después de la oxidación/reducción, a través del ensayo de prueba de jarras se hizo el proceso de adsorción e intercambio iónico y coagulación a través de la adición de moléculas de hidróxido de hierro (cloruro férrico y cloruro ferroso), que puedan adsorber el arsénico por medio de adsorción de superficie y luego ser removidos.

Para obtener una mezcla completa y rápida que tenga una alta eficiencia de la formación de los hidróxidos de hierro, se realiza la construcción de una

unidad de mezcla rápida:10 s a 300 RPM adición de FeCl<sub>2</sub>.

#### **D. COAGULACIÓN**

El agua puede contener una variedad de impurezas, solubles e insolubles; entre estas últimas destacan las partículas coloidales, las sustancias húmicas y los microorganismos en general. Tales impurezas coloidales presentan una carga superficial negativa, que impide que las partículas se aproximen unas a otras y que las lleva a permanecer en un medio que favorece su estabilidad. Para que estas impurezas puedan ser removidas, es preciso alterar algunas características del agua, a través de los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración (Martel, 2004)

En el proceso de coagulación se adiciona sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

El primero, es químico, se produce con las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Esto depende de la densidad del coagulante y el pH final de la mezcla.

El segundo, es físico, se realiza mediante el transporte de especies hidrolizadas para hacer contacto con las impurezas del agua.

#### **E. MEZCLA LENTA**

Con el fin de obtener una mezcla y aglutinación de los hidróxidos de hierro (que se inició en la mezcla

rápida) con el arsenato (que se inició en la mezcla rápida) se realiza una mezcla lenta (que permite la mayor formación de hidróxidos de hierro y de arsenato).

Se realiza la construcción de una unidad de mezcla lenta. En ese sentido los parámetros de diseño para la unidad de mezcla lenta para oxidación/reducción, adsorción e intercambio iónico y floculación son:

- Gradiente hidráulica:
- Gradiente promedio
- Tiempo de mezcla

## **F. DECANTACIÓN**

Luego de haberse oxidado el arsénico y pasado a su forma de arsenato, este arsénico menos soluble es factible de remover por adsorción y precipitación, en ese sentido, se ha adicionado coagulantes que forman hidróxidos que permiten la adsorción del arsénico menos soluble y que se han aglutinado en la mezcla lenta.

Las moléculas de arsénico aglutinado (microflocs) formados, debido a que son menos solubles y a su aumento de peso tienden a precipitar.

## **G. FLOCULACIÓN**

El objetivo del floculador es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flocs y su conservación, Después

que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los micro floculos. Para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética (Cárdenas, 2000).

**a. FLOCULACIÓN PERICINÉTICA**

Producido por el movimiento de las moléculas del agua inducida por la energía térmica, este movimiento es llamado movimiento browniano.

**b. FLOCULACIÓN ORTOCINÉTICA**

Resulta de las colisiones de las partículas por movimiento del agua, es producido por energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

**c. EFICIENCIA DE UN FLOCULADOR**

El floculador con flujo horizontal, la gradiente de velocidad es una función de la pérdida de carga que es representada por la ecuación (2):

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * hf}{\mu * T}} \tag{9}$$

Donde:

T = tiempo de detención

La pérdida de carga de carga total en el tramo es:

$$h_f = h_1 + h_2.$$

$$h_1 = \left( \frac{n * v}{r^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * l \tag{10}$$



Donde:

$h_1$  = pérdida de carga a lo largo de los canales del floculador (m).

$h_2$  = pérdida de carga en las vueltas de los canales del floculador (m).

$n$  = coeficiente de pérdida de carga de Manning ( $n = 0,013$ )  $v$  = velocidad en los canales (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)  $r$  = radio hidráulico del canal (m)

$l$  = longitud total en el tramo (m)

$$h_2 = \frac{k * v^2}{2g} * N \quad (11)$$

Donde:

$K = 2$ , coeficiente de pérdida de carga en las curvas.  $N$  = número de vueltas o pasos entre canales.

El promedio de las velocidades en los canales del floculador varían entre 0,10 a 0,60 m /s. ya que:  $v < 0,10$  m /s: sedimentación del floc y  $v > 0,60$  m /s: rompimiento del floc.

Los gradientes de velocidad deberán disponerse en sentido decreciente, para acompañar el crecimiento y formación del floculo (*Norma OS.020, 2006*).

## H. SEDIMENTACIÓN

La sedimentación se produce cuando el sedimento en movimiento se deposita. Ejemplo de sedimentación es cuando el material sólido, llevado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un

río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido para ese fin.

Los decantadores o sedimentadores son de placas inclinadas a 60°, de tal modo que el área de decantación real es la suma de las proyecciones horizontales de todas las placas, lo que equivale a la superficie del fondo del decantador convencional (OPS, 2006)

**Tabla 2: Tipo de Sedimentadores según su forma**

<b>Sentido de Flujo</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Rata de flujo m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día</b>
<b>Sedimentadores Horizontales</b>	Desarenadores	200 - 420
		15 - 30
<b>Sedimentadores verticales</b>	Manto de Lodos	45 - 60
<b>Inclinado</b>	Decantadores de módulos	120 - 180

Fuente: (ARBOLEDA, 2000)

#### **a. EFICIENCIA DE LOS SEDIMENTADORES**

La eliminación de turbidez y color en plantas de tratamiento convencionales, se limita a los procesos de sedimentación y filtración, considerando a los procesos de coagulación y floculación, como acondicionamiento previo del

agua para la separación efectiva de partículas. Respecto a la turbidez, esta ha sido una característica ampliamente aplicada como criterio de calidad de agua, tanto en las fuentes de abastecimiento como en los procesos de potabilización y sistemas de distribución, por lo tanto, es importante conocer la porción de turbidez que deben eliminar los sedimentadores y en consecuencia la porción restante a eliminar por filtración, de modo de lograr en conjunto la eficiencia esperada del sistema (RIOS, 1998)

La eficiencia de los sedimentadores se calcula de la siguiente manera:

Donde:

$$\text{Eficiencia de los sedimentadores} = \frac{Tb - Ts}{Tb} \quad (12)$$

Tb = Turbidez del agua bruta

Ts = turbidez del agua sedimentada.

La eficiencia de los sedimentadores es adecuada si el mismo remueve por lo menos el 90% de la turbidez del agua cruda, además el agua sedimentada debe tener un color bajo, de 5 a 10 UC como máximo, y la turbidez debe ser baja; idealmente, no mayor de 2 UNT (CEPIS, 2004)

Una turbidez o color elevado significa que la decantación no es eficaz debido a alguna de las siguientes razones:

- Dosis de coagulante inadecuada.
- pH óptimo de coagulación erróneo.

- Problemas de diseño o de mantenimiento del floculador.
- Decantadores sucios.

## **I. FILTRACIÓN**

Proceso físico químico de clarificación para remover materia sólida en suspensión y coloidal a través del paso del agua en medios porosos. Es uno de los métodos más antiguos de tratamiento, elimina turbiedad, bacterias, color, olor y sabor del agua (OPS, 2004).

Los sistemas de Filtrado son clasificados de muchas formas, teniendo en cuenta el tipo de lecho filtrante, el sentido de flujo durante la filtración, la forma de cargar el agua sobre el lecho filtrante y formas operacionales de control.

### **a. TIPO DE FILTRACIÓN**

Los filtros constan de un tanque rectangular de concreto en el cual se coloca arena o antracita el suelo falso y consta de cuatro flujos básicamente:

- Un flujo de entrada de agua sedimentada
- Un flujo de salida del agua ya filtrada
- Un flujo de entrada del agua de lavado del filtro para hacer la limpieza del medio filtrante
- Un flujo de desagüe del agua sucia proveniente del lavado de la unidad

La característica principal es que el nivel del agua en cada unidad de filtración varía desde un valor mínimo, cuando el medio filtrante se

encuentra limpio, hasta un valor máximo cuando el filtro requiere ser lavado (CEPIS, 2004)

Las plantas de filtración rápida están formadas por procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Para usar estos procesos se tuvo en cuenta las características del agua cruda y el terreno donde se fundó el proyecto. En la siguiente tabla, se indican los rangos de calidad de agua aceptable:

**Tabla 3: Límites de calidad de agua para tratamiento mediante filtración rápida**

<b>Parámetros</b>	<b>90% del tiempo</b>	<b>80% del tiempo</b>	<b>Esporádicamente</b>
<b>Turbiedad (UNT)</b>	< 1000	< 800	< 1500, si excede considerar sedimentación
<b>Color (UC)</b>	< 150	< 70	
<b>NMP de coliformes termotolerantes /100 ml</b>	< 600		sí excede de 600 se debe considerar predesinfección

Fuente: (OPS, 2006)

## **b. MATERIAL FILTRANTE**

Los filtros están constituidos por antracitas y arena estratificada. Su coeficiente de uniformidad es menor a 1,65 (rango aceptable de 1,3 a 1,7). El lecho filtrante de antracita esta sobre una arena sílice con una altura de 0,25 m. La arena de filtro

tiene un tamaño efectivo de 0,4 mm (rango recomendado de 0,45 a 0,55 mm) Su coeficiente de uniformidad es menor que 1,65.

La tabla muestra los límites permisibles recomendados para lechos filtrantes.

**Tabla 4: Límites permisibles para lechos filtrantes**

<b>Características</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Arena</b>	<b>Antracita</b>
<b>Espesor (cm)</b>	L	15 - 30	45 - 60
<b>Tamaño Efectivo (mm)</b>	Te	0.5 - 0.6	0.8 - 1.10
<b>Coeficiente de Uniformidad</b>	C.U.	< 1.65	< 1.5
<b>Tamaño más grueso (mm)</b>	D90	1.41	2

Fuente: (OPS, 2006)

### **c. TASA DE FILTRACIÓN**

Deberá fijarse de acuerdo al tamaño del material empleado y profundidad del lecho, preferentemente mediante ensayos en filtros piloto. Estos valores se encuentran entre los siguientes límites (*NORMA OS.020, 2006*).

- Material fino y bajo nivel de operación y mantenimiento Mínima: 180 m<sup>3</sup> / (m<sup>2</sup> .d)

- Material grueso y condiciones excepcionales de operación y mantenimiento. Máxima: 300 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup> .d)
- Material grueso y condiciones normales de operación y mantenimiento. Normal: 200 - 240 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>\*d)

#### **d. LAVADO DEL FILTRO**

Se hace cuando la pérdida de carga es igual a la presión estática en el fondo del lecho, también cuando la calidad decaiga.

El problema del filtro es causado cuando el lavado es incapaz de separar los granos del lecho.

#### **e. EFICIENCIA DE LA FILTRACIÓN**

Se precisa cual es el grado de remoción, y así se obtiene el grado de turbidez que exige la planta. La eficiencia de los filtros se obtiene mediante la ecuación:

$$\text{Eficiencia de los filtros} = \frac{T_p - T_f}{T_p} \quad (13)$$

Donde:

$T_p$  = Turbidez del agua pre-filtrada

$T_f$  = turbidez del agua filtrada.

**Tabla 5: Grado de eficiencia de la filtración y sedimentación**

Grado de Eficiencia	> 90	80-90	70-80	< 70
Clasificación	Excelente	Muy buena	Buena	Regular

Fuente: (ARBOLEDA, J. 2000)

## **J. DESINFECCIÓN**

En el proceso de coagulación, floculación, sedimentación y filtración se remueven, la mayoría de bacterias y virus presentes en el agua.

La eficiencia de la desinfección se comprobará cuando se cumplan los parámetros:

**Tabla 6: Parámetros que garantizan la eficiencia de la desinfección**

<b>Turbidez</b>	<b>&lt; 0.5 UNT</b>
<b>Ph</b>	<b>&lt; 8</b>
<b>Tiempo de contacto</b>	<b>&gt;30 min</b>
<b>Cloro residual</b>	<b>&gt; 0.5 mg/l</b>

Fuente: (OPS, 2004)

### **2.2.5. PRINCIPALES INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA**

#### **A. INDICADORES FÍSICOS**

##### **A) SOLIDOS TOTALES.**

Es el residuo que se obtiene al evaporar una muestra de agua a 103°C – 105°C. la presencia de solidos produce la turbiedad del agua. Incluye los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos totales, los sólidos disueltos totales y los coloidales.

El tamaño de las partículas supone el tipo que es,



los sólidos de mayor son de un diámetro mayor a 10  $\mu\text{m}$ ; y los pequeños tienen un diámetro menor a 0.001  $\mu\text{m}$ . Estos últimos son una medida de la concentración total de iones en solución, principalmente de sales minerales (CHAVEZ, 2012)

## **B) TURBIEDAD**

La turbiedad es causada por partículas en suspensión o coloidales (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.), provienen del agua natural, por un filtrado inadecuado. Otra causa es debida a la presencia de partículas pequeñas en aguas subterráneas.

## **C) COLOR**

En cuanto al color del agua de consumo, lo ideal es que no tenga ningún color apreciable, pues influye mucho en la percepción de las personas sobre la calidad del agua, actuando, así como un indicador de aceptabilidad. Según la Organización Mundial de la Salud El color del agua se debe principalmente a la presencia de materia orgánica coloreada, presencia de hierro, manganeso y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión. De igual manera, otra posible causa es la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales. En general, se puede deber a diversas causas, es por ello necesario determinar el origen de la coloración y actuar sobre ello. Por otro lado, existen dos tipos de color: color verdadero y color aparente. El color verdadero depende sólo del agua y la materia suspendida y disuelta. Una vez eliminado el material suspendido,

el color remanente se le conoce como color aparente, producto pues de suspensiones no naturales que a su vez generan turbiedad (*CHAVEZ, AM. 2012*).

#### **D) OLOR Y SABOR**

El olor y sabor es de suma importancia pues actúan como indicadores de aceptabilidad, siendo pues posibles motivos de rechazo. Por lo general, las personas relacionan la usencia de olor con ausencia de contaminantes; incluso generalmente se emiten juicios sobre la calidad del agua por el olor o sabor de la misma, cuando en realidad puede pasar que tenga un buen sabor y olor, sin embargo, es de muy mala calidad. De esta manera, dan solo una primera idea de la calidad del agua. Muchas veces pueden revelar la existencia de algún tipo de contaminación, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución de ésta (*CHAVEZ, AM. 2012*).

#### **E) TEMPERATURA**

La temperatura es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, pues tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud a elevadas temperaturas puede ocurrir la proliferación de microorganismos. Asimismo, puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. A su vez indican que la temperatura tiene una gran influencia sobre otros parámetros como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas . (*RODRIGUEZ, 2001*)

## **B. INDICADORES QUÍMICOS**

### **A) PH**

Según la Organización Mundial de la Salud, el pH no afecta directamente a los consumidores, es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, ya que determinados procesos químicos suceden tan solo a un determinado pH.

### **B) ACEITES Y GRASAS**

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus principales características son: poca solubilidad en el agua, baja densidad y baja o nula biodegradabilidad. Es por ello que, si no son controladas debidamente se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido, alterando así la calidad estética del agua (olor, sabor y apariencia). Debido a que influye directamente en la percepción que tienen las personas sobre la calidad del agua, lo más recomendable es que no haya presencia de aceites ni grasas en la misma (CHAVEZ, AM. 2012).

### **C) DUREZA**

La dureza del agua hace referencia a la concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente bivalentes y específicamente los alcalinotérreos) que hay en una determinada cantidad de agua, principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , expresados como mg/l  $\text{CaCO}_3$ , que ingresan al agua en el proceso natural de

disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo. (CHAVEZ, AM. 2012).

#### **D) CONDUCTIVIDAD**

La conductividad del agua es una medida de la capacidad para transportar una corriente eléctrica, cambia con el tipo y cantidad de iones que contenga y depende de la Temperatura.

#### **E) ARSÉNICO**

El arsénico es un elemento químico que está entre los más tóxicos para el consumo humano.

La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico puede causar:

- Irritación de estómago e intestino.
- Disminución de la producción de glóbulos rojos y blanco.
- Irritación de los pulmones.
- Lesiones en la piel.
- Diabetes.
- Posibilidades de Cáncer (Piel, Pulmón, Riñones e Hígado).
- En exposiciones muy altas:
  - Infertilidad y Aborto en mujeres
  - Daño del Cerebro
  - Problemas Cardíacos

## **F) NITRITOS**

Su presencia indica procesos biológicos activos en el agua, son indicadores de contaminación fecal a medio o corto plazo. Se oxidan rápida y fácilmente a nitratos, constituyen un paso intermedio en el proceso de oxidación de la materia fecal, por lo que el contenido es variable *(RODRÍGUEZ, GA. 2001)*.

## **G) NITRATOS**

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas. Pueden considerarse como indicadores de contaminación fecal a largo plazo, pues es el estado más oxidado del amonio. Sin embargo, su uso como abono agrícola, hace que hayan perdido gran parte de su valor como indicadores de contaminación fecal” *(Barrenechea, 2016)*. “Al presentarse los nitratos en agua potable se relaciona con los efectos tóxicos (metahemoglobinemia) producidos por un exceso de nitrato en la dieta, y pueden causar la formación endógena de nitro-compuestos, de efectos cancerígenos, como las nitrosaminas *(RODRÍGUEZ, GA. 2001)*.

## **H) CLORUROS**

La Organización Mundial de la Salud da a conocer que las altas concentraciones de cloruro dan un sabor salado al agua y las bebidas. A concentraciones elevadas a 250 mg/l es probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro. En general el anión cloruro depende con qué catión esté asociado para conocer su sabor.

## **I) SULFATOS**

Según la Organización Mundial de Salud, la presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos un efecto laxante en consumidores no habituados. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/litro.

## **C. PRUEBA DE JARRAS PARA REDUCIR EL ARSÉNICO Y DETERMINAR LA DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE**

La prueba de jarras es una prueba de laboratorio que se usa para señalar la dosificación óptima de coagulante y pH. Con este método se realiza ajustes en el pH, las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, Una prueba de jarras representa los procesos de coagulación y floculación que provocan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor.

El agente oxidante que usaremos en la prueba de jarras para la planta de remoción de arsénico es: :

**Hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{OCl}_2)$**  se ioniza en el agua y da lugar a iones de hipoclorito:



Existe un equilibrio entre los iones hipoclorito y los iones hidrógeno en función del pH. Entonces, la diferencia es el pH resultante, y por tanto las cantidades relativas de  $\text{HOCl}$  y de  $\text{OCl}^-$  existentes en el equilibrio. El cloro tiende a disminuir el pH inicial, mientras que los hipocloritos tienden a aumentarlo.

El agente coagulante que usaremos en la prueba de jarras para la planta de remoción de arsénico es:

### **Cloruro ferroso, $\text{FeCl}_2$**

La coagulación con cloruro ferroso consiste en el agregar el producto químico al agua para desestabilizar los coloides en suspensión, reduciendo las fuerzas que tienden a mantener separadas las partículas en suspensión.

$$\text{Energía de interacción total} = \text{Energía de Atracción (-)} + \text{Energía de Repulsión (+)}$$

Esta ruptura de cargas se hace mediante una agitación violenta, con altas velocidades de mezclado

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

- **Eficiencia:** La eficiencia es conseguir una determinada calidad de agua deseada, con costo mínimo de operación posible.
- **Flujo pistón:** Aquel flujo en el que sus partículas de fluido que entran a la unidad permanecen en ella.
- **Flujo de mezcla:** Es aquel flujo en el que todo elemento que ingresa a la unidad se dispersa inmediatamente.

- **Flujo no ideal:** aquel flujo corresponde a cualquier grado intermedio entre flujo a pistón y mezcla
- **Agua potable:** Es el agua a la cual se le realizan una serie de procedimientos para potabilizarla, para consumo humanos sin ningún problema, para que el agua sea potable, es necesario que la misma tenga un nivel de pH que oscila entre 6.5 y 6.9 y que este libre de organismos que perjudiquen la salud.
- **Turbiedad:** Es la medida del grado de transparencia que pierde el agua por la presencia de partículas en suspensión.
- **Retención Hidráulica:** Es el tiempo que un líquido que entra en tu recipiente tarda en salir del mismo.
- **Gradiente hidráulico:** Es la pérdida de potencial hidráulico por unidad de longitud, medida en el sentido del flujo de agua.
- **Hidrolisis:** Es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula,
- **Floculación:** Proceso químico por el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.
- **Agitación hidráulica:** Movimiento hecho por la energía del agua para producir turbulencia.
- **Agitación mecánica:** Movimiento producido mediante dispositivos mecánicos para producir turbulencia.
- **Agua cruda:** Agua que no ha sido sometida a tratamiento.
- **Cortocircuito:** Condición que ocurre en los tanques cuando parte del agua pasa a una velocidad mayor que el resto del fluido,
- **Difusor:** Dispositivo para dispersar un fluido en otro.



- **Dosis óptima:** Concentración que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso químico.
- **Efectividad:** Es el equilibrio entre eficacia y eficiencia, es decir, es efectivo si es eficaz y eficiente.
- **Eficacia:** Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera
- **Mezclador:** Equipo para conseguir turbulencia en el agua.
- **Mezcla rápida:** Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua.
- **Mezcla lenta:** Agitación suave del agua con los coagulantes, con el fin de favorecer la formación de los floculos.
- **Reactor:** Estructura hidráulica el cual sigue un proceso químico, físico
- **Resalto hidráulico:** Discontinuidad de la superficie del agua en la cual el flujo pasa de una manera abrupta de un régimen rápido (supercrítico) a un régimen tranquilo (subcrítico) y depende del número de Froude.
- **Tratamiento:** Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas.
- **Zonas muertas:** Sitios en un reactor en donde no hay desplazamiento unidimensional de la masa de agua.
- **Ensayos con trazador:** Pruebas en las que se emplean sustancias, con el fin de observar y estudiar el comportamiento hidrodinámico del fluido.
- **Polución del agua:** Alteración de las características organolépticas, físicas, químicas o microbiológicas del agua

como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.

- **Prueba de jarras:** Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta.
- **Registro de control de calidad:** Recopilación escrita de los resultados de los análisis del agua que se suministra a la población.
- **Vigilancia de la calidad del agua:** Actividades realizadas por las autoridades competentes para comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento del reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La planta de remoción de arsénico mejorara el agua potable

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS**

- a. La planta de remoción de arsénico mejorara las propiedades fisicoquímicas del agua potable.
- b. La planta de remoción de arsénico mejorara los estándares de calidad del agua potable.
- c. La planta de remoción de arsénico disminuirá los porcentajes de enfermedades de la población.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES**

#### **A) VARIABLE INDEPENDIENTE (X)**

##### **Planta de remoción de arsénico:**

Es remover el arsénico para descontaminar el agua potable, las opciones en su tratamiento son limitadas por las normas nacionales e internacionales estos prohíben el uso de tecnologías que cambien la calidad del agua de manera significativa.

#### **B) VARIABLE DEPENDIENTE (Y)**

##### **Mejora del agua potable:**

Es el tratamiento para mejorar el agua potable mediante tratamiento con tecnologías adecuadas.

### **2.5.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES**

Es el desarrollo causa-efecto que consiste en dividir las variables del problema a investigar comenzando desde lo más general hasta lo más específico mediante las dimensiones, indicadores.

La planta de remoción de arsénico para mejorar el agua potable:

Los informes de los resultados de la muestra de agua dan un alto contenido de arsénico en el agua potable del distrito de Molinos-Jauja proveniente de la captación de Puncomachay. Esto no debe ser considerado con indiferencia, ya que si esto continua, trae como consecuencia enfermedades gástricas y problemas en la salud de la población.

### 2.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES

Tabla 7: Operacionalización de variables

VARIABLES E INDICADORES	DIMENSIÓN	INDICADORES	CÓDIGO
<b>Variable X:</b> Planta de Remoción de arsénico	1. Características de la planta	a) Área de Coagulación b) Área de floculación c) Área de sedimentación d) Área de filtración e) Área de desinfección.	x. 1.a. x. 1.b. x. 1.c. x. 1.d. x. 1.e.
	2. Tratamiento a utilizar.	a) Cloruro ferroso b) Hipoclorito de calcio	x. 2.a. x. 2.b.
<b>Variable Y:</b> Mejora del agua potable	1. Propiedades fisicoquímicas del agua.	Indicadores físicos	y. 1.a.
		a) Sólidos totales. b) Turbiedad c) Color d) Olor y sabor e) Temperatura Indicadores químicos a) Ph b) Aceites y grasas c) Dureza d) Conductividad e) Arsénico f) Nitritos g) Nitratos h) Cloruros i) Sulfatos	x. 1.b.

	2.Prueba de Jarras	a) Dosis óptima de Hipoclorito de calcio. b) Dosis óptima de Coagulante	y. 2.a. y. 1.b.
--	--------------------	--	--------------------

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El método general de la investigación fue el Científico, se desarrolló mediante la información obtenida a través de la revisión bibliográfica y de los ensayos realizados para obtener resultado. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de NSF Envirolab para las lecturas de las concentraciones iniciales de Arsenico del agua de la fuente de Puncomachay Molinos - Jauja, Para oxidar el arsénico del agua de la fuente se utilizó el hipoclorito de calcio y para la coagulación se usó el cloruro férrico, esto se realizó mediante la prueba de jarras 1 y 2 en el mismo laboratorio NFS Envirolab.

#### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación fue **aplicada**, porque se utilizaron conocimientos de ingeniería (planta de remoción de arsénico), a fin de aplicarlas en la mejora del agua potable.

### 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación fue el **descriptivo - explicativo** debido a que la mejora de la calidad del agua se explica por la aplicación, es decir la remoción de arsénico.

### 3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación fue el experimental, dentro de los modelos experimentales se aplicará el método experimental puro, en el que se manipula una o varias variables independientes para observar sus cambios en las variables dependientes en una situación de control (Campbell). Es decir que los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula (Hernández Sampieri)

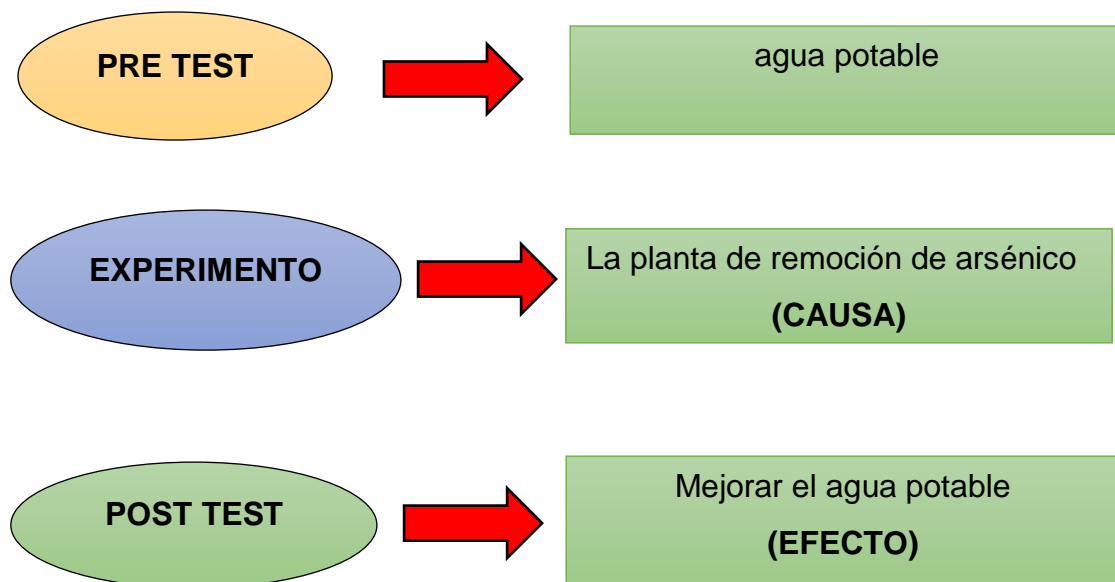
Con pretest-postest y grupo de control: Este diseño maneja el pre test a los grupos que intervienen en el experimento, los sujetos son designados al azar a los grupos, después a éstos se les administra simultáneamente el pre test, un grupo recibe el tratamiento experimental y otro no (es el grupo de control); y finalmente se les administra, también simultáneamente una post prueba su esquema es

RG1	X	O1	(Grupo con tratamiento experimental)
RG2	-	O2	(Grupo de Control)

**Tabla 8: Análisis del diseño experimental**

TIPO	ACCIÓN	PAPEL
<b>Variable (X) Independiente</b> La planta de remoción de arsénico	Manipulación	Causa
<b>Variable (y) Dependiente</b> Mejorar el agua potable	Medición	Efectos

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.



**Figura 3.** Diagrama pretest y posttest

Fuente: elaboración propia

### 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.5.1. POBLACIÓN

Debido a las características del estudio, nos enfrentamos a un universo donde la población de estudio está representada por la captación de agua de Puncomachay perteneciente al distrito de Molinos de la provincia de Jauja.

#### 3.5.2. MUESTRA

La muestra es no probabilística por conveniencia. Se tomó muestras de agua de la captación de Puncomachay. perteneciente al distrito de Molinos de la provincia de Jauja.

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son medios por los cuales el investigador recopila información de una investigación.



**Tabla 9: Técnicas e instrumentos de datos.**

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Procedimiento en campo	Aforos en el mes de mayo y junio, para determinar el caudal (Método volumétrico) de ingreso y salida de la Fuente de Puncomachay.
Estudio de agua:	Informe de análisis contenido arsénico.
Ensayo de laboratorio:	Prueba de jarras.

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 4.** Medición del caudal y toma de muestras

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis cuantitativo se optó por utilizar el análisis de laboratorio (prueba de jarras), con el cual se podrá determinar el comportamiento de la variable independiente (la planta de remoción de arsénico), con este ensayo se permitió determinar la disminución del arsénico en la muestra de agua de la fuente de Puncomachay.

Para el análisis de la hipótesis de la investigación se recurrió a la comparación de los resultados de las muestras de agua antes de aplicar el experimento (ensayo de laboratorio) y después de aplicarlo (prueba de jarras).

### **3.8. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

- Análisis de agua. Informe de contenido de arsénico (**pre test**)
- Ensayo de laboratorio. Prueba de jarras (**post test**)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE MOLINOS JAUJA (PRE TEST)

El agua potable en estudio proviene de la fuente de agua “Puncomachay” distrito de Molinos, Provincia de Jauja, los cuales al ser comparados con los Límites Máximos Permisibles del reglamento de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010 S.A.) sobrepasan el parámetro Arsénico.

Fecha:	Jueves 11/ Abril/ 2019
--------	------------------------

Instrumento:	Analisis de agua
--------------	------------------

**Tabla N° 10: Resultado muestra de agua ( ver anexo 3)**

Item	Parámetro	Unidad	Valor	LMP (DS 031-2010-SA)
<b>1.0 Microbiológicos</b>				
1.01	Bacterias Heterotróficas	UFC/100ml	7.00	500
1.02	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	N.D. (>1.8)	<1.8
1.03	Coliformes totales	NMP/100ml	N.D. (>1.8)	<1.8
1.04	Escherichia Coli	NMP/100ml	N.D. (>1.8)	<1.8
<b>2.0 Química</b>				
2.01	pH		7.1	6.5 - 8.5
2.02	Silicio Total	mg/L	2.89	-

2.03	Alcalinidad Total	mg/L	394.5	-
2.04	Amoniaco	mg/L	N.D. (<0.01)	1.500
2.05	Cianuro Total	mg/L	N.D. (<0.004)	0.070
2.06	Cloruros en agua	mg/L	17.15	250.0
2.07	Color	U.C.	N.D. (<4)	15.0
2.08	Conductividad	uS/cm	689	1500
2.09	Dureza total	mg/L	362.9	500
2.10	Mercurio total	mg/L	N.D. (<0.0001)	0.001
2.11	Metales Totales			
<b>Item</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>LMP (DS 031-2010-SA)</b>
	Aluminio Total	mg/L	N.D. (<0.005)	0.200
	Antimonio Total	mg/L	N.D. (<0.006)	0.020
	<b>Arsénico Total</b>	<b>mg/L</b>	<b>0.031</b>	<b>0.010</b>
	Bario Total	mg/L	0.105	0.700
	Berilio Total	mg/L	N.D. (<0.0005)	-
	Bismuto Total (validado)	mg/L	N.D. (<0.01)	-
	Boro Total	mg/L	0.11	1.500
	Cadmio Total	mg/L	N.D. (<0.001)	0.003
	Calcio Total	mg/L	63.99	-
	Cobalto Total	mg/L	N.D. (<0.001)	-
	Cobre Total	mg/L	N.D. (<0.002)	2.000
	Cromo Total	mg/L	N.D. (<0.001)	0.050
	Estaño Total	mg/L	N.D. (<0.003)	-
	Estroncio Total	mg/L	0.255	-
	Fosforo Total	mg/L	N.D. (<0.01)	-
	Hierro Total	mg/L	0.009	0.300
	Litio Total	mg/L	0.053	-
	Magnesio Total	mg/L	12.39	-
	Manganeso Total	mg/L	0.005	0.400
	Molibdeno Total	mg/L	N.D. (<0.002)	0.070
	Níquel Total	mg/L	N.D. (<0.002)	0.020
	Plata Total	mg/L	N.D. (<0.002)	-
	Plomo Total	mg/L	N.D. (<0.001)	0.010
	Potasio Total	mg/L	1.27	-
	Selenio Total	mg/L	N.D. (<0.006)	0.010
	Sodio Total	mg/L	7.48	200
	Talio Total	mg/L	N.D. (<0.007)	-
	Titanio Total	mg/L	N.D. (<0.001)	-
	Vadano Total	mg/L	N.D. (<0.001)	-
	Zinc Total	mg/L	0.021	
2.12	N-Nitrito	mg/L	N.D. (<0.005)	0.200

2.13	N-Nitrato	mg/L	0.10	50.00
2.14	Solidos Totales Disueltos	mg/L	526	1000
2.15	Turbiedad	NTU	N.D. (<0.1)	5
2.16	Uranio	mg/L	0.00119	0.015

Fuente: Laboratorio NSF Envirolab, Laboratorio de Ensayos Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° LE-011. Elaboración propia.

El Arsénico (As), cuyo valor obtenidos en el laboratorio es de 0.031 mg/L As (> 0.01 mg/L As). supera los límites máximos permisibles.

En el siguiente cuadro del informe de Morbilidad del Distrito de Molinos muestra gran cantidad de pobladores con enfermedades gastrointestinales.

**Tabla N° 11: Informe de Morbilidad de Molinos Jauja (ver anexo 6)**

I-2 - 0000G97 - MOLINOS  
I-2 - 0000G97 - MOLINOS

**MORBILIDAD**  
MORBILIDAD GENERAL POR GRUPOS SEGÚN GRUPO ETAREO Y SEXO  
01-ENERO AL 31-AGOSTO 2019

--> Edad Según ETAPAS DE VIDA / Ambito : TODOS LOS EE.SS :

Cód	MORBILIDAD	Sexo	TOTAL	0-11A	12-17A	18-29A	30-59A	60A+
	TOTAL GENERAL ...	T	1,021	316	65	129	325	186
		M	405	184	26	31	73	91
		F	616	132	39	98	252	95
1001	INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES (J00 - J06)	T	325	167	23	33	71	31
		M	153	97	10	11	19	16
		F	172	70	13	22	52	15
1101	ENFERMEDADES DE LA CAVIDAD BUCAL, DE LAS GLANDULAS SALIVALES Y DE LOS MAXILARES (K00 - K14)	T	127	39	12	25	44	7
		M	55	26	7	8	12	2
		F	72	13	5	17	32	5
407	OBESIDAD Y OTROS DE HIPERALIMENTACION (E65 - E68)	T	89	-	1	21	51	16
		M	12	-	-	2	7	3
		F	77	-	1	19	44	13
101	ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESINALES (A00 - A09)	T	55	30	2	2	8	13
		M	25	15	-	1	3	6
		F	30	15	2	1	5	7
1303	DORSOPATIAS (M40 - M54)	T	37	1	3	5	17	11
		M	13	1	1	1	4	6
		F	24	-	2	4	13	5
1102	ENFERMEDADES DEL ESOFAGO, DEL ESTOMAGO Y DEL DUODENO(K20 - K31)	T	35	1	3	1	14	16
		M	17	1	-	-	4	12
		F	18	-	3	1	10	4
105	INFECCIONES Q/MODO DE TRANSMISION PREDOMINANTEMENTE SEXUAL (A50 - A64)	T	31	-	-	10	21	-
		M	1	-	-	1	-	-
		F	30	-	-	9	21	-
1301	ARTROPATIAS (M00 - M25)	T	24	-	2	1	4	17
		M	7	-	1	-	2	4
		F	17	-	1	1	2	13
1802	SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN EL SISTEMA DIGESTIVO Y EL ABDOMEN (R10 - R19)	T	24	4	4	2	8	6
		M	10	1	-	-	3	6
		F	14	3	4	2	5	-
710	ALTERACIONES DE LA VISION Y CEGUERA (H53 - H59)	T	19	1	-	-	-	18
		M	12	1	-	-	-	11
		F	7	-	-	-	-	7
606	TRASTORNOS EPISODICOS Y PAROXISTICOS (G40 - G47)	T	17	1	1	3	3	9
		M	8	1	1	-	-	6
		F	9	-	-	3	3	3
1105	ENTERITIS Y COLITIS NO INFECCIOSAS (K50 - K52)	T	17	8	-	-	4	5
		M	7	5	-	-	-	2
		F	10	3	-	-	4	3
1304	TRASTORNOS DE LOS TEJIDOS BLANDOS (M60 - M79)	T	17	-	-	6	7	4

## 4.2. PROPUESTA DE MEJORA

Una vez identificados los principales problemas (presencia de arsénico) con el agua potable de Molinos, Se procederá al diseño de la planta de remoción de arsénico con el proceso de coagulación, decantación/sedimentación, filtración que permita solucionar el problema y por consiguiente reducir el arsénico del agua potable del distrito de Molinos, provincia de Jauja.

### CÁLCULO DE CAUDAL EN EL MES DE ABRIL.

**Tabla N° 12: Aforo con correntometro puncomachay 15/05/2019**

Fecha	15/05/2019	
instrumento	correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.4335	0.329
Area m2	0.32	0.15
Caudal m/s	0.13872	0.04935
Caudal l/s	138.72	49.35

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla N° 13: Aforo con correntometro Puncomachay 15/05/2019**

Fecha	15/05/2019	
instrumento	Correntometro	
N° aforo	1a entrada	2da salida
Velocidad promedio m/s	0.422	0.419
Area m2	0.325	0.126
Caudal m/s	0.13715	0.052794
Caudal l/s	137.15	52.794

**Tabla N° 14: Aforo con correntometro Puncomachay 16/05/2019**

Fecha	16/05/2019	
instrumento	Correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.422	0.419
Area m2	0.319	0.129
Caudal m/s	0.134618	0.054051
Caudal l/s	134.618	54.051

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla N° 15: Aforo con correntometro Puncomachay 16/05/2019**

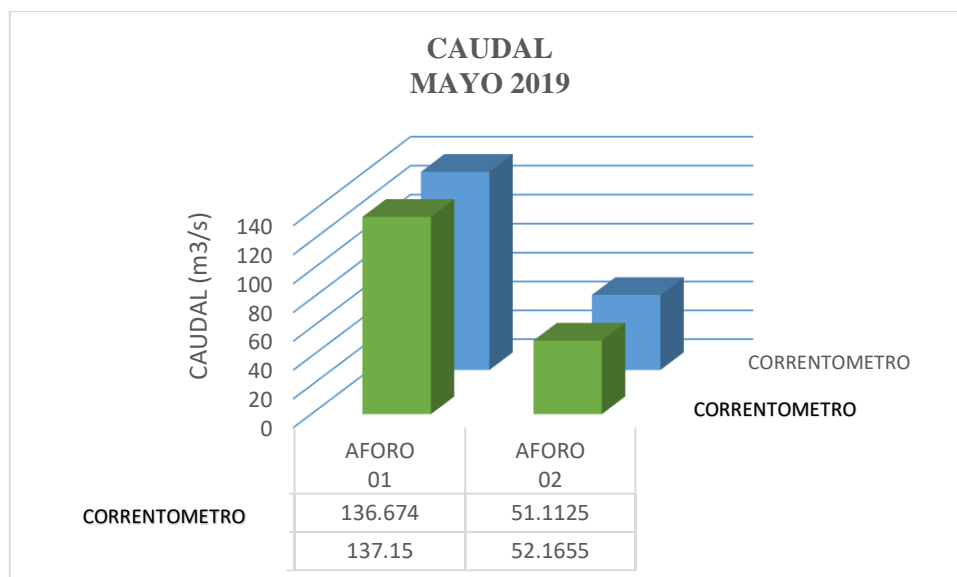
Fecha	16/05/2019	
instrumento	Correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.422	0.419
Area m2	0.325	0.123
Caudal m/s	0.13715	0.051537
Caudal l/s	137.15	51.537

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla N° 16: Resultados de aforo mayo - 2019 Puncomachay**

RESULTADOS AFORO MAYO - 2019			
N° aforos	Instrumentos	Q Inicial	Q Final
1	CORRENTOMETRO	138.72	48.174
	CORRENTOMETRO	137.15	52.794
2	CORRENTOMETRO	134.628	54.051
	CORRENTOMETRO	137.15	51.537

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.



**Gráfico 1: Aforo caudal mes de mayo - 2019**

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

### INTERPRETACIÓN:

Lo que se presenta en el gráfico muestra los aforos que se realizó para la investigación, que se llevó a cabo en 2 puntos diferentes antes de la captación de Puncomanchay y después de la captación, en la cual utilizamos diversos instrumentos, para hallar el caudal.

El caudal de la fuente antes de la captación fluctúa entre 136.647 y 137.15 l/s con ambos métodos mientras que después de la captación disminuye entre 51.11 y 52.16 l/s.

### CÁLCULO DE CAUDAL EN EL MES DE JUNIO.

**Tabla N° 17: Aforo con correntometro Puncomachay 22/06/2019**

Fecha	22/06/2019	
instrumento	correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.4235	0.443
Area m <sup>2</sup>	0.32	0.111
Caudal m/s	0.13552	0.049173
Caudal l/s	135.52	49.173

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.



**Tabla N° 18: Aforo con correntómetro Puncomachay 22/06/2019**

Fecha	22/06/2019	
instrumento	Correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.415	0.424
Area m2	0.325	0.126
Caudal m/s	0.134875	0.053424
Caudal l/s	134.875	53.424

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla N° 19: Aforo con correntómetro Puncomachay 23/06/2019**

Fecha	23/06/2019	
instrumento	correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.425	0.405
Area m2	0.319	0.129
Caudal m/s	0.135575	0.052245
Caudal l/s	135.575	52.245

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla N° 20: Aforo con correntómetro Puncomachay 23/06/2019**

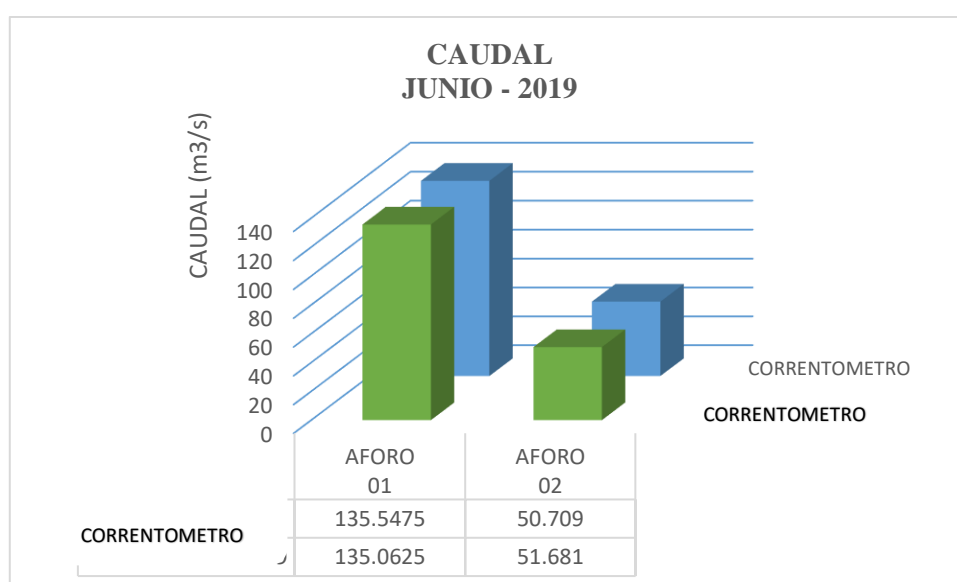
Fecha	23/06/2019	
instrumento	Correntometro	
N° aforo	entrada	salida
Velocidad promedio m/s	0.41	0.406
Area m2	0.325	0.123
Caudal m/s	0.13325	0.049938
Caudal l/s	133.25	49.938

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla N° 21: Resultados de aforo junio - 2019 Puncomachay**

RESULTADOS AFORO JUNIO - 2019			
N° aforos	Instrumentos	Q Inicial	Q Final
1	CORRENTOMETRO	135.52	49.173
	CORRENTOMETRO	134.875	53.424
2	CORRENTOMETRO	135.575	52.245
	CORRENTOMETRO	133.25	49.938

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.



**Gráfico 2: Aforo caudal junio-2019**

### INTERPRETACIÓN:

Lo que se presenta en el gráfico muestra los aforos que se realizó para la investigación, que se llevó a cabo en 2 puntos diferentes antes de la captación de Puncomanchay y después de la captación, en la cual utilizamos diversos instrumentos, para hallar el caudal.

El caudal de la fuente antes de la captación fluctúa entre 135.547 y 135.062 l/s con ambos métodos mientras que después de la captación disminuye entre 50.709 y 51.681 l/s.

#### 4.3. ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia del Presente proyecto es la zona urbana del distrito de Molinos-Jauja.

#### 4.4. POBLACIÓN BENEFICIADA.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano, en la cual realizan un análisis poblacional detallado se han estimado las siguientes tasas de crecimiento poblacional:

Molinos: 1.2 % Tasa de Crecimiento Geométrico.

Los datos oficiales del INEI son:

**Tabla N° 22: Datos INEI Molinos**

AÑO	POBLACION		
	URBANA	RURAL	TOTAL
1981	141	970	941
1993	266	800	1066
2005	323	956	1279
2017	478	1033	1511

**Fuente:** Censos INEI 1981, 1993, 2005, 2007.

De la información de cuadros 25, se calculó las tasas de crecimiento y por combinaciones por cada método de molinos:1.2% Tasa de Crecimiento Geométrico.

#### 4.5. COBERTURA DE SERVICIOS.

La población al año 2017, es de 1511 habitantes, lo cual hace un total de 582 viviendas, por tanto, al existir 485 conexiones, el agua se incrementa a 93,58%. Con datos obtenidos del cálculo poblacional del distrito de Molinos, se realizó el cálculo de población servida, cuyos resultados se muestran en el cuadro:

**Tabla N° 23 :Proyección Población Servida Distrito de Molinos**

AÑO	POBLACION	%COBERTURA	POB. SERVIDA
2019	1511	95.80%	1448
2023	1813	95.80%	1737
2028	2176	95.80%	2084
2033	2611	95.80%	2501
2038	3133	95.80%	3002

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

#### 4.6. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para los cálculos hidráulicos se aplican una serie de variables y parámetros y criterios hidráulicos, de hábitos de consumos y costumbres de la población objetivo, los cuales se determino:

Dotación.- según cuadro realizado por EPS MANTARO

**Tabla N° 24: Dotación por categoría de consumo**

CONSUMO POR CATEGORIA			DOTACIÓN S/P (L/hab/día)	DOTACIÓN C/P (L/hab/día)
DOMESTICO	12.8	M3/CONEX,/MES	118.60	158.13
COMERCIAL	19.9	M3/CONEX,/MES	184.38	245.84
INDUSTRIAL	215.0	M3/CONEX,/MES	1992.05	2656.07
ESTATAL	97.4	M3/CONEX,/MES	902.45	1203.26
SOCIAL	0.0	M3/CONEX,/MES	0.00	0.00

**Fuente:** EPS MANTARO 2016 - 2017.

De acuerdo al RNE, Norma OS.100 punto 1.4. Dotación de Agua, indica “si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/d. en clima frío y de 220 l/hab/d en clima templado y cálido. (RNE, Norma OS.100)

En ese sentido se elige el valor 158/hab/día

Coeficientes de variación de consumo.

**Tabla N° 25: Datos RNE**

Coeficiente de variación	Porcentaje
K1: Coeficiente de variación diaria	130%
K2: Coeficiente de variación horaria	200%

**Fuente:** Datos RNE

De acuerdo al RNE, Norma OS.100 punto 1.5 Variaciones de consumo, indica que los “en los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes:

Máximo anual de la demanda diaria: 1,3

Máximo anual de la demanda horaria: 1,8 a 2,5. (RNE, Norma OS.100)

Por tal motivo los datos asignados se encuentran dentro del margen recomendado por el R.N.E.

#### **4.7. CAUDALES DE DISEÑO**

Con la población beneficiada y las variaciones de consumo y la dotación, realizamos los cálculos indicados a continuación:

Caudal promedio:  $Q_p \text{ (l/s)} = \frac{\text{Pob. Futura} \times \text{Dot}}{}$

86400

Caudal máx. diario:  $Q_{md} \text{ (l/s)} = K_1 \times Q_p$

Caudal máx. horario:  $Q_{mh} \text{ (l/s)} = K_2 \times Q_p$

Los cálculos se han realizado para cada sector en base a la proyección de la densidad poblacional y el porcentaje de cobertura que se espera alcanzar en cada uno de ellos, en ese sentido, en los siguientes cuadros se puede observar la población servida en los años 0, año 5, año 10, año 15 y año 20.

**Tabla N° 26 : Caudales Doméstico Ciudad de Molinos**

AÑO	POBLACION	%COBERTURA	POB.SERVIDA	QP	QMD	QMH
2019	1511	95.80%	1448	2.65	3.44	5.30
2023	1813	95.80%	1737	3.18	4.13	6.36
2028	2176	95.80%	2085	3.82	4.96	7.63
2033	2611	95.80%	2501	4.58	5.95	9.16
2038	3133	95.80%	3001	5.49	7.14	10.99

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

#### 4.8. VOLÚMENES DE REGULACIÓN

De acuerdo a los cálculos de demanda de la población, se ha calculado la demanda de regulación en el distrito de molinos y los resultados son:

**Tabla N° 27: Requerimiento Volúmenes de Regulación – Molinos**

DISTRITO DE MOLINOS- VOLUMEN DE RESERVORIO (M3)						
AÑO	QP(L/S)	Q(L/D)	VOLUMEN DE REGULACION	VOLUMEN CI	VOLUMEN RESERVA	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO
2019	2.65	228899.18	64	50	30	144
2023	3.18	274648.72	76	50	33	159
2028	3.82	329639.06	92	50	36	178
2033	4.58	395536.58	110	50	41	201
2038	5.49	474613.6	132	50	46	228

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

En la tabla N° 27, se observa que la demanda del volumen del reservorio es de 228 m3 al año 2038.

#### 4.9. BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

##### 4.9.1. OFERTA DE AGUA

Se ha realizado el siguiente cuadro de oferta de agua por fuente:

Fuente : Puncomachay-Quero 60L/s.

Avenida 12.7L/s.

En ese sentido la oferta total de agua es de:

Caudal Total ofertado Estiaje: 60 L/s.

Caudal Total ofertado avenida: 47.3L/s.

Respecto a la oferta de agua que es conducido por gravedad sin equipos de bombeo, estas provienen de las fuentes de Puncomachay

Caudal ofertado por gravedad en época de estiaje: 40L/s.

Caudal ofertado por gravedad en época de avenida: 37.3L/s.

#### 4.9.2. DEMANDA DE AGUA

En el cuadro 42 se observa la demanda total de agua para el distrito de molinos

**Tabla N° 28 : Demanda de agua expresado como Qmd**

AÑO		DEMANDA (Qmd) Lts/s
Base	2017	
0	2018	
1	2019	2.65
2	2020	2.78
3	2021	2.92
4	2022	3.05
5	2023	3.18
6	2024	3.31
7	2025	3.45
8	2026	3.58
9	2027	3.71
10	2028	3.82
11	2029	3.95
12	2030	4.09
13	2031	4.22
14	2032	4.35
15	2033	4.58
16	2034	4.71
17	2035	4.85
18	2036	4.98
19	2037	5.11
20	2038	5.49

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

#### 4.9.3. BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA

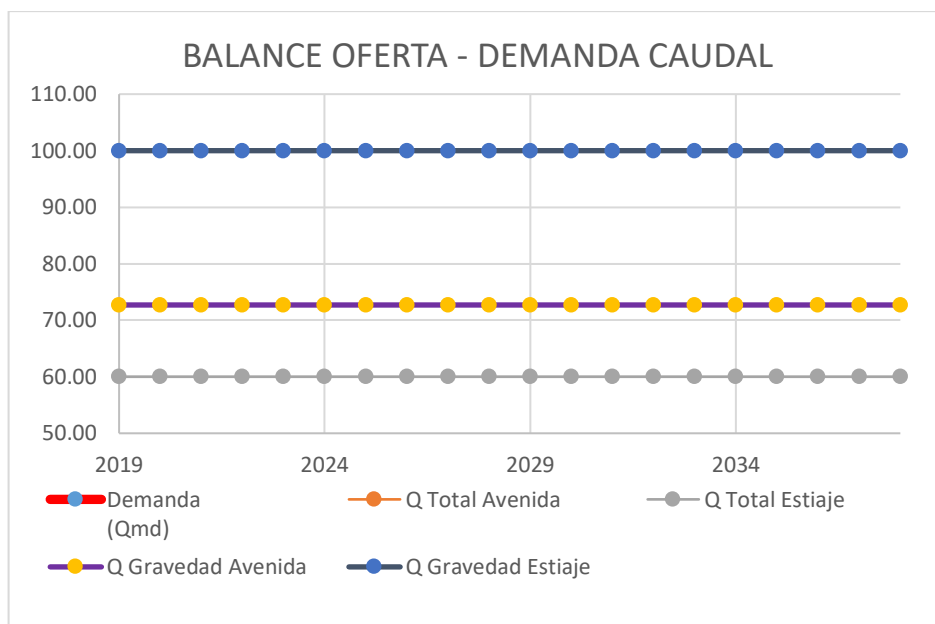
Se realizó el balance de oferta y demanda de agua para todas las fuentes que pueden ser conducidas por gravedad. Los resultados se muestran en tabla 29:

**Tabla ° 29 : BALANCE OFERTA DEMANDA**

Año		DEMANDA	OFERTA				BALANCE	
		Demanda (Qmd)	Q Total Avenida	Q Total Estiaje	Q Gravedad Avenida	Q Gravedad Estiaje	Balance Gravedad Avenida	Balance Gravedad Estiaje
		L/s	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
Base	2017							
0	2018							
<b>1</b>	<b>2019</b>	2.65	<b>47.30</b>	<b>60.00</b>	<b>37.30</b>	<b>40.00</b>	<b>34.65</b>	<b>37.35</b>
2	2020	2.78	47.30	60.00	37.30	40.00	34.52	<b>37.22</b>
3	2021	2.92	47.30	60.00	37.30	40.00	34.39	<b>37.09</b>
4	2022	3.05	47.30	60.00	37.30	40.00	34.25	<b>36.95</b>
<b>5</b>	<b>2023</b>	3.18	<b>47.30</b>	<b>60.00</b>	<b>37.30</b>	<b>40.00</b>	<b>34.12</b>	<b>36.82</b>
6	2024	3.31	47.30	60.00	37.30	40.00	33.99	<b>36.69</b>
7	2025	3.45	47.30	60.00	37.30	40.00	33.86	<b>36.56</b>
8	2026	3.58	47.30	60.00	37.30	40.00	33.72	<b>36.42</b>
9	2027	3.71	47.30	60.00	37.30	40.00	33.59	<b>36.29</b>
<b>10</b>	<b>2028</b>	3.82	<b>47.30</b>	<b>60.00</b>	<b>37.30</b>	<b>40.00</b>	<b>33.48</b>	<b>36.18</b>
11	2029	3.95	47.30	60.00	37.30	40.00	33.35	<b>36.05</b>
12	2030	4.09	47.30	60.00	37.30	40.00	33.22	<b>35.92</b>
13	2031	4.22	47.30	60.00	37.30	40.00	33.08	<b>35.78</b>
14	2032	4.35	47.30	60.00	37.30	40.00	32.95	<b>35.65</b>
<b>15</b>	<b>2033</b>	4.58	<b>47.30</b>	<b>60.00</b>	<b>37.30</b>	<b>40.00</b>	<b>32.72</b>	<b>35.42</b>
16	2034	4.71	47.30	60.00	37.30	40.00	32.59	<b>35.29</b>
17	2035	4.85	47.30	60.00	37.30	40.00	32.46	<b>35.16</b>
18	2036	4.98	47.30	60.00	37.30	40.00	32.32	<b>35.02</b>
19	2037	5.11	47.30	60.00	37.30	40.00	32.19	<b>34.89</b>
<b>20</b>	<b>2038</b>	5.49	<b>47.30</b>	<b>60.00</b>	<b>37.30</b>	<b>40.00</b>	<b>31.81</b>	<b>34.51</b>

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.





**Gráfico 3: Balance oferta-demanda**

Interpretación. -

Del gráfico y cuadro anterior, se observa la oferta de agua total, cubre la demanda de agua hasta más allá del año 2038, tanto en la época de avenida (menor caudal) como en la época de estiaje (mayor caudal).

En época de mayor caudal (estiaje), la fuente cubre la demanda hasta el 3038. En época de menor caudal (avenida), la fuente cubre la demanda de agua, De lo expuesto, se puede deducir que desde al año 2019, se requiere el mínimo caudal disponible de las fuentes de agua de Puncomachay – Quero.

#### **4.10. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA**

##### **4.10.1. ENSAYOS DE PRUEBA DE JARRAS (POST TEST)**

Con fecha 25 de junio del 2019, se realiza la toma de muestras de agua de la fuente de Puncomachay para realizar el ensayo de prueba de jarras.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de la empresa SEDAM HUANCAYO S.A. (a 60 minutos de la fuente de agua),

donde se realizaron los ensayos, las muestras de agua tratada del ensayo de cada vaso fueron llevadas luego al laboratorio NSF Envirolab, Laboratorio de Ensayos Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° LE-011 y los resultados finales del ensayo son:

#### 4.10.2. ANÁLISIS INICIAL DE LA PRUEBA

Los parámetros iniciales del ensayo son:

**Tabla 30 : BALANCE OFERTA DEMANDA**

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
[ ] Ca (ClO) <sub>2</sub>	1%	
Turbiedad Inicial(1)	0.145	UNT
pH Inicial (1)	7.22	
Conductividad Inicial (1)	636	
Temperatura (1)	17.4	°C
Arsénico Inicial(2)	0.053	mg/L

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

Datos de Laboratorio NSF Envirolab, Laboratorio de Ensayos Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° LE-011 (vaso 5).

#### 4.10.3. PRUEBAS DE JARRAS

Se han realizado 02 pruebas de jarras:

Prueba 1: Dosis óptima de Hipoclorito de calcio.

Prueba 2: Parámetros Dosis óptima de Coagulante

Los tiempos y velocidades de la simulación del proceso de tratamiento son:

- Mezcla Rápida: 10s a 300 RPM (adición de Ca (ClO)<sub>2</sub>).  
5 s a 300 RPM (adición de Cl<sub>2</sub>Fe)
- Mezcla lenta: 20 minutos a 32 RPM
- Sedimentación: 20 minutos a 0 RPM
- Filtración: papel wattman # 40

**Tabla 31 : Resultados de prueba de jarras 1 (ver anexo 4)**

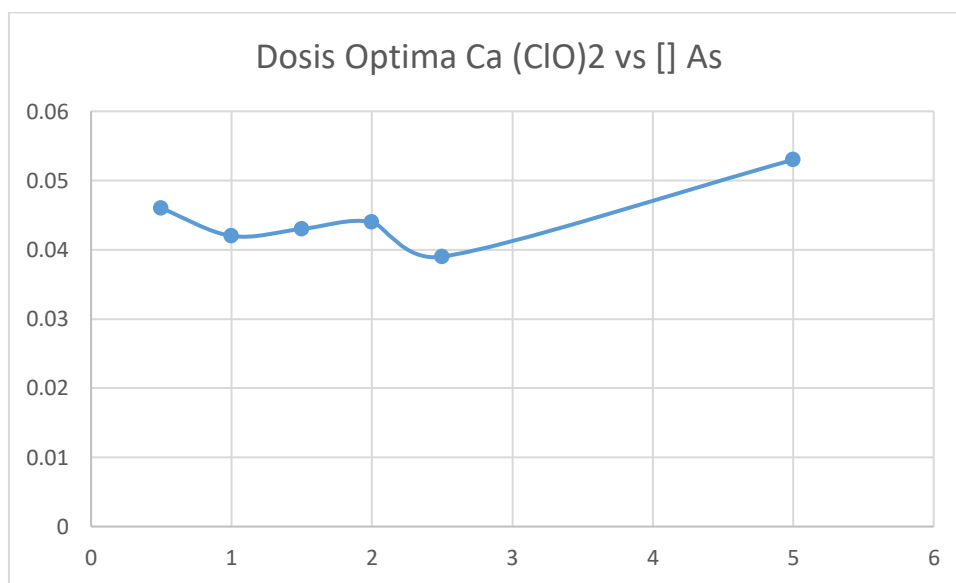
Vaso	1	2	3	4	5	6
Ca (ClO) <sub>2</sub> (mg/L)(1)	0.5	1	1.5	2	2.5	5
ml solución(1)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1
pH(2)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5
Alcalinidad (mg/L)(2)	370	391.4	387.4	430.2	410.2	428.9
[ ] As (mg/L) (2)	0.046	0.042	0.043	0.044	0.039	0.053
Hierro Total (mg/L)(2)	0.005	0.007	0.008	0.007	0.009	0.007
% Remoción Arsénico	13	21	19	17	26	0.00

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

Datos del laboratorio. Laboratorio NSF Envirolab, Laboratorio de Ensayos Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° LE-011.

### SITUACIÓN DE MEJORA.

En el cuadro anterior se observa los resultados del ensayo de prueba de jarras 1, en el cual se ha variado la dosis de hipoclorito de calcio desde 0.5 mg/L a 5 mg/L, obteniéndose la siguiente curva:



**Gráfico 4: Grafica de dosis optima de hipoclorito de calcio**

La muestra de agua después del ensayo, son muestras que solo han sido oxidadas con hipoclorito, no se ha usado coagulantes y no se ha filtrado la muestra; bajo estas consideraciones, la eficiencia de remoción de arsénico ha variado entre 0.00% y 26%.

De la curva anterior, se observa que existen 02 tendencias respecto a la dosis óptima que permite valores mínimos de Concentración de arsénico, tales como 1.00 mg/L (21% remoción de arsénico) y 2.5 mg/L (26% remoción de arsénico).

Debido a que ninguna dosis permite una alta remoción de arsénico, para el siguiente ensayo, se ha determinado:

**Dosis óptima de 1 mg/L de Ca (ClO)<sub>2</sub> hipoclorito de calcio.**

**Tabla 32 : Resultados de prueba de jarras 2 (ver anexo 5)**

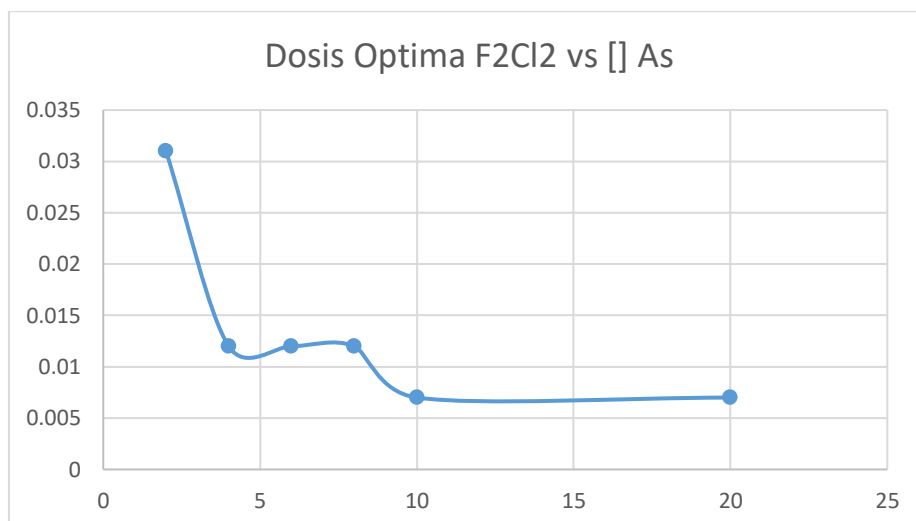
Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis FeCl <sub>2</sub> (mg/L)(1)	2	4	6	8	10	20
Volumen (ml)	0.4	0.8	1.2	1.6	2	4
Turbiedad (UNT) (1)	0.476	0.588	0.7	0.88	0.885	0.68
Conductividad (1)	626	622	622	624	624	626
pH (2)	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3
Alcalinidad (mg/L) (2)	372.7	376.8	391.4	368.7	375.4	370
[ ] As (mg/L) (2)	0.031	0.012	0.012	0.012	0.007	0.007
Hierro Total (mg/L) (2)	0.015	0.011	0.088	0.156	0.041	0.09
% Remoción Arsénico	42	77	77	77	87	87

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

Datos del laboratorio.Laboratorio NSF Envirolab, Laboratorio de Ensayos Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° LE-011.

### **SITUACIÓN DE MEJORA.**

En el cuadro anterior se observan los resultados del ensayo de prueba de jarras 2, en la cual, a diferencia de la prueba 1, se ha incluido dosis coagulante con cloruro ferroso desde 2.0 mg/L a 20 mg/L, obteniéndose la siguiente curva:



**Grafico 5: Dosis optima de cloruro ferroso**

De la curva y cuadro anterior se observa que la tendencia es: a mayor dosis mayor remoción de Arsénico, sin embargo, se puede observar también que para dosis de 10 mg/L y 20 mg/L el arsénico remanente es de 0.007 mg/L, valor menor al LMP de contenido de arsénico definido en el DS 031-2010-SA (LMP As es igual a 0.01 mg/L, asimismo, para dosis de 8 mg/L, el valor de arsénico remanente es de 0.012 mg/L, valor por encima del LMP de contenido arsénico, pero bastante cercano al LMP.

De lo anterior, se puede concluir que la dosis óptima de cloruro ferroso elegida es de 10 mg/L.

Los resultados de este ensayo son muestras filtradas con papel wattman # 40.

#### **4.11. OXIDACIÓN/REDUCCIÓN:**

Para oxidar el arsenito(+3) a arsenato (+5) presente en el agua se ha realizado el ensayo de prueba de jarras utilizando el hipoclorito de calcio (Ca(OCl)<sub>2</sub>).

Para lograr una adecuada mezcla completa y rápida que logra mayor eficiencia en el proceso de oxidación/reducción, los parámetros del ensayo fueron:

- Mezcla Rápida: 10 s a 300 RPM (adición de  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ).

Para este proceso unitario, se ha definido la construcción de una unidad de mezcla rápida. En ese sentido los parámetros de diseño de la unidad de mezcla rápida N° 01 para oxidación/reducción son:

- Gradiente hidráulica: 700s<sup>-1</sup> a 1300s<sup>-1</sup>
- Tiempo de mezcla: 0.1s a 7 s.

#### **4.12. ADSORCIÓN E INTERCAMBIO IÓNICO:**

Adicional a la oxidación/reducción, a través del ensayo de prueba de jarras se ha realizado el proceso de adsorción e intercambio iónico y coagulación a través de la adición de moléculas de hidróxido de hierro (cloruro férrico y cloruro ferroso), que puedan adsorber el arsénico por mecanismos de adsorción de superficie y poder ser removidos.

Para lograr una adecuada mezcla completa y rápida que logre una alta eficiencia de la formación de los hidróxidos de hierro, los parámetros del ensayo fueron:

- Mezcla Rápida: 10 s a 300 RPM (adición de  $\text{FeCl}_2$ ).

Para este proceso unitario, se ha definido la construcción de una unidad de mezcla rápida. En ese sentido los parámetros de diseño de la unidad de mezcla rápida N° 02 para adsorción e intercambio iónico son:

- Gradiente hidráulica: 700s<sup>-1</sup> a 1300s<sup>-1</sup>
- Tiempo de mezcla: 0.1s a 7 s.

#### 4.13. MEZCLA LENTA

Con la finalidad de lograr una adecuada mezcla y aglutinación de los hidróxidos de hierro (que se inició en la mezcla rápida N° 02) con el arsenato (que se inició en la mezcla rápida N° 01) es necesaria la realización de una mezcla lenta (que también permite la mayor formación de hidróxidos de hierro y de arsenato).

Para lograr lo descrito en el párrafo anterior, se realizó un ensayo de prueba de jarras con los siguientes parámetros:

- Mezcla lenta: 20min a 32RPM.

Para este proceso unitario, se ha definido la construcción de una unidad de mezcla lenta. En ese sentido los parámetros de diseño de la unidad de mezcla lenta para oxidación/reducción, adsorción e intercambio iónico y floculación son:

- Gradiente hidráulica: variables (de mayor a menor).
- Gradiente promedio: 35s-1.
- Tiempo de mezcla: 20minutos.

#### 4.14. DECANTACIÓN

Luego de haberse oxidado el arsénico y pasado a su forma de arsenato, este arsénico menos soluble es factible de remover por adsorción y precipitación, en ese sentido, se ha adicionado coagulantes que forman hidróxidos que permiten la adsorción del arsénico menos soluble y que se han aglutinado en la mezcla lenta.

Las moléculas de arsénico aglutinado (microflocs) formados, debido a que son menos solubles y a su aumento de peso tienden a precipitar, por tanto, se realizó el ensayo de prueba de jarras con los siguientes parámetros:

- Tiempo de sedimentación: 20 minutos.

- Altura toma de muestra: 15cm.

Con estas condiciones de sedimentación se logró eficiencias de remoción de arsénico de hasta 26%.

Para este proceso unitario, se ha definido la construcción de un decantador laminar de flujo ascendente. En ese sentido los parámetros de diseño de la unidad de decantación/sedimentación son:

- Tiempo de sedimentación: 20 minutos.
- Velocidad de sedimentación: 0.010cm/s – 0.015cm/s.

#### **4.15. FILTRACIÓN**

Tal como se indicó anteriormente, adicional a la oxidación/reducción donde se hace menos soluble el arsénico, se ha realizado el proceso de adsorción e intercambio iónico y coagulación a través de la adición de moléculas de hidróxido de hierro (cloruro férrico y/o cloruro ferroso), que puedan adsorber el arsénico por mecanismos de adsorción de superficie, en ese sentido los flóculos que no se han removido en el proceso de decantación sedimentación, serán removidos por adsorción en el lecho filtrante.

Se ha realizado el ensayo de prueba de jarras considerando la filtración bajo los siguientes parámetros:

- Papel watman: #40.
- Retención de partículas: 8  $\mu\text{m}$ .

Para este proceso unitario, se ha definido la construcción de un filtro rápido de lecho simple (arena silíceo) que permitan retener partículas de las siguientes características:

- Diámetro mínimo de partículas: 1 $\mu\text{m}$

Del ensayo de laboratorio con el proceso de oxidación/reducción, adsorción e intercambio iónico/coagulación,



decantación/sedimentación, filtración, se ha obtenido una eficiencia de remoción del arsénico de hasta 87%, logrando agua con un valor de arsénico de 0.007mg/L (de un valor inicial de 0.053mg/L).

Se observa que en el ensayo de prueba de jarras, la retención de partículas que ofrece el papel Watman #40, es de partículas de 8  $\mu\text{m}$ , eso quiere decir que en el ensayo se ha retenido partículas que pueden ser retenidos en un lecho filtrante (filtro rápido), de las siguientes características:

- Coeficiente de Uniformidad: <1.5mm.
- Diámetro mínimo: 0.42mm.
- Diámetro Efectivo: 0.52mm.
- Profundidad: 0.60m-0.90m.

#### **4.16. DESINFECCIÓN**

El último proceso unitario del tratamiento de agua es la desinfección, con el uso de cloro gas, Este proceso de tratamiento, tiene la finalidad de asegurar la calidad bacteriológica del agua de consumo humano.

Para ello se recomienda el uso de gas cloro por su efecto residual.

Los parámetros de diseño de esta unidad son:

- Tiempo de retención: 30 minutos.

#### **4.17. DESCRIPCIÓN TÉCNICA**

A continuación, se describirán cada uno de los componentes planteados en el sistema de agua potable y se mencionarán los criterios de diseño considerados.

#### **4.17.1. PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO**

De los calculos, el caudal requerido para el tratamiento de agua, es el caudal realizado en los aflores de la fuente de Puncomachay igual a 60L/s.

Los componentes de la planta de tipo de filtración rápida completa están conformados por: (ver Planos anexo 8)

##### **a) Unidad de mezcla rápida del tipo rampa:**

La unidad de mezcla rápida tipo rampa es para para oxidar el arsénico y para dosificación de hipoclorito de calcio otra unidad para coagular las moléculas de arsénico, para la dosificación del cloruro férrico/ferroso. (ver Planos anexo 8)

##### **b) Floculador de pantallas de flujo horizontal de tres compartimientos**

Para proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes. (ver Planos anexo 8)

##### **c) Decantadores de placas,**

Esta estructura consta de 05 partes:

- Canal de distribución a decantadores de agua floculada,
- Zona de ingreso y distribución de agua floculada en decantador,
- Zona de decantación
- Zona de recolección de agua decantada y
- Zona de recolección y purga de lodos. (ver Planos anexo 8)

**d) Filtros rápidos de lecho simple de arena de unidades del tipo de tasa declinante y lavado mutuo,**

Estos filtros tienen una canal de ingreso de agua decantada, este canal es de doble fondo y son utilizados para:

1. El canal inferior sirve para la recolección de los lodos que se generan en los decantadores y en los filtros
2. El canal superior sirve para la recolección de agua decantada y distribución de agua a filtros. (ver Planos anexo 8)


**e) Cámara de contacto de cloro.**

Inmediatamente después de los filtros, posterior al vertedero de control, se ubica la cámara de contacto de cloro, en esta cámara se realiza la dosificación de cloro y se pone en contacto por un tiempo mínimo de 30 minutos con la finalidad de garantizar la desinfección del agua. (ver Planos anexo 8)

**4.18. CUADRO COMPARATIVO DE MEJORA DEL AGUA POTABLE DE MOLINOS JAUJA CON EL MÉTODO DE JARRAS PRE TEST – POST TEST**

Con la finalidad de precisar la mejora del agua potable, se presenta la siguiente tabla comparativa:

**Tabla 33 : Tabla comparativa**

DESCRIPCIÓN		As agua
Sin planta de remoción de arsénico ( <b>Pre test</b> ).		0.053 mg/l (↑)
Con Planta de remoción de arsénico ( <b>Pos test</b> ).		0.007 mg/l (↓)
Diferencia		0.046 L/s
Porcentaje %		86..79%

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

Los parámetros iniciales del ensayo son:

**Tabla 34 : Tabla parametros iniciales**

PARÁMETROS INICIALES	VALOR	UNIDAD
[ ] Ca (ClO) <sub>2</sub>	1%	
Turbiedad Inicial(1)	0.145	UNT
pH Inicial (1)	7.22	
Conductividad Inicial (1)	636	
Temperatura (1)	17.4	°C
Arsénico Inicial(2)	0.053	mg/L
% REMOCION		

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla 35 : Tabla comparativa**

Vaso	1	2	3	4	5	6
Ca (ClO) <sub>2</sub> (mg/L)(1)	0.5	1	1.5	2	2.5	5
ml solución(1)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1
pH(2)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5
Alcalinidad (mg/L)(2)	370	391.4	387.4	430.2	410.2	428.9
[ ] As (mg/L) (2)	0.046	0.042	0.043	0.044	0.039	0.053
Hierro Total (mg/L)(2)	0.005	0.007	0.008	0.007	0.009	0.007
% Remoción Arsénico	13	21	19	17	26	0.00

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

**Tabla 36 : Tabla comparativa**

Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis FeCl <sub>2</sub> (mg/L)(1)	2	4	6	8	10	20
Volumen (ml)	0.4	0.8	1.2	1.6	2	4
Turbiedad (UNT) (1)	0.476	0.588	0.7	0.88	0.885	0.68
Conductividad (1)	626	622	622	624	624	626
pH (2)	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3
Alcalinidad (mg/L) (2)	372.7	376.8	391.4	368.7	375.4	370
[ ] As (mg/L) (2)	0.031	0.012	0.012	0.012	0.007	0.007
Hierro Total (mg/L) (2)	0.015	0.011	0.088	0.156	0.041	0.09
% Remoción Arsénico	42	77	77	77	87	87

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

### Interpretación:

Como se puede apreciar la diferencia es de 0.046 mg/l de arsénico en el agua potable, es decir hay una disminución de un 87% de arsénico

(**post test**) frente al parámetro inicial de 0.053 mg/l de arsénico en el agua (**Pre test**), demostrándose de esta manera la eficiencia de la planta de remoción de arsénico para este caso en particular.

Se concluye, por tanto, que la planta de remoción de arsénico resulta eficiente, dando como resultado la disminución de arsénico en el agua potable de Molinos Jauja.

#### 4.19. PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO

Tabla 37 : Presupuesto de obra

### PRESUPUESTO DE OBRA

FECHA: JULIO -2019

Proyecto LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO PARA MEJORAR EL AGUA POTABLE , MOLINOS - JAUJA  
 Departamento : JUNIN Provincia : JAUJA Distrito : MOLINOS

ITEM	Descripción	Parcial	Sub Total	Total
01.00.00	<b>COSTO DIRECTO DE LAS OBRAS A EJECUTARSE</b>			<b>4,332,966.12</b>
01.01.00	<b>TRABAJOS PRELIMNARES</b>		7,350.00	
01.01.01	CASETA DE SEGURIDAD	1,000.00		
01.01.02	CERCO PERIMETRICO	2,700.00		
01.01.03	TRAZO Y RE PLANTEO	3,650.00		
01.02.00	<b>CONSTRUCCION PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE</b>		3,488,982.01	
01.02.01	CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	3,488,982.01		
01.03.00	<b>CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES COMPLEMENTARIAS</b>		836,634.11	
01.03.01	CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES COMPLEMENTARIAS	836,634.11		
02.00.00	<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>9,532.53</b>
02.01.00	GASTOS GENERALES DE OBRA	12%	5,199.56	
02.02.00	UTILIDAD	10%	4,332.97	
	SUB TOTAL		4,342,498.65	
<b>TOTAL</b>			<b>SI.</b>	<b>4,342,498.65</b>

Fuente: Elaboración y formulación propia.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. DISCUSIÓN DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO PARA LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO:**

Para esta investigación el propósito fue calcular el caudal de diseño para la planta de remoción de arsénico.

A través de los resultados obtenidos durante la investigación se puede estimar lo siguiente:

#### **PROMEDIO DE CAUDAL DE AGUA ANTES DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN**

$$PI_1 + PI_2 + PI_3 + PI_4 + PI_5 + PI_6 + PI_7 + PI_8 / 8 = 1.086.828 / 8 = 135.85 \text{ L/S}$$

#### **PROMEDIO DE CAUDAL DE AGUA DESPUÉS DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN**

$$PI_1 + PI_2 + PI_3 + PI_4 + PI_5 + PI_6 + PI_7 + PI_8 / 8 = 412.657 / 8 = 51.58 \text{ L/S}$$

El caudal de la fuente antes de la captación fluctúa entre 135.85 l/s con ambos métodos mientras que el agua para el consumo humano es 51.58 l/s, resultando gran pérdida de agua de la fuente de Puncomachay por estar

contaminada por el Arsénico, es decir solo el 43.07% del agua de Potable se utiliza para el consumo humano.

## 5.2. DISCUSIÓN DE LA PRUEBA DE JARRAS PARA DETERMINAR LA DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE.

En las muestras de agua del ensayo donde el parámetro inicial de arsénico es de 0.053 mg/l, la muestra que fue oxidada con hipoclorito de calcio, tuvo una eficiencia de remoción de arsénico que ha variado entre 0.00% y 26%. Con soluciones de 1 mg/l donde se obtuvo un 21% de remoción de arsénico y de 2.5 mg/l donde se obtuvo un 26% de remoción de arsénico, Debido a que ninguna dosis permite una alta remoción de arsénico, determinamos que la dosis optima es de 1 mg/L de Ca (ClO)<sub>2</sub> hipoclorito de calcio

**Tabla 38 : Discusión resultado prueba de jarras 1**

Vaso	1	2	3	4	5	6
Ca (ClO) <sub>2</sub> (mg/L)(1)	0.5	1	1.5	2	2.5	5
ml solución(1)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1
pH(2)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.5
Alcalinidad (mg/L)(2)	370	391.4	387.4	430.2	410.2	428.9
[ ] As (mg/L) (2)	0.046	0.042	0.043	0.044	0.039	0.053
Hierro Total (mg/L)(2)	0.005	0.007	0.008	0.007	0.009	0.007
% Remoción Arsénico	13	21	19	17	26	0.00

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

En el cuadro se observan los resultados del ensayo de prueba de jarras 2, en la cual, a diferencia de la prueba 1, se ha incluido dosis coagulante con cloruro ferroso desde 2.0 mg/L a 20 mg/L, es decir que a mayor dosis de coagulante hay mayor remoción, también que el arsénico solo se reduce a 0.007 es decir que la dosis optima de cloruro férrico es de 10 mg/l.

**Tabla 39 : Discusión resultado prueba de jarras 2**

Vaso	1	2	3	4	5	6
Dosis FeCl <sub>2</sub> (mg/L )(1)	2	4	6	8	10	20
Volumen (ml)	0.4	0.8	1.2	1.6	2	4
Turbiedad (UNT) (1)	0.476	0.588	0.7	0.88	0.885	0.68
Conductividad (1)	626	622	622	624	624	626
pH (2)	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3	7.3
Alcalinidad (mg/L) (2)	372.7	376.8	391.4	368.7	375.4	370
[ ] As (mg/L) (2)	0.031	0.012	0.012	0.012	0.007	0.007
Hierro Total (mg/L) (2)	0.015	0.011	0.088	0.156	0.041	0.09
% Remoción Arsénico	42	77	77	77	87	87

**Fuente:** Elaboración y formulación propia.

Analizando los resultados obtenidos en la prueba de jarras hay remoción de arsénico que llega a estandarizar los niveles de calidad de agua es decir mejora el agua potable de Molinos- Jauja.

### 5.3. DISCUSIÓN DE ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

El presupuesto para la construcción de la planta de tratamiento de remoción de arsénico no resulta económico, como se puede apreciar en los resultados el costo es de es 4,342,498.65, pero si nos basamos en que la planta disminuirá el arsénico existente en el agua, es decir si se mejora el agua potable, disminuirá las enfermedades gastrointestinales que aquejan a la población de Molinos-Jauja.



## CONCLUSIONES

Después de haber analizado los resultados obtenidos a través de los instrumentos de recolección de datos sobre la planta de remoción de arsénico para mejorar el agua potable Molinos – Jauja, se ha podido concluir lo siguiente:

1. De los resultados del ensayo químico del agua potable proveniente de la fuente de agua “Puncomachay” distrito de Molinos, Provincia de Jauja podemos apreciar que el arsénico sobrepasa los Límites Máximos Permisibles del reglamento de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010 S.A.), al ser comparados con los resultados de la prueba de jarras 1 y la prueba de jarras 2 vemos una remoción de arsénico en un 21% y 87% respectivamente, por lo tanto podemos concluir que con la planta de remoción de arsénico mejora el agua potable del distrito de Molinos- Jauja.
2. Del mismo modo, considerando el ensayo químico del agua potable proveniente de la fuente de agua “Puncomachay” distrito de Molinos, Provincia de Jauja podemos apreciar que el arsénico es el único compuesto que sobrepasa los Límites Máximos Permisibles del reglamento de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010 S.A.), siendo contrastados con los resultados de la prueba de jarras 1 y 2 donde se aprecia una remoción de arsénico del 21% y 87% respectivamente, por lo tanto con el proceso de

coagulación, decantación/sedimentación, filtración de la planta de remoción de arsénico se mejora considerablemente las propiedades fisicoquímicas del agua potable de Molinos – Jauja.

3. En consecuencia, con la prueba de jarras 2 en la que se aprecia una remoción de arsénico del 87%, se observa una disminución considerablemente de arsénico del 0.053 al 0.007 mejorando los registros de los estándares de calidad del agua potable considerando que se encuentra muy por debajo de los límites máximos permisibles.
4. Se concluye además que con la planta de remoción de arsénico habrá una disminución de los porcentajes de enfermedades. Al reducir el arsénico de 0.053 a 0.007 con cloruro férrico, el agua se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles por lo tanto puede ser apta para el consumo humano sin riesgo a que el poblador contraiga enfermedades por ingesta de este elemento.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar el estudio topográfico a fin de levantar la cota de entrada de agua a la planta con el fin de generar un resalto hidráulico que cumpla con los requisitos para una mezcla rápida, el cual permite mejorar la eficiencia coagulación – floculación.
2. Considerar la preservación de la muestra para la obtención de resultados confiables
3. Realizar estudios para tratamiento de lodos generados por la planta de remoción de arsénico en el proceso de adsorción con el fin de reducir un posible impacto ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBOLEDA, J. (2000). *TEORIA DE COAGULACION DEL AGUA*. BOGOTA.
2. Camach, N. C. (2014, OCTUBRE). *TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. Retrieved from *TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*:  
[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5lttrSFOhDkJ:https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/download/232/208+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5lttrSFOhDkJ:https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/download/232/208+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe&client=firefox-b-d)
3. CANEPA, L. (2018). *EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA PARA LA CIUDAD DE SAN MARCOS, 2017*. CAJAMARCA.
4. Cárdenas, Y. A. (2000). *TRATAMIENTO DE AGUACOAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN*. LIMA.
5. CHAVEZ. (2012). *PARTICULAS*.
6. correo, D. (2014, octubre 22). *Detectan Arsenico en el agua de Jauja*. Retrieved from *Detectan Arsenico en el agua de Jauja*: <https://diariocorreo.pe/peru/detectan-arsenico-en-agua-de-jauja-204430/>
7. correo, d. (2014, octubre 23). *digesa halla arsenico de agua que consume jauja*. Retrieved from *digesa halla arsenico de agua que consume jauja*:  
<https://diariocorreo.pe/peru/digesa-halla-arsenico-en-agua-que-consume-poblacion-de-jauja-530323/>
8. Domínguez, D. M. (2013). *arsenico en agua*. Mexico: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS2013Arsénico en AguaPresencia, cuantificación analítica y mitigaciónPROYECTO:ARSÉNICO II, ARGENTINA, ESPAÑA, MÉXICO.

9. investigadores. (n.d.). LA FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS. *histodidcativa*. universidad de chile, Chile.
10. Martel, A. B. (2004). *COAGULACIÓN*.
11. MINAM. (2015, DICIEMBRE 30). *MINISTERIO AMBIENTE*. Retrieved from MINISTERIO AMBIENTE: <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
12. MPJ. (2014). *PLANTA DE REMOCION DE ARSENICO*. JAUJA.
13. OPS. (2006). *DECANTADORES LAMINARES*. LIMA.
14. PÉREZ, F. M. (mayo,2014). Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 54.
15. RAS. (2000). *SISTEMA DE POTABILIZACION*. BOGOTA.
16. RIOS, D. (1998). *TRATAMIENTO DE AGUAS*. LIMA.
17. RNE. (2016). *reglamento nacional de construcciones*. Lima: icg. Retrieved from reglamento nacional de construcciones.
18. Rodríguez, B. (2015). *Contaminacion del agua*. Retrieved from Contaminacion del agua: <https://www.monografias.com/trabajos12/contagua/contagua.shtml>
19. RODRIGUEZ, P. (2001). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA*. ICA.
20. sandoval. (2006). *Remoción del arsénico en el agua para bebida y biorremediación de suelos*. Mexico City, 20-24 June 2006: International Congress.
21. SIERRA. (1995). *Etapas del Proceso Investigador: INSTRUMENTACIÓN*.
22. SIERRA. (1995). *Etapas del Proceso Investigador: INSTRUMENTACIÓN*.
23. Toledo, C. Q. (2018). *Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana*. ministerio salud, mexico.

24. TORRES, J. A. (2018). *valuación del Impacto Ambiental del efluente submarino del proyecto PROVISUR empleando el modelo CORMIX*. lima.
25. ZOUBOULIS, T. y. (diciembre, 2018). Coagulación, floculación y separación. *Coagulación, floculación y separación*, 45.

## **ANEXOS**

### **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Anexo 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

Anexo 3. ENSAYO CALIDAD DE AGUA

Anexo 4. PRUEBA DE JARRAS 1

Anexo 5. PRUEBA DE JARRAS 2

Anexo 6. DOCUMENTOS

Anexo 7. PANEL FOTOGRÁFICO

Anexo 8. PLANOS

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO PARA MEJORAR EL AGUA POTABLE, EN EL DISTRITO DE MOLINOS - JAUJA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	DIMENSIÓN	CÓDIGO	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA PRINCIPAL:</b></p> <p>¿De qué manera la planta de remoción de arsénico influye en el agua potable de Molinos- Jauja?</p>	<p><b>OBJETIVO PRINCIPAL:</b></p> <p>Precisar como la planta de remoción de arsénico influye para mejorar el agua potable de Molinos – Jauja</p>	<p><b>HIPÓTESIS PRINCIPAL:</b></p> <p>La planta de remoción de arsénico mejorara el agua potable.</p>	<p><b>Variable X:</b></p> <p>La planta de Remoción de arsénico</p>	<p>1. Características de la planta.</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de Coagulación</li> <li>• Área de floculación</li> <li>• Área de sedimentación</li> <li>• Área de filtración</li> <li>• Área de desinfección.</li> </ul>	<p>x. 1.a.</p> <p>x. 1.b.</p> <p>x. 1.c.</p> <p>x. 1.d.</p> <p>x. 1.e.</p>	<p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>El método general de la investigación es el Científico.</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>El tipo de investigación fue aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>El nivel de investigación fue el descriptivo - explicativo.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p>



				<p>2. Tratamiento a utilizar.</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro ferroso (coagulante)</li> <li>• Hipoclorito de calcio</li> </ul>	<p>x. 2.a.</p> <p>x. 2.b.</p>	<p>El diseño de investigación fue el experimental (<b>pretest y postest</b>).</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b></p> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Debido a las características del estudio, nos enfrentamos a un universo donde la población de estudio está representada por la captación de agua de Puncomachay</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. ¿Cómo influye la planta de remoción de arsénico en las propiedades fisicoquímicas del agua potable?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>1. Determinar cómo influye la planta de remoción de arsénico para mejorar las propiedades fisicoquímicas del agua</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>1. La planta de remoción de arsénico mejorara las propiedades fisicoquímicas del agua potable.</p>	<p><b>Variable Y:</b></p> <p>Mejorar el agua potable</p>	<p>1. Propiedades fisicoquímicas del agua.</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <p>Indicadores físicos</p> <p>a) Sólidos totales.</p> <p>b) Turbiedad</p> <p>c) Color</p> <p>d) Olor y sabor</p> <p>e) Temperatura</p> <p>Indicadores químicos</p>	<p>y. 1.a.</p> <p>x. 1.b.</p>	<p><b>MUESTRA</b></p> <p>La muestra es no probabilística por conveniencia. Se tomará muestras de agua de la captación de Puncomachay. perteneciente al distrito de Molinos de la provincia de Jauja.</p> <p><b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>

<p>2. ¿De qué manera la planta de remoción de arsénico influye en los estándares de calidad del agua potable?</p>	<p>potable de Molinos-Jauja.</p> <p>2. Establecer de qué manera la planta de remoción de arsénico influye para mejorar los estándares de calidad del agua potable de Molinos – Jauja.</p>	<p>2. La planta de remoción de arsénico mejorara los estándares de calidad del agua potable.</p>		<p>a) Ph b) Aceites y grasas c) Dureza d) Conductividad e) Arsénico f) Nitritos g) Nitratos h) Cloruros i) Sulfatos</p> <p>2.Prueba de Jarras</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis óptima de Hipoclorito de calcio.</li> <li>• Dosis óptima de Coagulante</li> </ul>	<p>y. 2.a.</p> <p>y. 1.b.</p>	<p><b>Procedimiento en campo:</b> Aforos en el mes de mayo y junio, para determinar el caudal (Método volumétrico) de ingreso y salida de la Fuente de Puncomachay.</p> <p><b>Estudio de agua: ( pretest )</b> Informe de análisis contenido arsénico.</p> <p><b>Ensayo de laboratorio: ( postest )</b> Prueba de jarras.</p> <p><b>TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS</b> (Prueba de jarras), con el cual se podrá determinar el comportamiento de la variable independiente (la planta de remoción de arsénico), Para el análisis de la hipótesis de la investigación se recurrió a la comparación de los resultados de las muestras de agua antes de aplicar el experimento (ensayo de laboratorio) y después de aplicarlo (prueba de jarras).</p>
<p>3. ¿De qué manera la planta de remoción de arsénico influye en los</p>	<p>3. Precisar de qué manera la planta de remoción de</p>	<p>3. La planta de remoción de arsénico disminuirá los</p>				

porcentajes de enfermedades?	arsénico influye en la disminución de los porcentajes de enfermedades de la población de molinos Jauja.	porcentajes de enfermedades de la población.				<p><b>PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN</b></p> <p>Análisis de agua. Informe de contenido de arsénico (pre test)</p> <p>Ensayo de laboratorio. Prueba de jarras (postest)</p>
------------------------------	---	--	--	--	--	--

**Investigador:** Velasco Valenzuela Juan Martin

## ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

LA PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO PARA MEJORAR EL AGUA POTABLE, EN EL DISTRITO DE MOLINOS - JAUJA

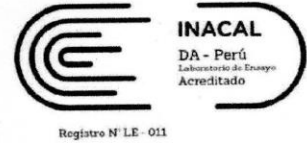
VARIABLES E INDICADORES	DIMENSIÓN	INDICADORES	CÓDIGO
<b><u>Variable X:</u></b> Planta de Remoción de arsénico	1. Características de la planta	f) Área de Coagulación g) Área de floculación h) Área de sedimentación i) Área de filtración j) Área de desinfección.	x. 1.a. x. 1.b. x. 1.c. x. 1.d. x. 1.e.
	3.Tratamiento a utilizar.	c) Cloruro ferroso d) Hipoclorito de calcio	x. 2.a. x. 2.b.
<b><u>Variable Y:</u></b> Mejora del agua potable	1. Propiedades fisicoquímicas del agua.	Indicadores físicos f) Solidos totales. g) Turbiedad	y. 1.a.

		h) Color i) Olor y sabor j) Temperatura Indicadores químicos j) Ph k) Aceites y grasas l) Dureza m) Conductividad n) Arsénico o) Nitritos p) Nitratos q) Cloruros r) Sulfatos	x. 1.b.
	2.Prueba de Jarras	c) Dosis óptima de Hipoclorito de calcio. d) Dosis óptima de Coagulante	y. 2.a. y. 1.b.

# ANEXO 3: ENSAYO DE CALIDAD DEL AGUA



**NSF Envirolab**  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA CON  
REGISTRO N° LE-011



## INFORME FINAL

**Dirección de Entrega:**  
Velasco Valenzuela  
Juan Martín  
Jr. Arequipa 298  
El Tambo-Pq. Don Bosco  
Huancayo - El Tambo  
Junín  
Peru

**Solicitante: C0315636**  
Velasco Valenzuela Juan M  
Jr. Arequipa 298  
El Tambo- Pq. Don Bosco  
Huancayo - El Tambo  
JUN  
Peru

Resultado	Fecha de Informe
Completo	2019-07-02
Procedencia Molinos-Jauja	
Producto Agua	
Tipo de Servicio Análisis	
Informe de Ensayo N° J-00231948	
Coordinador de Proyecto Melissa Janeth Simon Fowks	

Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por

Fecha de Emisión 2019-07-02

Enrique Quevedo Bacigalupo  
Jefe de Laboratorio

Quím. Joel Atarama Orejuela  
Supervisor de Físicoquímica  
C.Q.P. N° 923

Av. La Marina 3059 San Miguel - Lima 32 PERU  
Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 Email: [envirolab@nsf.org](mailto:envirolab@nsf.org) Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)

F120161107103734

J-00231948

pág 1 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

**Información General**

Matriz: Agua  
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 31746 (Oct-792)  
 Muestreado por: Cliente  
 Procedencia: Municipalidad Provincial de Jauja (Plaza de Armas Jauja S/N)  
 Lugar de Muestreo: Manantial Puncomachay  
 Referencia: Fuente agua de la Ciudad de Jauja

Identificación de Laboratorio: S-0001307849  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Cruda  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-02  
 Fecha y hora de Muestreo: 2016-07-03 11:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Microbiología</b>			
# Bacterias Heterotróficas (R)- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9215 B, 22nd Ed. 2012	2019-07-02		
Bacterias Heterotróficas		7	UFC/mL
# Coliformes Termotolerantes (N)- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	2019-07-02		
2-Coliformes Termotolerantes		N.D.( $<1,8$ )	NMP/100 mL
# Coliformes Totales (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012	2019-07-02		
2-Coliformes Totales		N.D.( $<1,8$ )	NMP/100 mL
# Escherichia coli (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G-2, 22nd Ed. 2012	2019-07-02		
2-Escherichia Coli		N.D.( $<1,8$ )	NMP/100 mL
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-03		
pH		7,1	
*Silicio Total por ICP-AES en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May1994.	2019-07-03		
Silicio Total		2,89	mg/L
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-07		
Alcalinidad Total		394,5	mg/L
Amoniaco en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 F, 22nd Ed 2012	2019-07-03		
Amoniaco		N.D.( $<0,01$ )	mg/L
Cianuro Total en Agua. EPA Method 335.2 600/4-79-020, Revised March 1983	2019-07-04		
Cianuro Total		N.D.( $<0,004$ )	mg/L
Cloruros en Agua. EPA Method 325.3, Revised March 1983	2019-07-03		
Cloruros		17,15	mg/L
Color. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22nd Ed. Año 2012	2019-07-04		
Color		N.D.( $<4$ )	UC
Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised March 1983	2019-07-04		
Conductividad		698,0	uS/cm
Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2, Revised March 1983	2019-07-03		
Dureza Total		362,9	mg/L

FI20161107103734

J-00231948

pág 2 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química ( Continúa... )</b>			
Mercurio Total en Agua. EPA Method 245.7(Val), Febrero 2005	2019-07-03		
Mercurio Total		N.D.( $<0,000\ 1$ )	mg/L
Metales Totales en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-04		
Aluminio Total		N.D.( $<0,005$ )	mg/L
Antimonio Total		N.D.( $<0,006$ )	mg/L
Arsénico Total		0,031	mg/L
Bario Total		0,105	mg/L
Berilio Total		N.D.( $<0,000\ 5$ )	mg/L
Bismuto Total(Validado)		N.D.( $<0,01$ )	mg/L
Boro Total		0,110	mg/L
Cadmio Total		N.D.( $<0,001$ )	mg/L
Calcio Total		63,99	mg/L
Cobalto Total		N.D.( $<0,001$ )	mg/L
Cobre Total		N.D.( $<0,002$ )	mg/L
Cromo Total		N.D.( $<0,001$ )	mg/L
Estaño Total		N.D.( $<0,003$ )	mg/L
Estroncio Total		0,255 0	mg/L
Fósforo Total		N.D.( $<0,01$ )	mg/L
Hierro Total		0,009	mg/L
Litio Total		0,053	mg/L
Magnesio Total		12,39	mg/L
Manganeso Total		0,005	mg/L
Molibdeno Total		N.D.( $<0,002$ )	mg/L
Níquel Total		N.D.( $<0,002$ )	mg/L
Plata Total		N.D.( $<0,002$ )	mg/L
Piomo Total		N.D.( $<0,001$ )	mg/L
Potasio Total		1,27	mg/L
Selenio Total		N.D.( $<0,006$ )	mg/L
Sodio Total		7,48	mg/L
Talio Total		N.D.( $<0,007$ )	mg/L
Titanio Total		N.D.( $<0,001$ )	mg/L
Vanadio Total		N.D.( $<0,001$ )	mg/L
Zinc Total		0,021	mg/L
N- Nitrito en Agua. EPA Method 354.1, Revised March 1983	2019-07-03		
N- Nitrito		N.D.( $<0,005$ )	mg/L
N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1, Revised March 1983	2019-07-04		
N - Nitrato		0,10	mg/L
Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983	2019-07-05		
Sólidos Totales Disueltos		526	mg/L
Turbidez en Agua. EPA Method180.1, Revised 2.0 August 1993	2019-07-04		
Turbiedad		N.D.( $<0,1$ )	N.T.U
Uranio Total en Agua. EPA Method 200.8, Revised 5.4. May 1994	2019-07-03		
Uranio Total		0,001 19	mg/L

F120161107103734

J-00231948

pág 3 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



**Ensayos realizados por:**

	<b>Id</b>	<b>Dirección</b>
Ensayos realizados por:	NSF_LIMA_E	NSF Envirolab, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Perú

**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

**Referencia Técnica**

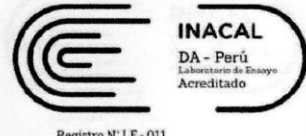
IM0134	#Coliformes Totales (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012
IM0135	#Coliformes Termotolerantes (N)- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012
IM0136	#Escherichia coli (N)- Aguas - SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G-2, 22nd Ed. 2012
IM0145	#Bacterias Heterotróficas (R)- SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9215 B, 22nd Ed. 2012
IQ0266	Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012
IQ0272	Cianuro Total en Agua. EPA Method 335.2 600/4-79-020, Revised March 1983
IQ0280	Cloruros en Agua. EPA Method 325.3, Revised March 1983
IQ0293	Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2, Revised March 1983
IQ0305	N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1, Revised March 1983
IQ0306	N- Nitrito en Agua. EPA Method 354.1, Revised March 1983
IQ0317	Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983
IQ0328	Turbidez en Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993
IQ0330	Mercurio Total en Agua. EPA Method 245.7 (Val), Febrero 2005
IQ0333	Metales Totales en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0712	*Silicio Total por ICP-AES en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994.
IQ0845	Uranio Total en Agua. EPA Method 200.8, Revised 5.4. May 1994
IQ0971	Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised March 1983
IQ0975	Amoniaco en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 F, 22nd Ed 2012
IQ1006	* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983
IQ1050	Color. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22nd Ed. Año 2012

Descripciones de ensayos precedidos por un \*\*\* indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el \*\*\* indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

Descripciones de ensayos precedidos por un # indican que los métodos han sido subcontratados.



NSF Envirolab  
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
 POR EL COMITÉ PERUANO DE  
 ACREDITACIÓN NACIONAL CON  
 REGISTRO N° LE-011



Registro N° LE - 011

**Notas de Ensayo:**

N.D.: Significa que el Resultado es No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis.

**Nota(s) del Informe Final:**

pH: Resultado referencial por ser un análisis In Situ.

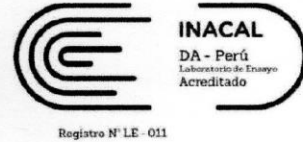


FI20161107103734 J-00231948 pág 4 de 5 El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

## ANEXO 4: PRUEBA DE JARRAS 1



**NSF Envirolab**  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA CON  
REGISTRO N° LE-011



### INFORME FINAL

**Dirección de Entrega:**  
Velasco Valenzuela  
Juan Martin  
Jr. Arequipa 298  
El Tambo-Pq. Don Bosco  
Huancayo - El Tambo  
Junín  
Peru

**Solicitante: C0315636**  
Velasco Valenzuela Juan Martin  
Jr. Arequipa 298  
El Tambo- Pq. Don Bosco  
Huancayo - El Tambo  
JUN  
Peru

Resultado Completo	Fecha de Informe
Procedencia Molinos - Jauja s/n Producto Agua Tipo de Servicio Análisis Informe de Ensayo N° J-00241383 Coordinador de Proyecto Melissa Janeth Simon Fowks	2019-07-15

Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por

Fecha de Emisión 2019-07-15

Enrique Quevedo Bacigalupo  
Jefe de Laboratorio

Quím. Joel Atarama Orejuela  
Supervisor de Físicoquímica  
C.Q.P. N° 923

Tel: (511) 616-5400 Fax: (511) 616-5418 Email: [envirolab@nsf.org](mailto:envirolab@nsf.org) Web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe)

FI20161103134218

J-00241383

pág 1 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

**Información General**

Matriz: Agua  
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 31746 (Jul-806)  
 Muestreado por: Cliente  
 Procedencia: Molinos - Jauja  
 Lugar de Muestreo: Manantial Puncomachay - Prueba 02  
 Referencia: Fuente de Agua de la Ciudad de Jauja

Identificación de Laboratorio: S-0001307932  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 1 - Prueba 2  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-15  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-15 14:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-15		
pH		7,4	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-16		
Alcalinidad Total		372,7	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Arsénico Total		0,031	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Hierro Total		0,015	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307933  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 2 - Prueba 2  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-15  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-15 14:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-15		
pH		7,4	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-16		
Alcalinidad Total		376,8	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Arsénico Total		0,012	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Hierro Total		0,011	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307934  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 3 - Prueba 2  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-15  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-15 14:00

FI20161103134218

J-00241383

pág 2 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

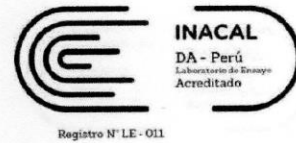
Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-15		
pH		7,3	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-16		
Alcalinidad Total		391,4	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Arsénico Total		0,012	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Hierro Total		0,088	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307935  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 4 - Prueba 2  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-15  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-15 14:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-15		
pH		7,3	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-16		
Alcalinidad Total		368,7	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Arsénico Total		0,012	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Hierro Total		0,156	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307936  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 5 - Prueba 2  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-15  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-15 14:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-15		
pH		7,3	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-16		
Alcalinidad Total		375,4	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Arsénico Total		N.D.(<0,007)	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Hierro Total		0,041	mg/L



**Notas de Ensayo:**

N.D.: Significa que el Resultado es No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis.

Identificación de Laboratorio: S-0001307937  
Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 6 - Prueba 2  
Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-15  
Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-15 14:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-15		
pH		7,3	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-16		
Alcalinidad Total		370,0	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Arsénico Total		N.D.(<0,007)	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-18		
Hierro Total		0,090	mg/L

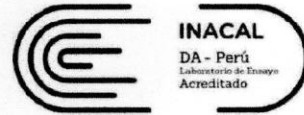
**Notas de Ensayo:**

N.D.: Significa que el Resultado es No Detectable al nivel de cuantificación indicado en el paréntesis.

**Nota(s) del Informe Final:**

pH: Resultado referencial, la medición no fue realizada en el muestreo.

FI20161103134218 J-00241383 pág 4 de 5 El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Registro N° LE - 011

**Ensayos realizados por:**

	<b>Id</b>	<b>Dirección</b>
Ensayos realizados por:	NSF_LIMA_E	NSF Envirolab, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Perú

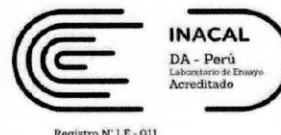
**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

**Referencia Técnica**

IQ0266	Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012
IQ0761	Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0773	Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ1006	* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983

Descripciones de ensayos precedidos por un "\*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "\*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

## ANEXO 5: PRUEBA DE JARRAS 2



**Información General**

Matriz: Agua  
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 31746 (Oct-805)  
 Muestreado por: Cliente  
 Procedencia: Molinos - Jauja  
 Lugar de Muestreo: Manantial Puncomachay - Prueba 01  
 Referencia: Fuente de Agua de la Ciudad de Jauja

Identificación de Laboratorio: S-0001307895  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 01 - Prueba 01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-20  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-20 15:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-20		
pH		7,5	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-23		
Alcalinidad Total		370.0	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Arsénico Total		0,046	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Hierro Total		0,005	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307896  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 02 - Prueba 01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-20  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-20 15:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-20		
pH		7,5	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-23		
Alcalinidad Total		391,4	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Arsénico Total		0,042	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Hierro Total		0,007	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307897  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 03 - Prueba 01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-20  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-20 15:00

FI20161103135719 J-00241382 pág 2 de 5  
 El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-20		
pH		7,5	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-23		
Alcalinidad Total		387,4	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Arsénico Total		0,043	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Hierro Total		0,008	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307898  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 04 - Prueba 01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-20  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-20 15:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-20		
pH		7,5	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-23		
Alcalinidad Total		430,2	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Arsénico Total		0,044	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Hierro Total		0,007	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307900  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 05 - Prueba 01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-20  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-20 15:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-20		
pH		7,4	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-23		
Alcalinidad Total		410,2	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Arsénico Total		0,039	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Hierro Total		0,009	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001307902  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: Agua Tratada - Vaso 06 - Prueba 01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2019-07-20  
 Fecha y hora de Muestreo: 2019-07-20 15:00

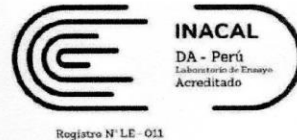
Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2019-07-20		
pH		7,5	
Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012	2019-07-23		
Alcalinidad Total		428,9	mg/L
Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Arsénico Total		0,053	mg/L
Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2019-07-25		
Hierro Total		0,007	mg/L

**Nota(s) del Informe Final:**

pH: Resultado referencial, la medición no fue realizada en el muestreo.



NSF Envirolab  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL INSTITUTO PERUANO DE  
NORMAS TÉCNICAS (INACAL-DA)  
REGISTRO N° LE-011



**Ensayos realizados por:**

Ensayos realizados por:	Id	Dirección
Ensayos realizados por:	NSF_LIMA_E	NSF Envirolab, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Perú

**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

**Referencia Técnica**

IQ0266	Alcalinidad Total en Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed 2012
IQ0761	Arsénico Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ0773	Hierro Total en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994
IQ1006	* pH. EPA Method 150.1 Revised March 1983

Descripciones de ensayos precedidos por un "\*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "\*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

F120161103135719 J-00241382 pág 5 de 5 El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

## ANEXO 6: DOCUMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
JAUJA

### MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAUJA

SEÑOR ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE JAUJA

S.A.

Juan Martín VELASCO VALENZUELA

Identificado con D.N.I. N° 41590994 con N° de RUC \_\_\_\_\_, con domicilio en el Jirón Grau No 665 distrito y provincia de Jauja ante Ud., me presento con el debido respeto y expongo lo siguiente:

Que, Debiendo presentar mi Tesis a la Universidad para optar el Título de Ingeniero Civil para lo cual es requisito contar con un Proyecto, Por lo que Solicito a su Despacho y a su vez al Departamento de Obras de la Municipalidad Provincial de Jauja, sobre mi "PROYECTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DEL ARSENICO".

POR LO EXPUESTO:

Agradeceré a Ud. Señor Alcalde para que el Departamento de Obras del Municipio acceda a mi petición por el bien y el futuro del estudiante universitario y una contribución para nuestra provincia.

Atentamente

**POR LO EXPUESTO:**

*A Ud., suplico dar curso inmediato a mi solicitud.*

*Jauja, 23 de Julio del 2019*

  
FIRMA

3

Para: E. Metales Pesados  
Atención correspondiente  
 Jauja, el día Setiembre 2019  
X. J. Vera  
 DIRECTOR

### SOLICITUD

**SUMILLA:** Solicito reporte de enfermedades gastrointestinales ocasionadas por metales pesados en el Distrito de Molinos

**Dr. Leonardo Vera Aliaga**  
 Señor Director Ejecutivo de la Red de Salud – Jauja

Yo, **JUAN MARTIN VELASCO VALENZUELA** identificado/a con DNI N° 41590994, domiciliado en **JR. GRAU 665 DE LA PROVINCIA DE JAUJA**, con teléfono **MÓVIL N° 947142672**, ante usted me presento y expongo:

Que, por motivos de estudio (TESIS), solicito a su digno despacho me proporcione un reporte, sobre las enfermedades gastrointestinales ocasionadas por metales pesados en el Distrito de Molinos – Jauja, del presente año 2019, para poder adicionar a la investigación que estoy realizando.

Por tal motivo, solicito apoyo a la Red de Salud de Jauja para poder realizar dichos estudios.

Por lo expuesto:

Ruego a usted acceder a lo solicitado

JAUJA, 11 de Setiembre del 2019

DIRECCION REGIONAL DE SALUD JUNIN  
 RED DE SALUD - JAUJA

Expediente N°:  
 Para: Responsable de M. P. de P. S. Molinos  
 Part: Informe de lo solicitado  
 Fecha: 16/09/19  
 Hora:

Juan Martin Velasco Valenzuela  
 DNI N° 41590994

MESA DIRECCION DE SALUD - JUNIN  
 Recibido: 13 SEP 2019  
 Dia: 13 SEP 2019  
 Hora: 3:00

DIRECCION RED DE SALUD JAUJA  
 TRAMITE DOCUMENTAL  
 LEY N° 27803  
 REC. DOC: 03649713 02  
 REC. EXP: 02492830 1109  
 FECHA: 11 SEP 2019 11  
 RECEPTOR: APR  
 OBSERVACIONES:

J. Vera  
 Jefe Unidad Promoción Promocional

SECRETARIA RED-U.P.P.



GOBIERNO REGIONAL JUNÍN  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD JUNIN  
RED DE SALUD JAUJA



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD"

Jauja, 26 de setiembre de 2,019.

**CARTA N°042 -2019-GRJ/DIRESA/RSJA/DE.**

Sr.  
**Juan Martin VELASCO VALENZUELA**  
Jr. Grau N° 665 - Jauja  
**Ciudad.-**

**ASUNTO:** Respuesta a solicitud de reporte de enfermedades gastrointestinales.  
**REF.** : Exp.: 02492830

Me es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y aprovechar la oportunidad para remitir la respuesta ante su solicitud de reporte de enfermedades gastrointestinales ocasionadas por metales pesados en el Distrito de Molinos, por lo cual adjunto el Informe N° 00119-2019-GRJ/DIRESA/RSJA/UPP emitido por el Jefe de la Oficina de Salud Pública el mismo que adjunto al presente.

Es cuanto hago de su conocimiento, quedo de usted.

Atentamente,



C.c.: Archivo.  
DJEQ/FLC/elv.

Reg. Doc.: 03695321  
Reg. Exp.: 02492830

Jr. San Martín N° 1153 – Teléfono 064 – 362007 Anexo 102  
website: redsaludjauja.gob.pe e-mail: utesjauja@gmail.com

I-2 - 00000397 - MOLINOS  
 I-2 - 00000397 - MOLINOS

**MORBILIDAD**  
 MORBILIDAD GENERAL POR GRUPOS SEGÚN GRUPO ETAREO Y SEXO  
 01-ENERO AL 31-AGOSTO 2019

---> Edad Según ETAPAS DE VIDA / Ambito : TODOS LOS EE.SS ;

Código	MORBILIDAD	Sexo	TOTAL	0-11A	12-17A	18-29A	30-59A	60A+
	TOTAL GENERAL ...	T	1,021	316	65	129	325	186
		M	405	184	26	31	73	91
		F	616	132	39	98	252	95
1001	INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES (J00 - J06)	T	325	167	23	33	71	31
		M	153	97	10	11	19	16
		F	172	70	13	22	52	15
1101	ENFERMEDADES DE LA CAVIDAD BUCAL, DE LAS GLANDULAS SALIVALES Y DE LOS MAXILARES (K00 -	T	127	39	12	25	44	7
		M	55	26	7	8	12	2
		F	72	13	5	17	32	5
407	OBESIDAD Y OTROS DE HIPERALIMENTACION (E65 - E68)	T	89	-	1	21	51	16
		M	12	-	-	2	7	3
		F	77	-	1	19	44	13
101	ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES (A00 - A09)	T	55	30	2	2	8	13
		M	25	15	-	1	3	6
		F	30	15	2	1	5	7
1303	DORSOPATIAS (M40 - M54)	T	37	1	3	5	17	11
		M	13	1	1	1	4	6
		F	24	-	2	4	13	5
1102	ENFERMEDADES DEL ESOFAGO, DEL ESTOMAGO Y DEL DUODENO(K20 - K31)	T	35	1	3	1	14	16
		M	17	1	-	-	4	12
		F	18	-	3	1	10	4
105	INFECCIONES C/MODO DE TRANSMISION PREDOMINANTEMENTE SEXUAL (A50 - A64)	T	31	-	-	10	21	-
		M	1	-	-	1	-	-
		F	30	-	-	9	21	-
1301	ARTROPATIAS (M00 - M25)	T	24	-	2	1	4	17
		M	7	-	1	-	2	4
		F	17	-	1	1	2	13
1802	SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN EL SISTEMA DIGESTIVO Y EL ABDOMEN (R10 - R19)	T	24	4	4	2	8	6
		M	10	1	-	-	3	6
		F	14	3	4	2	5	-
710	ALTERACIONES DE LA VISION Y CEGUERA (H53 - H54)	T	19	1	-	-	-	18
		M	12	1	-	-	-	11
		F	7	-	-	-	-	7
606	TRASTORNOS EPISODICOS Y PAROXISTICOS (G40 - G47)	T	17	1	1	3	3	9
		M	8	1	1	-	-	6
		F	9	-	-	3	3	3
1105	ENTERITIS Y COLITIS NO INFECCIOSAS (K50 - K52)	T	17	8	-	-	4	5
		M	7	5	-	-	-	2
		F	10	3	-	-	4	3

1304	TRASTORNOS DE LOS TEJIDOS BLANDOS (M60 - M79)	T	17	-	-	6	7	4
		M	4	-	-	2	1	1
		F	13	-	-	4	6	3
1406	OTRAS ENFERMEDADES DEL SISTEMA URINARIO (N30 - N39)	T	17	-	1	3	12	1
		M	1	-	-	-	1	-
		F	16	-	1	3	11	1
117	HELMINTIASIS (B65 - B83)	T	16	16	-	-	-	-
		M	11	11	-	-	-	-
		F	5	5	-	-	-	-
301	ANEMIAS NUTRICIONALES (D50 - D53)	T	16	13	-	1	2	-
		M	7	7	-	-	-	-
		F	9	6	-	1	2	-
1806	SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN EL CONOCIMIENTO,PERCEPCION,ESTADO EMOCIONAL Y LA C	T	13	-	-	-	9	4
		M	5	-	-	-	2	3
		F	8	-	-	-	7	1
1907	TRAUMATISMOS DE LA MU?ECA Y DE LA MANO ( S60 - S69)	T	10	1	-	3	6	-
		M	3	-	-	1	2	-
		F	7	1	-	2	4	-
1808	SINTOMAS Y SIGNOS GENERALES (R50 - R69)	T	9	2	-	2	3	2
		M	4	2	-	-	1	1
		F	5	-	-	2	2	1
1901	TRAUMATISMOS DE LA CABEZA (S00 - S09)	T	8	3	-	1	2	2
		M	5	2	-	1	1	1
		F	3	1	-	-	1	1
1903	TRAUMATISMOS DEL TORAX (S20 - S29)	T	8	-	2	-	5	1
		M	4	-	1	-	2	1
		F	4	-	1	-	3	-
405	DESNUTRICION (E40 - E46)	T	7	4	-	-	-	3
		M	2	2	-	-	-	-
		F	5	2	-	-	-	3
1205	URTICARIA Y ERITEMA (L50 - L54)	T	7	-	3	-	3	1
		M	2	-	2	-	-	-
		F	5	-	1	-	3	1
1910	TRAUMATISMOS DEL TOBILLO Y DEL. PIE (S90 - S99)	T	7	-	2	1	2	2
		M	1	-	-	1	-	-
		F	6	-	2	-	2	2
408	TRASTORNOS METABOLICOS (E70 - E90)	T	6	-	-	-	4	2
		M	2	-	-	-	-	2
		F	4	-	-	-	4	-
1909	TRAUMATISMOS DE LA RODILLA Y DE LA PIERNA (S80 - S89)	T	6	1	-	-	4	1
		M	5	1	-	-	3	1
		F	1	-	-	-	1	-
1003	OTRAS INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES (J20 - J22)	T	5	-	-	1	2	2
		M	2	-	-	-	-	2
		F	3	-	-	1	2	-
1203	DERMATITIS Y ECZEMA (L20 - L30)	T	5	4	-	-	-	1
		M	2	2	-	-	-	-
		F	3	2	-	-	-	1



1410	TRASTORNOS NO INFLAMATORIOS DE LOS ORGANOS GENITALES FEMENINOS (N80 - N98)	T	5	-	-	2	2	1
		M	-	-	-	-	-	-
1508	OTRAS AFECCIONES OBSTETRICAS NO CLASIFICADAS EN OTRA PARTE (O94 - O99)	F	5	-	-	2	2	1
		T	5	-	-	1	4	-
		M	-	-	-	-	-	-
1801	SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN LOS SISTEMAS CIRCULATORIO Y RESPIRATORIO (R00 - R09)	F	5	-	-	1	4	-
		T	5	2	-	-	-	3
		M	2	-	-	-	-	2
1908	TRAUMATISMOS DE LA CADERA Y DEL MUSLO (S70 - S79)	F	3	2	-	-	-	1
		T	5	-	1	-	3	1
		M	3	-	1	-	2	-
802	ENFERMEDADES DEL OIDO MEDIO Y DE LA MASTOIDES (H65 - H75)	F	2	-	-	-	1	1
		T	4	4	-	-	-	-
		M	2	2	-	-	-	-
1904	TRAUMATISMOS DEL ABDOMEN, DE LA REGION LUMBOSACRA, DE LA COLUMNA LUMBAR Y DE LA PIEL	F	2	2	-	-	-	-
		T	3	-	1	1	1	-
		M	1	-	-	1	-	-
115	MICOSIS (B35 - B49)	F	2	-	1	-	1	-
		T	2	1	-	-	1	-
		M	1	-	-	-	1	-
505	TRASTORNOS NEUROTICOS, TRASTORNOS RELACIONADOS CON EL ESTRES Y TRASTORNOS SOMATOM	F	1	1	-	-	-	-
		T	2	2	-	-	-	-
		M	1	1	-	-	-	-
510	TRASTORNOS EMOCIONALES Y DEL COMPORTAMIENTO APARECEN HABITUAL EN NIÑEZ Y EN ADOLE	F	1	1	-	-	-	-
		T	2	1	1	-	-	-
		M	1	1	-	-	-	-
701	TRASTORNOS DEL PARPADO, APARATO LAGRIMAL Y ORBITA (H00 - H06)	F	1	-	1	-	-	-
		T	2	1	-	-	1	-
		M	1	-	-	-	1	-
1005	ENFERMEDADES CRONICAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES (J40 - J47)	F	1	1	-	-	-	-
		T	2	1	-	-	1	-
		M	1	1	-	-	-	-
1106	OTRAS ENFERMEDADES DE LOS INTESTINOS (K55 - K63)	F	1	-	-	-	1	-
		T	2	1	-	-	-	1
		M	2	1	-	-	-	1
1201	INFECCIONES DE LA PIEL Y DEL TEJIDO SUBCUTANEO (L00 - L08)	F	-	-	-	-	-	-
		T	2	-	-	-	2	-
		M	2	-	-	-	2	-
1305	OSTEOPATIAS Y CONDROPATIAS (M80 - M94)	F	-	-	-	-	-	-
		T	2	2	-	-	-	-
		M	1	1	-	-	-	-
1409	ENFERMEDADES INFLAMATORIAS DE LOS ORGANOS PELVICOS FEMENINOS (N70 - N77)	F	1	1	-	-	-	-
		T	2	-	-	-	2	-
		M	-	-	-	-	-	-
1905	TRAUMATISMOS DEL HOMBRO Y DEL BRAZO (S40 - S49)	F	2	-	-	-	2	-
		T	2	-	1	1	-	-
		M	2	-	1	1	-	-
		F	-	-	-	-	-	-

111	INFECCIONES VIRALES POR LESIONES DE LA PIEL Y DE LAS MEMBRANAS MUCOSAS (B00 - B09)	T	1	1	-	-	-	-
		M	1	1	-	-	-	-
		F	-	-	-	-	-	-
118	PEDICULOSIS, ACARIASIS Y OTRAS INFESTACIONES (B85 - B89)	T	1	-	-	-	1	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	-	1	-
511	TRASTORNOS MENTAL NO ESPECIFICADO (F99)	T	1	-	-	1	-	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	1	-	-
702	TRASTORNOS DE LA CONJUNTIVA (H10 - H13)	T	1	-	-	-	-	1
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	-	-	1
903	ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS (I10 - I15)	T	1	-	-	-	-	1
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	-	-	1
1002	INFLUENZA (GRIPE) Y NEUMONIA (J09 - J18)	T	1	-	-	-	-	1
		M	1	-	-	-	-	1
		F	-	-	-	-	-	-
1004	OTRAS ENFERMEDADES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES (J30 - J39)	T	1	-	1	-	-	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	1	-	-	-
1207	TRASTORNOS DE LAS FANERAS (L60 - L75)	T	1	-	1	-	-	-
		M	1	-	1	-	-	-
		F	-	-	-	-	-	-
1503	OTROS TRASTORNOS MATERNOS RELACIONADOS PRINCIPALMENTE CON EL EMBARAZO (O20 - O29)	T	1	-	-	-	1	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	-	1	-
1606	TRASTORNOS HEMORRAGICOS Y HEMATOLOGICOS DEL FETO Y DEL RECIEN NACIDO (P50 - P61)	T	1	1	-	-	-	-
		M	1	1	-	-	-	-
		F	-	-	-	-	-	-
1705	FISURA DEL PALADAR Y LABIO LEPORICO (Q35 - Q37)	T	1	1	-	-	-	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	1	-	-	-	-
1709	MALFORMACIONES Y DEFORMIDADES CONGENITAS DEL SISTEMA OSTEOMUSCULAR (Q65 - Q79)	T	1	1	-	-	-	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	1	-	-	-	-
1804	SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN LOS SISTEMAS NERVIOSOS Y OSTEOMUSCULAR (R25 - R29)	T	1	-	-	1	-	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	1	-	-
1809	HALLAZGOS ANORMALES EN EL EXAMEN DE SANGRE, SIN DIAGNOSTICO (R70 - R79)	T	1	-	-	-	-	1
		M	1	-	-	-	-	1
		F	-	-	-	-	-	-
1906	TRAUMATISMOS DEL ANTEBRAZO Y DEL CODO (S50 - S59)	T	1	-	-	-	-	1
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	-	-	-	-	1
1912	TRAUMATISMOS DE PARTE NO ESPECIFICADA DEL TRONCO, MIEMBRO O REGION DEL CUERPO (T08 -	T	1	1	-	-	-	-
		M	-	-	-	-	-	-
		F	1	1	-	-	-	-

## ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO

### PRUEBA DE JARRAS



Figura 5. Ensayo de prueba de jarras en el laboratorio de NSF Envirolab



Figura 6. Ensayo de Prueba de Jarras - En el laboratorio NSF Envirolab

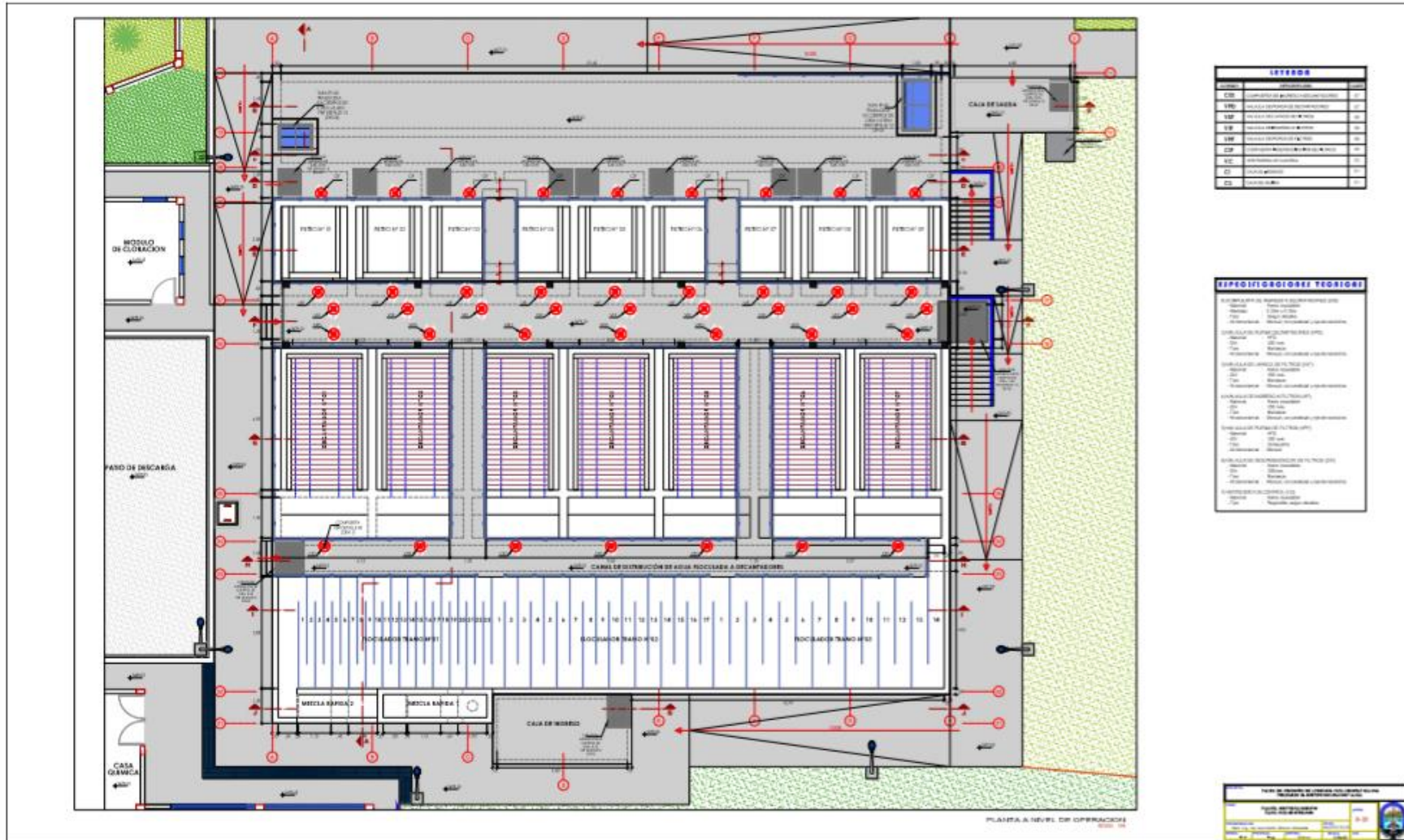


**Figura 7.** Ensayo de Prueba de Jarras - En el laboratorio NSF Envirolab

## ANEXO 8: PLANOS

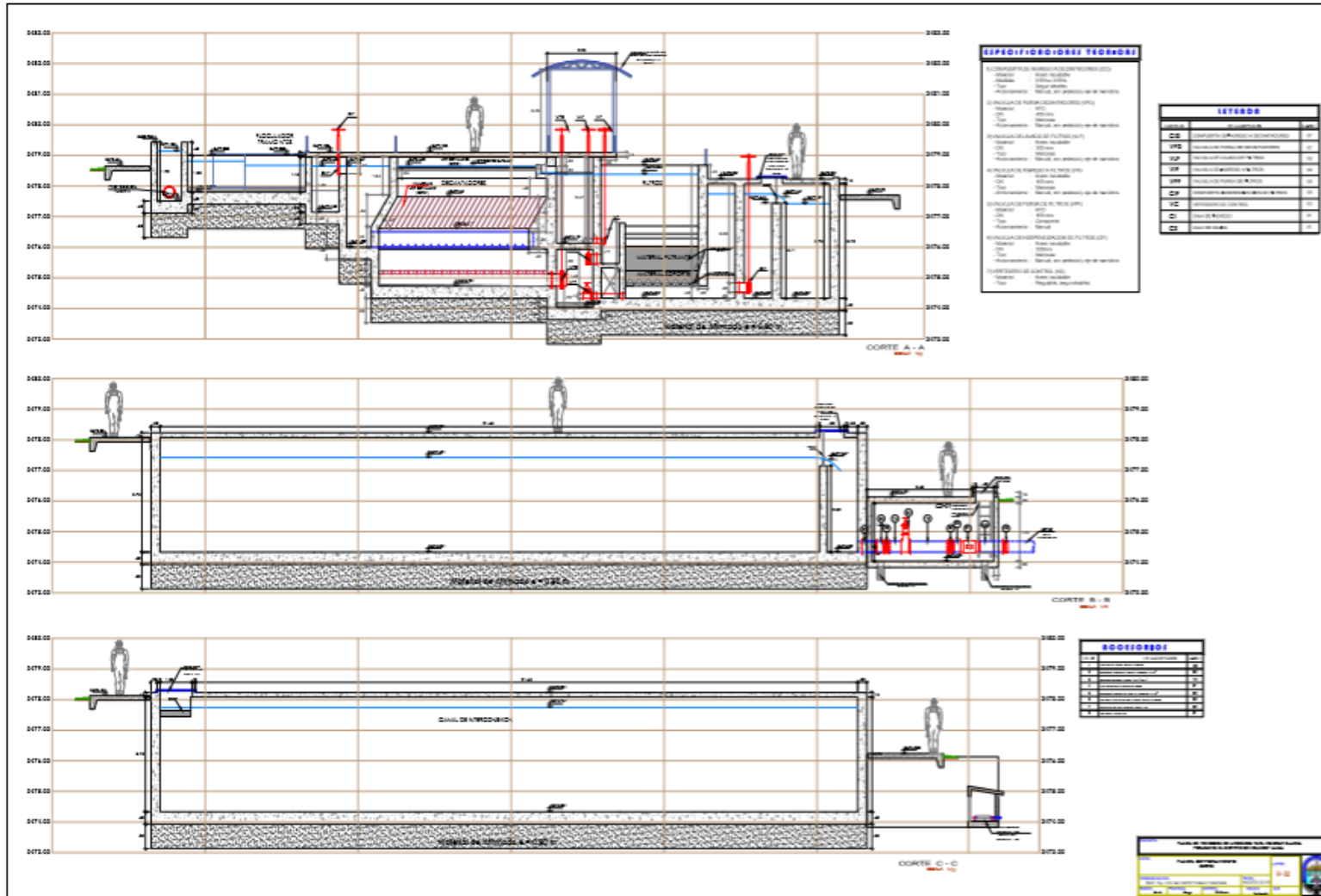
PLANO H-01	Planta de tratamiento, planta nivel de operación
PLANO H-02	Cortes
PLANO H-03	Cortes
PLANO H-04	Cortes

# PLANO H-01: Planta de tratamiento, planta nivel de operación



\\test\planos.dwg, 28/10/2019 20:17:58, AutoCAD PDF (General Documentation).pc3

# PLANO H-02: Cortes



# PLANO H-03: Cortes







