

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Diseño de un biofiltro de mucílago de tuna (*Opuntia Ficus- Indica*) para remover arsénico.

Tesis para obtener título profesional de ingeniero civil

Autor

Gil Lozano, Percy Junior

Asesor:

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2018

Índice General

Contenido

Título	i
Palabras clave - key words – Línea de investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I). Introducción	1
II). Metodología	52
III). Resultados	61
IV). Análisis y discusión	75
V). Conclusiones y Recomendaciones	79
VI). Agradecimientos	81
VII). Referencias bibliográficas	82
VIII). Anexos y apéndices	84

Lista de Tablas

Tabla 1. Distribución y contenido de minerales en varias partes de Opuntia Ficus- Indica Los minerales son expresados como mg/100gr.	17
Tabla 2. Azúcares composición de masa (%) de GE y NE	24
Tabla 3. Consecuencias del consumo de agua con arsénico en exceso.	28
Tabla 4. Coagulación / Floculación	36
Tabla 5. Teorías de la doble capa eléctrica	42
Tabla 6. Variable Dependiente	47
Tabla 7. Variable Independiente	49
Tabla 8. Resultados de los parámetros hidráulicos para el dimensionamiento del biofiltro, ver plano hidráulico y estructural	61
Tabla 9. Resultados de las medidas y escala del biofiltro prototipo	61
Tabla 10. Resultados del análisis de composición química por medio de fluorescencia de rayos x	62
Tabla 11. Resultados del análisis de ph del mucílago de tuna a diferentes temperaturas	64
Tabla 12. Resultados del análisis de turbidez (unt) de la muestra patrón y muestras experimentales con diferentes dosis y temperaturas de activación	65
Tabla 13. Resultados del análisis de ph de la muestra patrón y muestras experimentales con diferentes dosis y temperaturas de activación	67
Tabla 14. Resultados de la determinación cuantitativa de arsénico (ppm as) disuelto en las muestras de agua	69
Tabla 15. Cantidad de arsénico (ppm) de las muestras de agua antes y después del tratamiento en relación al LMP del ECA	71

Tabla 16. Porcentaje de arsénico (ppm) disuelto en las muestras de agua	71
Tabla 17. Arsénico del agua del según dosificaciones de mucilago de tuna en diferentes momentos. Rio Huandoval – C.P. Sacaycacha	73
Tabla 18. Remoción de arsénico en las muestras de agua de rio Huandoval con adición de mucilago de tuna.	73
Tabla 19. Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de cantidad de arsénico en las muestras de agua y del efecto de las temperaturas.	74

Lista de Figuras

Figura N° 01: Esquema isométrico de un filtro dinámico (Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)	16
Figura 2. Esquema isométrico de un filtro grueso en capas (Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)	17
Figura 3. Esquema isométrico de un filtro grueso en serie (Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)	17
Figura 4. Esquema isométrico de un filtro lento (Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)	18
Figura 5. Arquitectura de planta adulta mostrando las pencas o cladodios que forman el tallo y dan origen a los frutos. Fuente (Cultivo de Tuna- Gerencia Regional de La Libertad, 2012)	40
Figura 6. Antropología de Opuntia Ficus Indica. Fuente: La baba y el mucílago de nopal, una alternativa natural para la conservación de acabados arquitectónicos de tierra.	43
Figura 7. Principales elementos inorgánicos en extractos de mucílago cactus	50
Figura 8. Pobladora de Bangladesh con enfermedad a la piel debido al consumo de agua con arsénico.	54

Figura 9. Cantidad estándar de arsénico en agua potable según la ECA – 2008	57
Figura 10. Interacción de partículas coloidales por medio del coagulante	62
Figura 11. Configuración esquemática de la doble capa eléctrica.	69
Figura 12. Modelo de la doble capa difusa de Stern-Gouy.	70
Figura 13. Arsénico en el Río Huandoval en época de estiaje y lluvia	72

**DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE
TUNA (*OPUNTIA FICUS – INDICA*) PARA
REMOVER ARSÉNICO**

PALABRAS CLAVE:

Tema	DISEÑO DE BIOFILTRO
Especialidad	Hidráulica

KEY WORDS:

Topic	BIOFILTER DESIGN
Speciality	Hydraulics

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Código	Línea
1	Ingeniería
2	Ingeniería y Tecnología
2.1	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

TÍTULO

Diseño de un biofiltro mucílago de tuna (*Opuntia Ficus- Indica*) para remover arsénico

RESUMEN

La investigación tuvo como propósito determinar el efecto del uso de coagulante – floculante natural de mucílago de tuna en la disminución del arsénico en aguas del Río Huandoval del C.P. Sacaycacha mediante un biofiltro que incluye un motor adaptado para 50 y 100 rpm que giran como equipo de prueba de jarras, para luego almacenarlo en un tanque cisterna.

El sistema de biofiltro comienza con una captación, la cual es conectada hacia el biofiltro, que al llenarse comienza a funcionar primeramente con 100 rpm, luego 50 rpm y finalmente 15 minutos de reposo, para así evacuar el agua al tanque cisterna que va a abastecer al C.P. Sacaycacha.

El mucílago de tuna activado térmicamente con baño María a 80°C, 100°C y cocina tiene propiedades químicas como el calcio para desarrollar la coagulación, floculación y sedimentación por medio de la adsorción, al retener en su superficie a los átomos de As disueltos en el agua, y formar flóculos que caen por gravedad, formando una capa de barro en el fondo del biofiltro. Existe una caída en el fondo que llega a un caño, para así eliminar el barro por ese orificio al momento del lavado de mantenimiento.

Para poder demostrar que el mucílago de tuna del biofiltro puede adsorber el arsénico se realizaron pruebas de las muestras obtenidas del agua que abastece al C.P. Sacaycacha y del mismo modo del agua tratada por el Biofiltro utilizando un equipo de Espectrofotometría en el Laboratorio LABICER en la ciudad de Lima, obteniendo resultados positivos entre un 50 a 75% de remoción según las dosis y activaciones térmicas.

Abstract

The purpose of the research was to determine the effect of the use of coagulant - natural flocculant of tuna mucilage in the arsenic decrease in waters of the Huandoval River of the C.P. Sacaycacha using a biofilter that includes a motor adapted for 50 and 100 rpm that rotate as a test equipment for jars, and then store it in a tank.

The biofilter system begins with a catchment, which is connected to the biofilter, which when filled begins to work first with 100 rpm, then 50 rpm and finally 15 minutes of rest, in order to evacuate the water to the tank that will supply to CP Sacaycacha

The mucilage of tuna thermally activated with a water bath at 80 ° C, 100 ° C and cooking has chemical properties such as calcium to develop coagulation, flocculation and sedimentation by means of adsorption, by retaining the dissolved As atoms on its surface in the water, and form flocs that fall by gravity, forming a layer of mud at the bottom of the biofilter. There is a drop in the bottom that reaches a pipe, thus removing the mud by that hole at the time of maintenance washing.

In order to demonstrate that the tuna mucilage of the biofilter can adsorb arsenic, tests were carried out on the samples obtained from the water supplied to the CP Sacaycacha and in the same way of the water treated by the Biofilter using a Spectrophotometry equipment in the LABICER Laboratory in the city of Lima, obtaining positive results between 50 to 75% of removal according to the doses and thermal activations.

I.) INTRODUCCIÓN

Esta investigación presenta el modo de actuar del mucílago de tuna (*Opuntia Ficus- Indica*) mediante un biofiltro diseñado según la población en agua de Río Huandoval, el cual se encuentra contaminado con arsénico y altos niveles de turbiedad.

El agua es el recurso natural más importante de nuestro planeta, el cual puede darnos una mejor calidad de vida o hacernos daños mortales, esto debido a que su contaminación por metales u otros componentes causan enfermedades capaces de causar la muerte con tal solo consumirla sin algún tratamiento de potabilización previo.

Surgen muchas incógnitas para este tema, debido a que es novedoso y pionero, una de ellas es descubrir la dosis de mucílago de tuna más adecuada para que actúe bien no sólo en la turbidez sino también en la disminución de arsénico, otra incógnita es el modo de activación térmica en un determinado tiempo, se puede activar de diferentes formas, en esta investigación se activó mediante horno a 80 y 100°C, y cocina.

El arsénico tiene propiedades negativas que cuando se encuentran en el agua y son consumidas superando el límite permisible de la ECA, esto causa enfermedades a la piel, dolores en el cuerpo, malestar e incluso puede causar cáncer, es por ello que se centra en la necesidad de la población que consume directamente dicha agua sin algún tratamiento previo, sería una gran satisfacción poder utilizar el mucílago de tuna como biocoagulante y biofloculador natural de turbidez y arsénico a la misma vez.

Young A. (2006), de la Universidad del Sur de Florida en su tesis: “El Mucilago de Opuntia Ficus Indica: Una Tecnología de Tratamiento de Agua Natural, Sostenible y Viable para Uso en México Rural para Reducir la Turbidez y la Contaminación por Arsénico en Agua Potable”, en donde se investigó la capacidad de adsorción del mucílago de tuna en proporciones con etanol de manera sólida y líquida. Esta investigación analiza el intercambio iónico y catiónico que existe entre el mucílago de tuna y el arsénico utilizando NE (No Gelificante) y GE(Gelificante).

Se Encontró Un 31% De Eliminación De Sistema Que Contenía Altos Niveles De Arsénico (10 Mg/L) Y Dosificado Con Altas Concentraciones De GE (65 Mg/L).

Fox D. (2011) – separó el sólido GE y líquido NE mediante proceso químico para ver la efectividad de remoción de arsénico V, dado que es fácilmente de remover y concluyó que existe aumento promedio de 14% de arsénico en la interfase aire- agua con GE y 9% en la interfase aire- agua de NE, la cantidad fue de 50 mg/L.

Pero Thomas et al (2015) utilizó relaciones de volumen de 30:70, 50:50, 30:70 de nanofibras de mucílago de tuna con alcohol polivinílico y poliestireno, en 0,5 gr de pre lavado de arena y 0.01 gr de membranas de PVA y PS. Se utilizó el proceso de Electrospinning y obtuvo una remoción de 9.26% utilizando la relación de volumen de 70:30, Un promedio de 18.93% se removió utilizando la relación de volumen de 70:30.

Hasta que X. Vecino (2016) investigó la combinación de alginato de sodio y mucílago de tuna para remover el arsénico por adsorción.

Su objetivo principal fue desarrollar una nueva base adsorbente ecológica y de bajo costo al combinar a mucílago de cactus con alginato de calcio y cloruro de calcio. Este método fue capaz de eliminar hasta el 63% de arsénico del agua donde

la dosis fue 1,25 mg L⁻¹ de mucílago gelificante, alginato sódico y 0,075 mol L⁻¹ formando biofiltros.

Recientemente Gil P. (2017) tuvo como objetivo remover el arsénico disuelto en el agua dulce superficial del C.P. Sacaycacha usando dosis de mucílago de tuna activados a 80°C, para utilizarlas en una mezcla rápida mediante la prueba de jarras con 100 rpm en 2 minutos, 50 rpm en 15 minutos y reposo de 15 minutos, llegando a la conclusión de que la cantidad de arsénico disuelto antes del tratamiento es de 0.0257, que sobrepasan el máximo permisible para ECA (0.01 mg/L) y después de tratamiento es de 0.010 respectivamente. En la cual se concluyó que la cantidad de arsénico disminuyó a un 76.78%. También sostiene que el PH del mucílago de tuna sin activar térmicamente es 4.89

El proceso de preparación resulta sencillo, el mecanismo es absolutamente natural, además el sulfato de aluminio es uno de los coagulantes químicos más utilizados para la clarificación del agua. Sin embargo, se considera una amenaza para la salud humana. Es por eso que se ha motivado el estudio de coagulantes naturales obtenidos de especies vegetales, como el mucílago de Tuna (“Opuntia Ficus- Indica”), como alternativa para sustituir o minimizar el uso de sulfato de aluminio. Debido a su gran versatilidad y su poder antiséptico. Queremos capacitar a los moradores de Sacaycacha para que aprendan y utilicen un proceso de remoción de arsénico natural a través del mucílago de Opuntia Ficus- Indica.

Esta investigación tiene por finalidad realizar el diseño hidráulico y estructural de un Biofiltro de Mucílago de tuna, debido a que el C.P. Sacaycacha cuenta con un sistema de agua en el que solo se sedimentan los sólidos suspendidos y no tiene ningún tipo de tratamiento ante los contaminantes. Para ello se realizó uso de un prototipo, el cual permitió probar que se puede realizar la adsorción de arsénico del agua, con la opción de que opten por el uso de estos biomateriales ya que es un método innovador y a muy bajo costo.

La planta de tuna es producida en la costa, sierra y selva del Perú, el C.P. Sacaycacha cultiva árboles de guayaba para comercializar sus frutos. No tiene un uso en específico, dado que el mucílago de penca de tuna es desechable, el cual nos permitirá probar que se puede realizar la biocoagulación y biofloculación de arsénico del agua, con la opción de que opten por el uso de estos biomateriales.

Finalmente este biofiltro puede ser de mucha ayuda, sobre todo para poblaciones de bajos recursos económicos como es el caso del C.P. Sacaycacha, debido a que los filtros que utilizan sustancias químicas para eliminar arsénico como el carbón activado son demasiado costosos.

El Río Huandoval transporta arsénico hacia el Río Santa, y así como existen poblaciones que se abastecen con el agua del Río Huandoval, también la población que consume agua del Río Santa está expuesta a consumir cierta cantidad de arsénico al beber agua de dicho río, debido a que no existe tratamiento previo.

La participación de la dirección de gestión de la calidad de recursos hídricos (DGCRH), la autoridad nacional del agua (ANA) llevó a cabo el monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Santa con la finalidad de evaluar su estado actual. Se registró que el agua del río Santa y afluentes está contaminada por metales los cuales si incrementan debido a la presencia de pasivos mineros y ríos tributarios que confluyen en el río santa modificando sus características, pudiendo variar aumentando o disminuyendo la cantidad de arsénico.

El motivo del interés por obtener soluciones de remoción de arsénico económicas, es por la falta de tratamiento de agua en el C.P. Sacaycacha, estos pobladores consumen el agua directamente y no conocen el riesgo de consumir dicha agua, de igual manera, no existen investigaciones en este rubro en dicha zona, por ello se quiere incentivar a seguir con nuevos descubrimientos y soluciones para mejorar la calidad de agua.

A nivel internacional

Al analizar a nivel mundial el consumo de agua, esta es potabilizada y tratada con el fin de tener una calidad de agua mejorada.

Algunos investigadores encontraron que el mucílago de tuna tiene probabilidades de remoción directa de arsénico.

Esto brindaría satisfacción global, la cual cada vez está preocupada por el agua.

A nivel nacional

Al analizar la problemática que existe en el tratamiento para la remoción de arsénico, observamos que existen muchas deficiencias debido a que existen empresas mineras y terrenos con arsénico que fluyen hacia el Rìo; existe un solo lugar en Perú, específicamente en Arequipa, el cual se encarga de remover arsénico con elementos químicos.

Se ha comprobado en nuestro país que el mucílago de tuna da buenos resultados para la purificación, coagulación y floculación del agua contaminada.

A nivel local

Partimos nuestra investigación buscando innovar un nuevo conocimiento y dosis precisa, debido a que en nuestra región no se fomentan estos métodos, según estudios realizados en nuestra zona se comprueba que el Rìo Huandoval y la mayoría de sus afluentes contienen arsénico en sus aguas, y la población la sigue consumiendo.

Para efecto se plantea el siguiente problema:

¿De qué manera se puede mejorar la calidad de agua del C.P. Sacaycacha diseñando un biofiltro mucílago de tuna?

Según Villén, L. (2011) Los biofiltros están pensados para trabajar en continuo y así evitar que los microorganismos mueran por falta del sustrato que los alimenta. Si se detiene el funcionamiento, deja de entrar sustrato en forma de COV y la colonia de microorganismos se reduce hasta morir. Por tanto, si se debe parar el proceso, se hará por un espacio corto de tiempo.

Clasificación de los Biofiltros:

Según Ambrosio; Tejero, (2000) los filtros biológicos se clasifican por las cargas orgánicas o hidráulicas aplicadas.

Las categorías en las que se dividen son de carga baja o normal, de carga media, de alta o muy alta carga, y de desbaste. A menudo se emplean sistemas de filtro de dos etapas en los que se conectan en serie dos filtros.

Filtro dinámico:

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009) consiste en introducir el agua por piedras de diferentes tamaños, las cuales cumplen con la tarea de barrer con las materias gruesas que trae el agua.

Los filtros dinámicos son tanques que contienen una capa delgada de grava fina (6 a 13 mm) en la superficie, sobre un lecho de grava más grueso (13 – 25 mm) y un sistema de drenaje en el fondo.

Esta unidad es utilizada para reducir los extremos de los picos de turbiedad y proteger de esta manera la planta de tratamiento ante altas cargas de sólidos transportadas por la fuente durante unas pocas horas.

Cuando la fuente transporta valores elevados de sólidos fácilmente sedimentables estos se depositan en la superficie del lecho de grava, colmatándolo rápidamente y restringiendo parcial o totalmente el paso de agua.

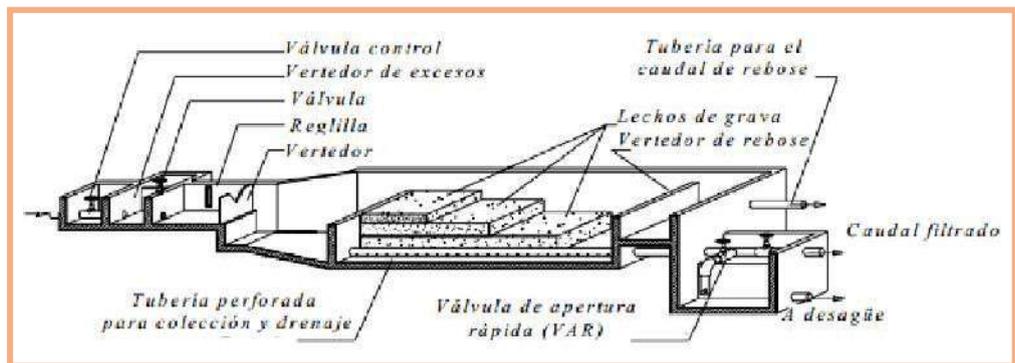


Figura N° 01: Esquema isométrico de un filtro dinámico (*Fuente:* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)

Filtro Grueso:

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009) para la purificación del agua es la filtración gruesa y consiste en colar el agua a través de piedras de diferentes tamaños, las cuales se retienen todavía más partículas.

Los filtros gruesos de grava pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un comportamiento principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de la grava disminuye con la dirección del flujo

Para el caso de un filtro de flujo ascendente se tienen un sistema de tuberías, ubicado en el fondo de la estructura, permite distribuir el flujo de agua en forma uniforme dentro del filtro.

Conforme funciona el filtro, los espacios vacíos se van colmatando con las partículas retenidas del agua, por lo cual se requiere una limpieza semanal controlada mediante las válvulas de apertura a la salida de la unidad.

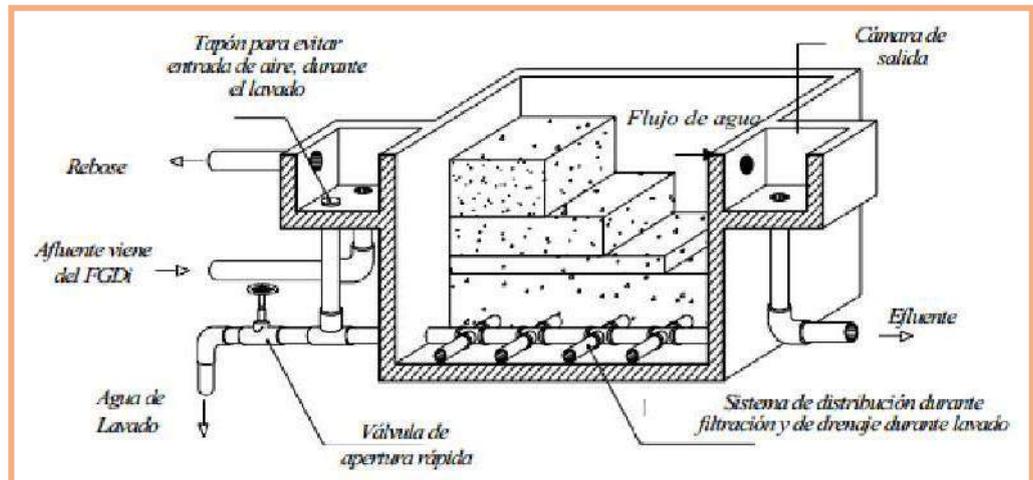


Figura N° 02: Esquema isométrico de un filtro grueso en capas (*Fuente:* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)

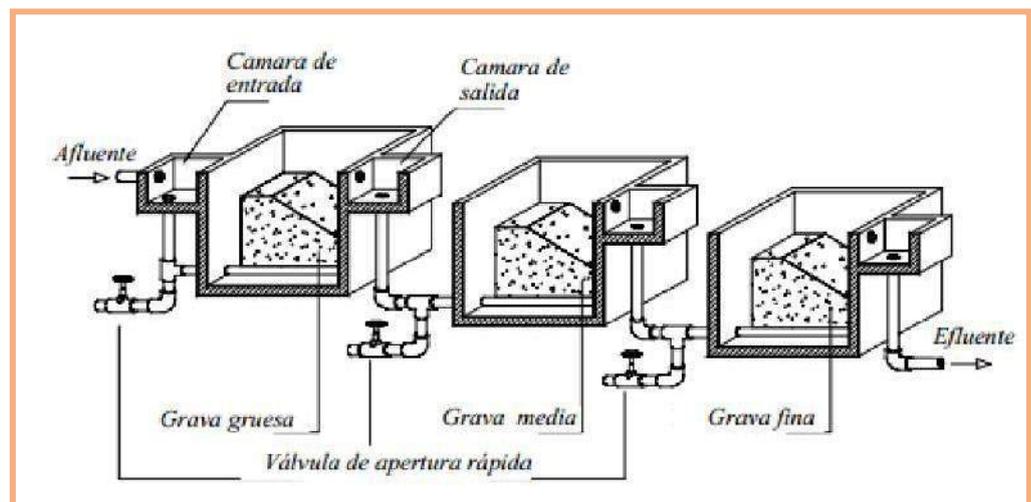


Figura N° 03: Esquema isométrico de un filtro grueso en serie (*Fuente:* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)

Filtro Lento:

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009) el agua se introduce en un cajón que contiene esta arena y es sometido por una piedra fina dentro de la cual unos tubos recolectan el líquido.

El tratamiento del agua es una unidad de filtración lenta en arena es el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para mejorar la calidad microbiológica del agua.

Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es descendente con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada y preferiblemente al ingreso del tanque.

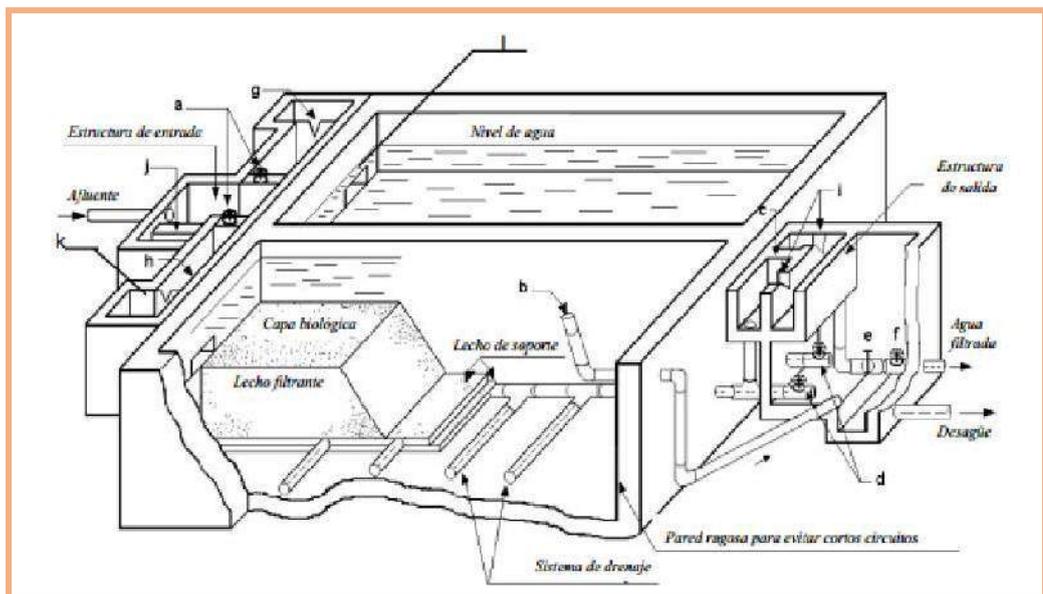


Figura N° 04: Esquema isométrico de un filtro lento (*Fuente:* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009)

Consideraciones generales Estudio de campo

Análisis detallado de las características de la zona de estudio. Se considera el análisis de fuentes, de calidad de agua, análisis de vulnerabilidad y riesgo, estudio de suelos, clima y entre otros.

La fuente

El agua que ingresa al sistema es de tipo superficial, proviene de una acequia derivado del Rio Huandoval. Por lo cual el sistema cuenta con una manguera para captar el agua de dicha acequia y se almacene en un tanque de concreto, y así llegar mediante otra manguera a un caño y un tanque cisterna prefabricado. Caudales, la demanda de agua poblacional, el estado que presenta el agua.

Calidad de agua

Por ser un sistema existente carece de un tratamiento de agua por la cual el agua ha presentado contaminantes disueltos (Arsénico) ya que el flujo de agua arrastra contaminantes de pasivos mineros, botaderos residuales, ríos tributarios y también por los usos agrícolas de los mismos pobladores usando fertilizantes químicos, Pesticidas, bactericidas, herbicidas, etc. los cuales tienen presencia de fósforo en su composición, se debe tener en cuenta básicamente los parámetros según Estándares de Calidad de Agua (ECA).

Captación del agua

La forma más simple de captar el agua es a través de una tubería por la cual ingresa a un sistema que cuenta con una captación, una poza de sedimentación, y la poza de almacenamiento para una posterior distribución.

Población

Según una encuesta realizada a los pobladores del C.P. Sacaycacha, la gran mayoría de ellos son campesinos, los cuales ejercen día a día sus labores en el

campo y se encuentran muy insatisfechos por el estado de contaminación (arsénico) del agua. Por lo tanto se tiene una alternativa de solución de proponer el diseño de un biofiltro en el sistema de abastecimiento de agua.

Análisis de riesgo y vulnerabilidad

Las instalaciones de tratamiento tienen que ser diseñadas bajo un análisis de riesgo y vulnerabilidad ante situaciones de desastres naturales y/o condiciones del entorno local a fin de proteger la infraestructura y el servicio de agua a la población.

Análisis de riesgo

Los diseños deben contemplar los riesgos que conllevan las amenazas más frecuentes de fenómenos naturales y otros predominantes en la zona: lluvias, sequías, sismos, etc.

Riesgo sanitario

Proteger el agua pre-tratada del crecimiento de algas y de la contaminación que pueda transportar el aire, así como de la proliferación de bacterias.

Dotar de elementos sanitarios a cámaras de agua tratada para evitar su contaminación.

Prestar especial atención en los drenajes de las aguas de lavado. Desagües mal diseñados con pendientes no adecuadas pueden generar represamientos de agua.

Vulnerabilidad

La altura de los filtros debe facilitar la extracción del material filtrante para su limpieza en casos de emergencia.

Evitar suelos de mala calidad o sitios escarpados con pendientes altas, para disminuir en lo posible cimentaciones complejas, grandes excavaciones o muros de contención costosos para dar seguridad a la estructura.

Evitar que la ubicación de la planta sea afectada por posibles desbordes, inundaciones u otro tipo de evento que amenace la infraestructura o su funcionamiento.

Períodos de sequía

Contaminación de la fuente

Intensidad y magnitud de sismos

Aspectos técnicos

Las cámaras de los filtros podrán ser de concreto simple, concreto reforzado, o mampostería de ladrillo o piedra, con recubrimiento de mortero impermeable.

La sección de los filtros podrá ser de forma rectangular o circular y las paredes verticales o inclinadas.

Las juntas de construcción y/o dilatación deberán ser estancas.

Se deberá incrementar la rugosidad de la pared en contacto con el medio filtrante para evitar las líneas de flujo o cortos circuitos entre el material filtrante y las paredes verticales del filtro.

La cimentación y losa de fondo no deben presentar fisuras causadas por asentamientos diferenciales del terreno.

Preferentemente, los trabajos deben iniciarse durante el periodo seco porque facilita la excavación, preparación de concretos y fraguado de mezclas.

El medio filtrante utilizado será limpio y libre de material orgánico.

Las estructuras de entrada y de salida deben incluir los dispositivos para regular el flujo, distribuir y recolectar el agua, y controlar el nivel de agua en el filtro.

Las estructuras deben estar dotados de los elementos necesarios que permitan un rápido y seguro drenaje del agua de lavado.

Se emplearán válvulas de apertura rápida para la limpieza hidráulica del filtro y el desagüe completo de las unidades. Las válvulas de apertura rápida pueden ser de tipo bola o mariposa de diámetro igual al de la tubería de drenaje principal; bajo toda circunstancia deben ser herméticas, simples de operar y mantener, y resistentes a la corrosión.

Las cámaras donde se alojan los dispositivos para la operación, mantenimiento y limpieza deben permitir el fácil acceso y tener el espacio suficiente para la maniobrabilidad del operador.

Aspectos de seguridad

Toda instalación debe estar cercada para evitar el ingreso de animales y personas no autorizadas.

Descargar el agua de lavado en un lugar cuya disposición no ponga en riesgo la estabilidad de las estructuras ni de su entorno en general.

El constructor debe proporcionar los implementos de protección de acuerdo al tipo de obra y riesgo de la labor que realizan los trabajadores.

Por la naturaleza del terreno, en algunos casos se debe utilizar el tablestacado, entibamiento y/o pañeteo de las paredes, a fin de que estas no cedan.

Materiales

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009):

Concreto simple

Para el diseño se recomienda un concreto 175Kg/cm² para el solado del biofiltro.

Concreto armado

La armadura deberá soportar esfuerzos de tracción o compresión, empuje hidráulico y del suelo. Se diseñara un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Refuerzo

Para el diseño se recomienda un acero de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Tuberías, válvulas y accesorios

Válvulas de regulación de caudal: Se utilizan válvulas de compuerta, de bola o mariposa. Se utiliza el bronce y el diámetro varía según el diseño del filtro.

Tuberías y accesorios: Para el drenaje, rebose e ingreso de agua. Material PVC-SAP y de diámetros según el diseño.

Mallas de plástico.- Para separar las diferentes capas de grava según el diseño.
Plantas de tratamiento de agua para consumo humano (RNE OS.020)

Criterios de diseño

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente, 2009:

Consideraciones específicas

a) Periodo de diseño: Se recomienda un período de diseño de las instalaciones entre 10 y 15 años de manera que guarde armonía con la dinámica de crecimiento

de la población y con el costo de oportunidad de acceso a la financiación del proyecto.

b) Periodo de operación: Las unidades de tratamiento deben ser diseñados para periodos de operación de 24 horas, siendo 2 el número mínimo de unidades en paralelo y así alternarlas cada vez que se requiera realizar mantenimiento. La continuidad en la prestación del servicio evita riesgos de contaminación en la distribución, en almacenamientos inadecuados o en la operación de la planta.

c) Caudal de diseño: Las unidades de filtros serán diseñadas para el caudal máximo diario.

MUCÍLAGO DE TUNA

El nopal (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia Cactaceae, siendo las cactáceas especies endémicas del continente americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Flores et al 1995).

El mucílago de nopal contiene un biopolímero especial que tiene la habilidad para modificar las propiedades funcionales como la viscosidad, elasticidad, gelificante, espesante y retención de agua (IX Congreso de Ciencia de los alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de los alimentos).

El aumento del área del cladodio dura alrededor de 90 días. Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas aréolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambiental (Sudzuki et al 1993).

Las distintas especies de nopales tienen características comunes y diversas a la vez. Su capacidad para resistir altas temperaturas y períodos prolongados de sequía las hace especialmente atractivas para las zonas áridas y semiáridas. (Utilización agroindustrial del nopal-2006)

En las pencas de color verde opaco, se realiza la fotosíntesis, pues éstas reemplazan a las hojas con esa función. Se encuentran protegidas por una cutícula gruesa que, en ocasiones, está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, ya que poseen abundante parénquima. En este tejido se almacenan considerables cantidades de agua lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía. Cabe destacar el papel de los mucilagos (hidrocoloides presentes en este tejido) tienen la capacidad de retener el agua (Nobel et al., 1992).

Según Inkanal Perú- 2012. El Nopal es una planta silvestre que sobrevive en regiones desérticas y frías. No requiere de mucha agua para su cultivo, por lo que es una buena fuente de ingresos para muchos agricultores que no cuentan con los recursos necesarios y viven en zonas áridas o semiáridas. Se dice que tiene un papel ecológico importante, ya que detiene la degradación del suelo deforestado, o sea, convierte tierras improductivas en productivas. Existen cerca de mil 600 especies en 122 géneros de la familia de las cactáceas, de la cual proviene el nopal.

Figura 5. Arquitectura de planta adulta mostrando las pencas o cladodios que forman el tallo y dan origen a los frutos. Fuente (Cultivo de Tuna- Gerencia Regional de La Libertad, 2012)



COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CLADODIOS DE TUNA

Tabla 1. Distribución y contenido de minerales en varias partes de *Opuntia Ficus- Indica*. Los minerales son expresados como mg/100gr.

Componente identificado	Pulpa	Cladodio
Calcio	27.6	5.64 – 17.95
Óxido de calcio	-	4.3 – 11.5
Magnesio	27.7	8.80
Sodio	0.8	0.3 – 0.4
Potasio	161	2.35 – 55.20
Hierro	1.5	0.09
Fósforo	-	0.15 – 2.59
Zinc	-	0.08
Cobre	-	-
Magnesio	-	0.19 – 0.29

Fuente: Nopal Cactus (*Opuntia Ficus-Indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease –El Mostafa K.et al 2014

Se encontró que por cada 100 gramos de cladodios de tuna hay desde 5.64 hasta 17.95 miligramos de calcio y desde 4.3 hasta 11.5 de óxido de calcio, estos componentes químicos ayudan a la remoción de arsénico debido a que cuando entran en contacto estas se unen formando partículas que quedan atrapadas en la superficie del material (mucílago de tuna) y logran que el agua contaminada tenga una mejor calidad y cumpla con los estándares de cantidad de arsénico según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA).

Calcio

El ion calcio, Ca^{++} , forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como $Ca_3(OH)_2$. Contribuye de forma muy especial a la dureza del agua y a la formación de incrustaciones. Las aguas dulces suelen

contener de 10 a 250 ppm o incluso 600 ppm. (Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales- Miguel Rigola Lapeña).

Magnesio

El ion calcio, Ca^{++} , tiene propiedades muy similares a las del ion calcio. Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm. Contribuye a la dureza del agua y a pH alcalino puede formar incrustaciones de hidróxido.

Hierro

El ion hierro se puede presentar como ion ferroso, Fe^{++} , o en la forma más oxidada de ion férrico, Fe^{+} . La estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solución, presencia de materias orgánicas acomplejantes.

Sodio

El ion sodio, corresponde a sales de solubilidades muy elevadas y difíciles de precipitar. Suele estar asociado al ion cloruro. El contenido en aguas dulces suele estar entre 1 y 150 ppm.

ANTROPOLOGÍA DEL MUCILAGO DE TUNA

El nopal está constituido de raíz, tronco, ramas o tallos, clododios o pencas, nopalitos o nopal verdura, espinas, ahuates, cutina, epidermis, parénquima clorofílico o baba de nopal, xilema, médula o cilindro central de tallos y pencas antiguas ocupado por parénquima de almacenamiento formado por tejido esponjoso, pegajoso blanco. (Helia Bravo Hollis, op. cit.)

Se caracterizan por formar: disoluciones coloidales viscosas, geles en agua. La diferencia entre goma y mucílago es difícil y se suele equiparar todo con gomas.

Actualmente se considera que la diferencia está en que los mucílagos son constituyentes normales de las plantas, mientras que las gomas son productos que se forman en determinadas circunstancias, mediante la destrucción de membranas celulares y la exudación

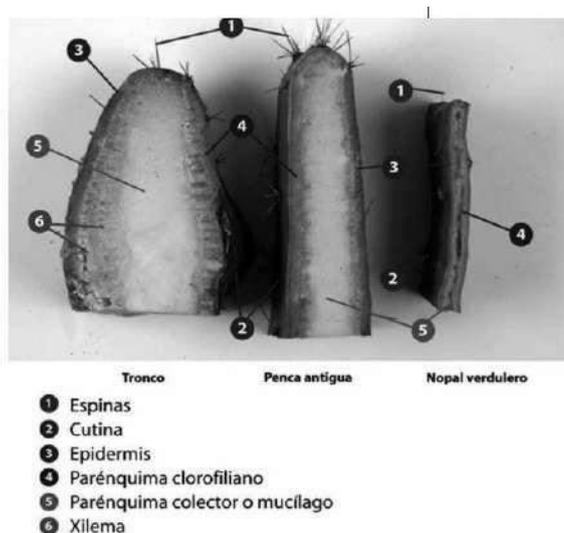


Figura 6. Antropología de Opuntia Ficus Indica. Fuente: La baba y el mucílago de nopal, una alternativa natural para la conservación de acabados arquitectónicos de tierra.

TUNA EN EL PERÚ

Opuntia ficus-indica es, entre las cactáceas, la de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verdura. El mejoramiento genético que ha sufrido se remonta a la época prehispánica; los cronistas de indias ya relatan sobre estas plantas -y sus frutos-, que fueron llevadas a España posiblemente en el primer o segundo viaje de Colón a América, aunque el primer registro cierto es para México, en 1515 (según la crónica de Fernández de Oviedo de 1535, reproducida en López Piñero, 1992).

Callen (1965) ofrece un dato similar basado en el estudio de coprolitos humanos, fechados en unos 9.000 años, que contienen restos de la epidermis de

esta especie. La forma silvestre (con espinas) de la que se obtuvo la forma hortícola (sin espinas, *O. ficus-indica* en sentido restringido, u *O. ficus-indica* f.

A nivel regional:

ANCASH

Caraz, Sihuas, Corongo, Chavín, Huari, Huasta, Canis, Chiquián, Guadalupe.

Sus frutos ofrecen la posibilidad de industrialización por su contenido en azúcares y proteínas.

Tiene gran diversidad de eco tipos:

tuna morada o roja.

tuna amarilla o anaranjada.

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE TUNA

1. Se pesa cada cladodio en fresco para estimar el rendimiento seco de mucílago.
2. Los cladodios se lavan y desinfectan con una solución de agua destilada, por dos minutos. Después, las pencas se cepillan y las espinas se eliminan.
3. Con un cuchillo casero se elimina la cutícula y la epidermis, tratando de recuperar la mayor cantidad de clorénquima y parénquima, que es donde se encuentra la mayor cantidad de células que almacenan el mucílago.
4. Luego de almacenar el mucílago de tuna en un recipiente, se prepara otro recipiente de mayor diámetro con agua y se coloca encima al recipiente con mucílago de tuna para realizar el baño María por 80°C y 100°C en 12 minutos.

5. Se retira el mucílago de tuna activado térmicamente, así se obtendrá una combinación de líquido y sólido de mucílago de tuna activado térmicamente a 80°C y 100°C.

TAXONOMÍA DE LA TUNA

La taxonomía de los nopales es sumamente compleja, debido a múltiples razones, entre las que destaca el hecho de que los fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales. Además, es frecuente encontrar casos de poliploidía, ya que se reproducen en forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos inter específicos, lo que complica aún más su clasificación (Sáenz, 2006). La nomenclatura del nopal es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Tribu: Opuntiae

Género: Opuntia

Especie: Opuntia ficus- Indica.

ACTIVACIÓN TÉRMICA DEL MUCÍLAGO DE TUNA

Madjoub et al. (2001) Se extrajeron dos fracciones; un extracto de alto peso molecular con polisacáridos y ácido galacturónico (pectina) y un extracto de bajo peso molecular se cree que una proteína. Hubo presencia de iones de Ca²⁺. Este

comportamiento fue notablemente similar a los hallazgos de Medina-Torres et al. (2000) trabajando con NE.

Cardenas et al. (1997) estudiaron la reología NE e informaron de comportamiento pseudoplástico; es decir, como más tensión se aplica a la NE, que disminuya la viscosidad y aumenta la velocidad de flujo. Desde esta respuesta reológico es típica de polímeros que adoptan una al azar, desordenada conformación de espiral (Morris 1990), se dio a los investigadores primera idea de la configuración de NE en solución. Se informó de que la dilución por corte era dependiente de la concentración de NE e hizo una comparación con el comportamiento similar de mucílago okra (Meister, Anderle et al 1983; Ndjouenkeu, Goycoolea et al., 1996). Estos hallazgos son importantes para el estudio actual, ya que, dependiendo del mecanismo de la agregación, estos cambios conformacionales o bien pueden ser aprovechadas para beneficiarse del uso previsto o eliminación de metales pesados o prevenirse si se presenta un escenario de la competencia. Medina-Torres et al. (2000) hicieron un estudio más exhaustivo de las propiedades reológicas del NE con la aplicación potencial de la utilización del material como aditivo alimentario. Encontraron que mostró NE propiedades de dilución por corte similares como se informó anteriormente por Cárdenas et al.(1997); sus resultados también indicaron la NE suponiendo una formación de espiral al azar, típica de no gelificante polímeros de carbohidratos.

Cardenas et al. (2008) extrajeron GE (pectina cactus) para estudiar el mecanismo de la formación de gel. Estaban seguros de que si extraen de pectina significativa coincidencia FTIR con pectina cítrica; su extracto era predominantemente ácido galacturónico. Ellos observaron que a alta temperatura (85 °C), el material forma una red de gel suelto donde Ca^{2+} actúa como un agente de reticulación y el grado de reticulación se relacionó con la concentración de Ca^{2+} . A baja temperatura, una red de polímero denso formado con Tgel (Temperatura crítica de gelificación) incrementa con el aumento de cantidades estequiométricas de Ca^{2+} .

Estructura del Mucílago de Tuna

El mucílago se compone de dos fracciones de polímero de hidratos de carbono; un extracto de gelificación (GE) y un extracto no gelificante (NE) (Cardenas, Goycoolea et al. 2008). El GE tiene una cadena de ácido poligalacturónico con ramas azúcar neutro, mientras que la NE es una mezcla de heteropolisacárido comprende principalmente L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa y D-xilosa, así como ácido galacturónico pero una cantidad mucho menor que la GE.

Azúcares del Mucílago de tuna

La determinación de los azúcares en el GE y NE es importante distinguir los dos materiales y por lo tanto para tener en cuenta las diferencias en el comportamiento hacia los como. La composición de azúcares en masa de GE y NE se muestra en la Tabla 5.1 a continuación. NE tiene un mayor porcentaje en masa de azúcares neutros que GE. El azúcar más abundante para NE es arabinosa, mientras que la de GE es la glucosa. Es notable que los informes de la literatura arabinosa como el azúcar más abundante en el mucílago que corrobora el resultado encontrado en este estudio para NE.

Cardenas et al. (2008) informaron de la composición de la pectina de cactus como ácidos urónicos 85,4%, 7,0%, 6,0% galactosa arabinosa y pequeñas cantidades de ramnosa y xilosa. En comparación con nuestro análisis de GE, vemos mayor contenido de azúcar neutro y, al igual que con NE, la sustitución aparente de ramnosa con glucosa.

Tabla 2 Azúcares composición de masa (%) de GE y NE

Elementos inorgánicos

azúcares	Composición de masa (%)	
	extracto de gelificación (GE)	No gelificante extraer (NE)
Glucosa	9.89	1.03
xilosa	3.95	10.80
galactosa	7.35	14.66
arabinosa	8.90	24.38
Suma	30.10	50.86

Se obtuvieron datos cualitativos sobre la composición mineral de las fracciones de GE y NE de LIBS. Las líneas máximas en GE, así como NE, eran para el calcio (Ca). GE también mostró líneas significativas para el sodio (Na) y magnesio (Mg). Aparte de Ca, NE mostró líneas significativas para Na y potasio (K).

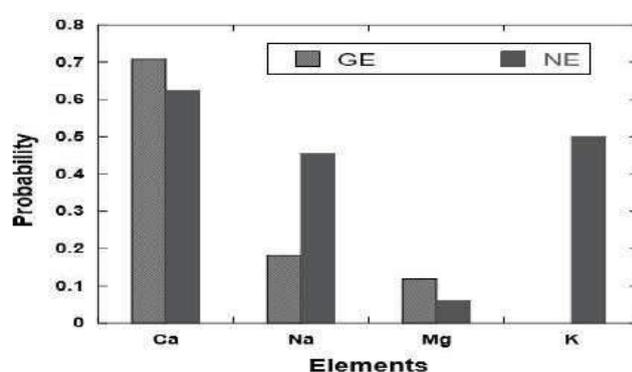


Figura 7. Principales elementos inorgánicos en extractos de mucílago cactus

FLOCULACIÓN POR EXTRACTOS DE TUNA

La práctica de utilizar el mucílago de cactus para aclarar el agua sucia es originaria de México y se remonta a tiempos remotos. El autor fue informado por comunicación personal (Alcantar 2007) que el agua usada para hervir las pastillas de cactus (en preparación de la ensalada Nopalito) se añadió a agua sucia y nublado, que se convertiría en claro. Sin embargo, no había una comprensión científica del mecanismo por el cual el mucílago de cactus aclaró el agua sucia.

Bacillus cereus fue floculada del agua usando GE y NE en presencia de iones de Ca^{2+} ; tasas de eliminación óptimas fueron de entre 95-99%. Buttice reportó una interesante inversión de floculación bacterias; tanto GE y NE fueron más eficaces a concentraciones más bajas (0,5 a 4 ppm), pero no fueron eficaces por encima de 10 ppm. El rendimiento de floculación mejoró con el aumento de concentración de Ca^{2+} .

SISTEMA DE ARSÉNICO

La interacción documentada de As (III) y As (V) con ácido húmico proporciona evidencia de la viabilidad de la interacción de aniones y orgánicos cargados negativamente tales como polisacáridos pécticos. Los ácidos húmicos se forman por la descomposición de la materia orgánica. Estos ácidos tienen típicamente grupos funcionales carboxilo y fenolato y por lo tanto están cargados negativamente y no se espera que para interactuar con aniones hidroxilo cargados negativamente de As (III) y As (V). (Thanabalasingam y Pickering 1986;. Redman, Macalady et al 2002; Saada, Brisa et al 2003;. Lin, Wang et al 2004;. Buschmann, Kappeler et al., 2006). Las posibilidades de interacción son interacciones ligando (donación de electrones de los ácidos cargados negativamente al centro metálico), puente - H.

Young et al. (2006; 2008) informaron de primera evidencia de una interacción de extractos de cactus con iones arsenito y arsenato (As III y As V). Las columnas

de agua contaminadas con arsénico sintético fueron tratadas con concentraciones conocidas de GE. Después de una hora, las muestras tomadas de la parte superior de la columna de agua mostraron concentraciones superiores e inferiores a las concentraciones iniciales; el mucílago no tenía una fuente de As. Los investigadores dedujeron que estos resultados fueron consistentes con la GE de unión a los iones As y transportarlos a la parte superior de la columna, es decir, a la interfaz aire-agua. El uso de este aumento de la concentración medida en la parte superior de la columna de agua para calcular la eliminación a partir de la solución a granel, los investigadores informaron de un óptimo 35% de eliminación de As cuando la columna de agua se dosificó múltiples veces con mucílago, en la aproximación de un proceso continuo. Finalmente Norma A. et al (2013). El GE y NE combinado con NaCl a 60°C durante 20 minutos removieron 80% y 60% de arsénico con una dosis de 10 mg/L.

ARSEÑICO

Asif Z. et al., (2009): El arsénico es un metaloide tóxico que ahora es reconocido como un contaminante importante en el agua potable en muchos países. Los efectos del arsénico no son inmediatamente visibles como las personas pueden absorber cantidades significativas de arsénico sin complicaciones de salud inmediatas. El entorno natural y la unificación se comportan como un metaloide. Puede existir en formas orgánicas e inorgánicas (es decir, más tóxicos).

Monique Bissen, Fritz H. Frimmel (2003) dicen: El arsénico es un constituyente de más de 245 minerales. Las erupciones volcánicas y otros procesos naturales son fuentes de altas concentraciones de arsénico en el medio ambiente.

Según Yan- Chu (2000): La movilidad de las especies de arsénico en los suelos depende del tipo y la cantidad de adsorción de compuestos de suelo, el valor pH y el potencial redox. Los compuestos de arsénico pueden adsorber a los óxidos e

hidróxidos de Fe (III), Al (III), Mn (III / IV), a sustancias húmicas, y minerales de arcilla.

Según Moore, JN: Para As (III) la cantidad adsorbida es tres veces más bajos. AlAsO 4 está formado en las concentraciones de arsénico mayor que 20 mg / L. El pH de Al (OH) 3 es 8,5, por lo que el arsénico se puede quitar con eficacia a valores de pH inferiores a 8,5.

La adsorción de As (V) por suelos aumenta en presencia de iones calcio debido al cambio de las características de carga superficial de los suelos. Las investigaciones de Smith et al. 2002, encontraron que este fenómeno es menos marcado en presencia de As (III). El arsénico también se puede adsorber y transportado por los minerales de arcilla en el medio ambiente, pero Livesey et al 1991 dicen: La afinidad de arsénico depende de la composición de los minerales de arcilla.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL ARSENICO

Según UNESCO (2007): La prevención es pues la única arma contra esta plaga, que afecta a un gran número de países. Las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo mental son causados por el arsénico llegó a la conclusión de que el arsénico es carcinógeno Grupo A, conocida para desencadenar la piel, la vejiga y los cánceres de pulmón y por lo tanto se ha convertido en una metáfora de veneno. As (III) es más tóxicos y más difíciles de eliminar con los métodos de tratamiento físico-químicas aplicadas convencionalmente que como (V).

“En Bangladesh, por ejemplo, la concentración de arsénico en las aguas subterráneas es de 1,8 mg por litro”, agregó. Según la OMS, 30 millones de personas están afectadas por el arsénico en este país.

Figura 8: Pobladora de Bangladesh con enfermedad a la piel debido al consumo de agua con arsénico.



Fuente: Gamma/Hachette Filipacchi/Lathigra F.S.P. mujer muestra sus manos llenas de heridas debido a la contaminación del agua con Arsénico.

Tabla N°03. Consecuencias del consumo de agua con arsénico en exceso.

ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES	entre 1 y 12 horas tras el contacto: aliento aliáceo (con olor a ajo), queilitis urente, náuseas y vómitos, dolor en el epigastrio generalmente de tipo cólico; diarrea «riciforme» (heces en forma de arroz), hemorrágica o «coleriforme» (similar a la del cólera); elevación de las transaminasas hepáticas en sangre.
ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	hipotensión arterial y shock, secundariamente a la vasodilatación y a la disminución de la función miocárdica; edema agudo de pulmón; arritmias; miocardiopatía congestiva.
CANCER	Puede provocar cáncer de piel, de vejiga, riñones, pulmón
ENFERMEDADES HEMATOLOGICOS	Provoca anemia, leucopenia

Fuente: Elaboración Propia

SUSTANCIAS QUE CONTAMINAN CON ARSENICO

Según Alvarado et al., (2008): Su presencia en el medio ambiente está relacionado no sólo con depósitos volcánicos, fuentes geotérmicas y las rocas sedimentarias, sino también para varias actividades antropogénicas incluyendo la fabricación de plaguicidas, la producción de conservantes de la madera, industria del vidrio, la producción de semiconductores y la pigmentación.

Según UNESCO (2005): La presencia de arsénico en el medio ambiente se debe a fenómenos naturales y también a ciertas actividades humanas (explotación minera, fundición de minerales, centrales eléctricas de carbón...), y no existe terapia contra el envenenamiento por el arsénico presente en el agua potable.

CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO

CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN NEPAL, INDIA Y BANGLADESH

A pesar de la amenaza era conocido desde hace aproximadamente dos décadas desde la parte baja de las llanuras de la cuenca de Bengala, que comprende Ganga de la Baja llanura y llanuras deltaicas del sistema Ganges-Brahmaputra-Meghna River, se le dio poca importancia a su posible amenaza en las partes aguas arriba en la llanuras del Ganges allá de Garo-Rajmahal Hills.

CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN AMÉRICA LATINA

En Argentina, Chile, México, El Salvador, Nicaragua, Perú y Bolivia por lo menos cuatro millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud. Las concentraciones de arsénico en el agua, sobre todo en el agua subterránea, llegan en algunos casos hasta 1 mg/L.

En América Latina hay cerca de cuatro millones ochocientos mil habitantes expuestos al arsénico por el agua de bebida. Consecuentemente, su salud se ve

afectada y en países como México y Argentina lo consideran un problema de salud pública. El grupo de mayor riesgo son los trabajadores de la industria minero metalúrgica.

La población más afectada es la que está ubicada en el área rural, pues consume agua sin ningún tratamiento y desconoce el riesgo al que está expuesta.

CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO A NIVEL NACIONAL:

Un equipo de la Organización Mundial de la Salud efectuó un estudio del consumo de agua con arsénico inorgánico en Perú, debido a que estima cerca de 1,6 millones de personas. Investigaron las muestras de agua de 151 fuentes de agua (superficies y subterránea), ubicadas en 12 distritos.

Respeto al río Rímac dice: "Una encuesta realizada en 2014 mostró que las secciones aguas arriba de la cuenca del río Rímac que estaban al lado de relaves mineros tenían niveles de arsénico de hasta 31 mg / l."

CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO A NIVEL LOCAL:

Los parámetros que transgredieron los ECA – Agua en la subcuenca del río Huandoval, de acuerdo a los resultados de los parámetros medidos en campo y a los reportados por el laboratorio fueron: pH, oxígeno disuelto, coliformes termo tolerantes, Escherichia coli, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno amoniacal, aluminio, antimonio, arsénico, boro, cadmio, fósforo total, hierro, manganeso, níquel y zinc. (Resultados del 3er monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del Río Santa 2015).

ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA EL AGUA.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

Figura 9. Cantidad estándar de arsénico en agua potable según la ECA – 2008

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental - Anexos

VALENCIAS DEL ARSÉNICO

Anónimo, 2013. Si bien el arsénico se puede encontrar en cuatro estados de oxidación, las especies inorgánicas de arsénico III y V son prevalentes en aguas subterráneas. Su presencia depende mayormente del pH, el potencial de óxido-reducción y la salinidad del agua.

En el agua (aguas superficiales y subterráneas) el arsénico comúnmente se encuentra en estado de oxidación +5 (arsenato) y +3 (arsenito).

En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el arsénico pentavalente o arsenato (As+5).

Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito (As+3).

El arsenito se encuentra en solución como H_3AsO_3 , H_2AsO_3^- , H_2AsO_4^- y $\text{H}_2\text{AsO}_4^{2-}$ en aguas naturales con pH entre 5 a 9.

El arsenato se encuentra en forma estable en aguas con altos niveles de oxígeno como H_3AsO_4 en un rango de pH de 2 a 13. La conversión de As+3 a As+5 o viceversa es bastante lento. Los compuestos reducidos de As+3 pueden encontrarse en medios oxidados y los compuestos oxidados de As+5 en medios reducidos.

Los microbios, plantas y animales pueden convertir todo estos compuestos químicos de arsénico inorgánico en compuestos orgánicos (comprometiendo átomos de carbono e hidrógeno).

Los arsenatos tienen mayor capacidad de ionización debido a la presencia del doble enlace. La molécula que al perder el ión hidrógeno por la disociación, queda con carga negativa formando varios aniones.

Bajo condiciones anóxicas, aún a pH por encima de 7 el arsénico se estabiliza en especies dominantes no iónicas.

Los arsenatos y arsenitos se disocian a un pH muy diferente. En un rango de pH entre 6,5 y 8,5 característico del agua natural, las formas predominantes de arsenato y arsenitos son: H_2AsO_4^- ; HAsO_4^{2-} ; y H_2AsO_3^- .

ARSÉNICO Y PH

Song, Williams, Edyveab (2004). El pH es la medida de la concentración del ion H^+ y H_2O . La presencia de estos iones en la capa de determinación del potencial puede causar que la carga de la partícula sea más positiva o menos negativa a valor de pH por debajo del punto isoeléctrico. Cada coagulante de arsénico opera más efectivamente en un rango específico de pH y exhibe una máxima remoción de contaminantes a pH óptimo. La extensión del rango de pH es afectada por el tipo de coagulante utilizado y por las características del agua residual además de la dosis de coagulante de arsénico.

TRATAMIENTOS PARA LA REMOCION DE ARSENICO

COAGULACIÓN / FLOCULACIÓN

(Arboleda Valencia, J., 200) Se llama coagulación/floculación al proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua llamadas floc. Dicho proceso se usa para:

Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.

Remoción de color verdadero y aparente.

Remoción de metales pesados como el arsénico.

Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.

Dstrucción de algas y plancton en general.

Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros.

El uso de cualquier otro proceso, como la sedimentación simple, para la remoción de partículas muy finas, resulta antieconómico, sino es imposible.

Hay que distinguir dos aspectos fundamentales en la coagulación/floculación del agua:

La desestabilización de las partículas suspendidas, es decir la remoción de las fuerzas que las mantiene separadas.

El transporte de ellas dentro del líquido para que hagan contacto, generalmente estableciendo puentes entre si y formando una malla tridimensional de coágulos porosos.

COAGULACIÓN: Es el proceso de desestabilización de partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico (coagulante) seguido por una agitación intensa comúnmente definida como mezclado rápido, que, neutralizando las cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí. Kumar A, Roshan R, Bhunia (2012).

FLOCULACIÓN: Es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas a otras para formar coágulos mayores.

Tres mecanismos pueden actuar en el primer fenómeno: El de adsorción – desestabilización basado en las fuerzas electrostáticas de atracción y repulsión, el del puente químico que establece una relación de dependencia entre las fuerzas químicas y la superficie de los coloides, y el de sobre saturación de la concentración de coagulantes en el agua.

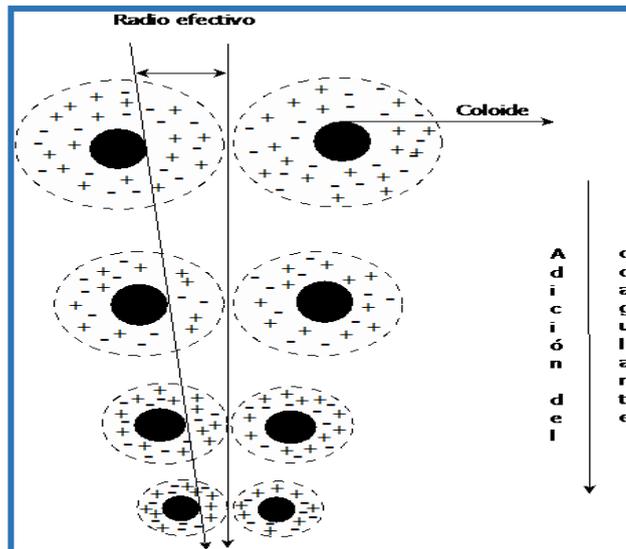
En el segundo aspecto debe distinguirse entre: floculación ortocinética y pericinetica, o con escala de turbulencia por encima o por debajo de la micro escala de Kolmogoroff.

En las plantas de tratamiento de flocculación es tanto pericinetica como ortocinetica, resumiendo lo anterior (tabla 3):

COAGULACIÓN

Según Arboleda (1992): Comienza en el mismo instante en que se agregan los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

Figura 10. Interacción de partículas coloidales por medio del coagulante



Fuente: Teoría y Práctica de la Purificación del agua- J. Arboleda Valencia - 1992

TABLA N°04: Coagulación / Floculación

1. Desestabilización de partículas (coagulación)	Adsorción - neutralización	
	Puente químico	
	Sobresaturación	
2. Transporte de partículas (floculación)	Ortocinético (>n)	Creado en el líquido por el gradiente de velocidad
	Pericinético (<n)	Por movimiento browniano
		Por sedimentación

Este fenómeno ocurre al adicionar un agente coagulante, el cual cancela las cargas electrostáticas de las partículas al tiempo que origina una compresión de la capa difusa que rodea los coloides, lo cual les permite la formación de floc a través de un mecanismo de puentes interparticulares, produciendo una malla porosa en función de su radio efectivo, facilitando así la formación de macro flóculos.

Mediante este proceso también se espera:

Remover los agentes patógenos susceptibles a ser coagulados.

Remover el color aparente del agua.

Remover sustancias peligrosas para los humanos.

ETAPAS DEL PROCESO DE COAGULACIÓN

Primera Fase: Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas existentes en la suspensión.

Segunda Fase: Precipitación y formación de componentes químicos que se polimerizan.

Tercera Fase: Adsorción de las cadenas poliméricas en la superficie de los coloides.

Cuarta Fase: Adsorción mutua entre los coloides.

Quinta Fase: Acción de barrido.

COAGULACIÓN POR ADSORCIÓN

Cuando se agrega sulfato de aluminio o sales de fierro al agua en condiciones especiales de dosis de coagulante y pH, se forma una serie de especies solubles hidrolizadas.

En el caso del sulfato de aluminio, las especies hidrolizadas que se forman son Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$ y $Al(OH)_4^-$, las cuales son tomadas a menudo para representar todo el sistema.

Coagulación por adsorción

Cuando la cantidad de coloides presente en el agua es grande, la distancia entre ellos es pequeña. Por lo tanto, es mayor la fuerza de atracción y la energía requerida para su desestabilización menor, así como el potencial zeta resultante.

FLOCULACIÓN

(Cárdenas A, 2000) La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

MECÁNICA DEL PROCESO

Normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas. En ella intervienen, en forma secuencial, tres mecanismos de transporte:

- Floculación pericinética o browniana. Se debe a la energía térmica del fluido.
- Floculación ortocinética o gradiente de velocidad. Se produce en la masa del fluido en movimiento.
- Sedimentación diferencial. Se debe a las partículas grandes, que, al precipitarse, colisionan con las más pequeñas, que van descendiendo lentamente, y ambas se aglomeran. Al dispersarse el coagulante en la masa de agua y desestabilizarse las partículas, se precisa de la floculación pericinética para que las partículas coloidales de tamaño menor de un micrómetro empiecen a aglutinarse. El movimiento browniano actúa dentro de este rango de tamaño de partículas y forma el microflóculo inicial.

Recién cuando este alcanza el tamaño de un micrómetro empieza a actuar la floculación ortocinética, promoviendo un desarrollo mayor del microflóculo. Este mecanismo ha sido estudiado en lugares donde la temperatura baja alrededor de cero grados, rango dentro del cual el movimiento browniano se anula y, por consiguiente, también lo hace la floculación pericinética. En este caso, se comprobó que la floculación ortocinética es totalmente ineficiente y no tiene importancia alguna sobre partículas tan pequeñas.

SEDIMENTACIÓN

Se entiende por sedimentación a la remoción, por efecto gravitacional de las partículas en suspensión en un fluido y que tengan peso específico mayor que el fluido. En un determinado intervalo de tiempo no todas las partículas en

suspensión sedimentan. Justamente las que sedimentan en un intervalo de tiempo elegido son llamadas “sólidos sedimentables”.

La sedimentación como tal, es en esencia un fenómeno netamente físico. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada.

COLOIDES

Según Arboleda (1992): En general, son diminutas partículas sólidas que no sedimentan por la simple acción de la gravedad, pero pueden removerse del agua mediante técnicas como coagulación, filtración o acción biológica. Todas las partículas coloidales en una determinada dispersión acuosa, poseen la misma carga eléctrica neta ya sea positiva o negativa. Debido a esto existe entre ellas una repulsión electrostática, que las mantiene separadas, lo cual dificulta su remoción.

FORMA.

Según Arboleda (1992): La forma de los coloides tiene relación directa con sus propiedades. Sin embargo no existe, una clasificación adecuada de las formas coloidales. Algunos las clasifican en isométricas y anisométricas. Las primeras son aquellas que tienen dimensiones uniformes en todas las direcciones (esferas, poliedros); las segundas son las que se extienden en una o dos dimensiones, estas pueden ser cilindros, láminas, cintas.

ESTABILIDAD E INESTABILIDAD DE LOS COLOIDES

Las suspensiones coloidales están sujetas a ser estabilizadas y desestabilizadas.

Entre las fuerzas de estabilización o repulsión podemos mencionas las siguientes:

LA CARGA DE LAS PARTÍCULAS.

La hidratación, que generalmente es importante para los coloides hidrofílicos, aunque tienen menor importancia en este caso.

Los factores de atracción o desestabilización son los siguientes:

La gravedad. Es insignificante en la desestabilización de las partículas coloidales.

El movimiento browniano. Permite que las partículas entren en contacto, lo que constituye un requerimiento para la desestabilización.

La fuerza de Van der Waals. Una fuerza débil de origen eléctrico. Es un factor muy importante, pues constituye la principal fuerza atractiva entre las partículas coloidales. Estas fuerzas siempre atractivas, que decrecen rápidamente con la distancia, se deben a la interacción de dipolos permanentes o inducidos en las partículas.

PARTÍCULAS COLOIDALES

La remoción de las partículas coloidales está relacionada estrictamente con una adecuada coagulación, pues de ella depende la eficiencia de las siguientes etapas: floculación, sedimentación y filtración. Las partículas coloidales en el agua por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 milímetros y su comportamiento depende de su naturaleza y origen. Estas partículas presentes en el agua son las principales responsables de la turbidez.

AFINIDAD DE LAS PARTÍCULAS COLOIDALES POR EL AGUA

Las partículas coloidales se caracterizan por ser hidrofílicas (tienen afinidad por el agua) e hidrófobas (es decir que rechazan al agua), los primeros se dispersan

espontáneamente dentro del agua y son rodeados de moléculas de agua que previenen todo contacto posterior entre estas partículas; las partículas hidrofóbicas no son rodeados de moléculas de agua, su dispersión dentro del agua no es espontáneo por lo que requiere de la ayuda de medios químicos y físicos. Las partículas hidrofobas son en general partículas de materias inorgánicas mientras que las hidrofílicas son materias orgánicas; en realidad solo un poco son las partículas que son exclusivamente hidrofílicas o hidrofóbicas; se obtienen más bien partículas hidratadas a los diferentes grados. La carga eléctrica y la capa de agua que rodean las partículas hidrófilas tienden a desplazar las partículas unas de otras y, en consecuencia los estabiliza dentro de la solución.

DOBLE CAPA ELÉCTRICA DE LOS COLOIDES

Según Arboleda (1992): El sistema coloidal no presenta carga eléctrica “líquida” debido a que la carga de superficie negativa es balanceada con los iones de carga contraria presentes en el agua (Figura 2).

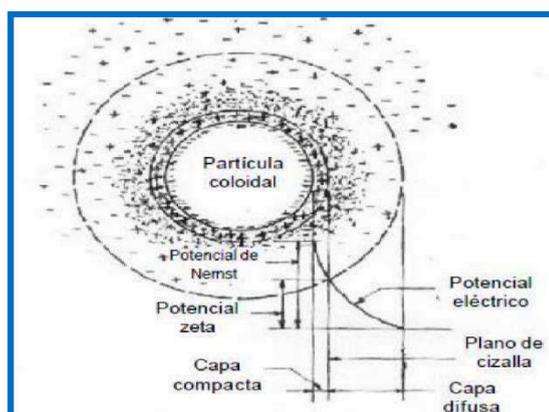
Como la superficie de la partícula es negativa, hay un cúmulo de iones positivos en la región de interfaz (sólido-líquido) que forman, junto con la carga negativa de la partícula, la doble capa eléctrica, también denominada capa compacta. Los iones negativos se aproximan a la capa compacta y atraen iones positivos; así se forma la capa difusa, que engloba a la primera. Se han propuesto tres teorías para explicar este concepto.

TABLA N° 5: Teorías de la doble capa eléctrica

Teoría	Principio
Helmholtz (1879) y Nernst (1889)	Supone que acudirán a la superficie del coloide, tantos iones positivos (contraiones) del medio dispersante cuantos sean necesarios para neutralizar su carga. Se formará una capa adherida alrededor de él, en la que caerá todo el potencial φ
Gouy (1910) y Chapman (1913)	Demostraron que la teoría de Helmholtz-Nernst, no era adecuada, pues la agitación térmica del líquido tiende a separar los contraiones de la superficie del coloide y a formar una capa difusa alrededor de ella, en la que el potencial cae lentamente prolongándose hasta una distancia J dentro del líquido que la rodea
Stern (1924)	Mostró que era necesario aceptar la posibilidad de la coexistencia de las teorías de Helmholtz y las de Gouy, considerando la formación de una capa adherida y una capa difusa alrededor del coloide, en la que el potencial φ cae rápidamente en la capa adherida y lentamente en la capa difusa.

Fuente: Arboleda 1992

FIGURA N°11: Configuración esquemática de la doble capa eléctrica.



Fuente: Teoría y Práctica de la Purificación del agua- J. Arboleda Valencia - 1992

La capa adherida es llamada capa de Stern, por transportarse con la partícula se puede considerar como parte de la carga del coloide.

La capa difusa resulta de la atracción de iones positivos, de la repulsión electrostática de iones negativos (con la misma carga de la partícula) y la difusión térmica. Se tiene, por tanto, una concentración elevada de iones positivos próximos a la superficie del coloide (capa de Stern), a partir de la cual se forma la capa difusa, en la cual la concentración de iones es menor.

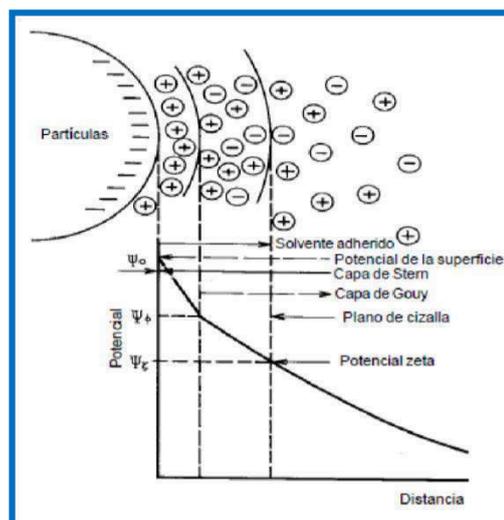
En este modelo hay tres potenciales de interés:

El potencial ψ_0 en la superficie coloidal. Es un potencial eléctrico creado por la presencia del coloide en el agua, que disminuye con la distancia, a partir de la superficie del mismo, donde es máximo. Se le denomina potencial de Nernst.

El potencial ψ_ϕ (Phi), en el interior de la superficie de la doble capa, donde comienza la capa difusa.

El potencial ψ_ζ (Zeta) en el plano de cizalla.

FIGURA N°12: Modelo de la doble capa difusa de Stern-Gouy.



Fuente: Teoría y Práctica de la Purificación del agua- J. Arboleda Valencia -1992

Según Stern, existe una distancia mínima entre la superficie del coloide y los iones de carga contraria (positivos), en la cual el potencial eléctrico decrece linealmente; en seguida la disminución resulta exponencial y pasa por la frontera entre la capa compacta y la difusa, lugar en que el potencial eléctrico, según Lykema, es designado potencial zeta.

El valor experimental de la velocidad de migración de las partículas coloidales en un campo eléctrico puede ser convertido a potencial zeta con las ecuaciones de Helmholtz-Smoluchowski, Henry o Debye-Huckel, de acuerdo con el tamaño de la partícula y la concentración de electrolitos:

Como la velocidad (v cm/s) con que la partícula se traslada guarda relación con el mayor o menor potencial zeta que ella posea:

$$v = \frac{Z D c}{4 \pi \mu} \quad (1)$$

En donde μ es la viscosidad absoluta del agua en poises. Esta es la ecuación de Helmholtz-Smoluchowski.

Despejando:

$$Z = \frac{4 \pi \mu v}{D c} \quad (2)$$

En la mayoría de los casos, la movilidad electroforética "u" se expresa en $\mu/s/v/cm$, o sea, micrones por segundo por voltio centímetro, dando así simultáneamente la velocidad de traslación de la partícula y el gradiente del potencial del campo. Para un líquido dado y a una temperatura determinada.

$$Z = \frac{4 \pi \mu}{D c} \text{ constante. Por tanto } Z = \text{Constante } \times v \quad (3)$$

La relación entre el potencial zeta Z y el potencial de corriente E viene dado por la ecuación:

$$Z = \frac{E}{P} = \frac{4 \pi \eta k_0}{Dc} \quad (4)$$

Donde:

P= diferencia de presión en la columna granular

v= viscosidad cinemática

Dc = constante dieléctrica

k0 = conductividad del electrolito

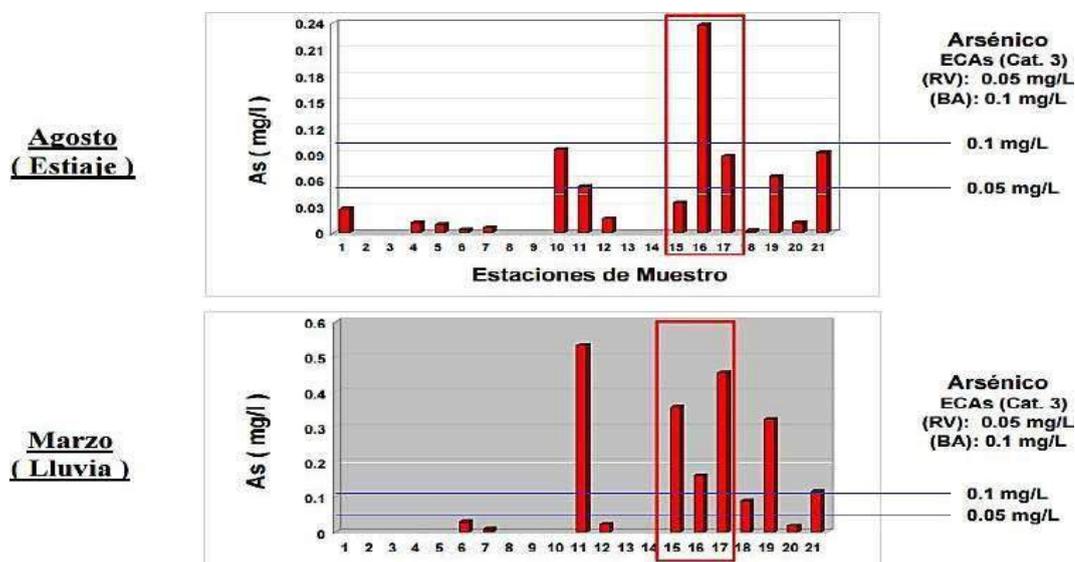
RIO HUANDOVAL

El río Huandoval conocido también como río Sacaycacha por los lugareños, debido a que en este lugar se encuentra la desembocadura de este río al río Santa y conocido también como río Negro, el cual es su color característico; este río. La zona del río Huandoval tiene un caudal medio anual de 142.9 m³ /seg.

UBICACIÓN

Se ubica en la parte norte de la cuenca del río Santa, su cuenca abarca los territorios de las provincias de Pallasca y Santiago de Chuco, desde una altitud que va de los 4250 msnm en su parte más alta, hasta 750 msnm en su desembocadura. Tiene un caudal medio anual de 12.05 m³ /seg (tratamiento y remoción de sólidos suspendidos y metales en la cuenca del río boca Cabana – Ing. Miguel Ángel Salva).

FIGURA N°13: ARSÉNICO EN EL RÍO HUANDOVAL EN EPOCA DE ESTIAJE Y LLUVIA



Fuente: Tratamiento y remoción de sólidos suspendidos y metales en la cuenca del río Huandoval– Ing. Miguel Ángel Salva

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE

NIVELES DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO

Tabla N°6: Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Niveles de Remoción de Arsénico	La remoción de arsénico se puede definir como la acción de eliminar este químico del agua para lograr ser apta para el consumo humano. (Reducción de Arsénico en agua- Roberto Rodríguez et al 2009).	Es la eliminación de arsénico que se logra a través de una combinación adecuada de agua contaminada con arsénico y 50 y 70 mg/L de mucílago de pencas de tuna activados térmicamente según el proceso de adsorción. Se realizará ensayos de Rayos X, para determinar la cantidad en mg/L de arsénico en la muestra patrón y experimentales.	Coagulación Floculación Adsorción	Adecuada adsorción de capas. Cantidad adecuada de gel de tuna

Coagulación: Es un proceso de tratamiento por el cual las cargas eléctricas de las sustancias coloidales disueltas o suspendidas son neutralizadas con la adición de sustancias insolubles en el agua, lo que permite la formación de partículas

mayores o aglomerados que pueden ser eliminadas por sedimentación o filtración (Bournod et al 2014).

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

Adsorción: La adsorción es un proceso de transferencia de masa, basado en la capacidad de determinadas sustancias en la retención de moléculas sobre su superficie de una manera más o menos reversible. (Bournod et al 2014).

VARIABLE INDEPENDIENTE: PROPORCIÓN DE MUCÍLAGO DE TUNA EN EL BIOFILTRO

La proporción de mucílago de tuna en el biofiltro se realizará según el volumen calculado para el diseño de biofiltro calculado que será demostrado en una escala menor según la cantidad de la dotación de la población del C.P. Sacaycacha. Las dosis unitarias son de 50 y 70 mg/L de mucílago de pencas de tuna activadas térmicamente a 80°C, 100°C y cocina.

Tabla N°7: Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Proporción de mucílago de tuna en el biofiltro	Las pencas de tuna excretan una sustancia “viscosa” llamada mucílago, este es uno de los componentes más importantes ya que es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, cuyo peso molecular oscila alrededor de 13×10^6 g/mol. Contiene aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno. (Optimización de la Extracción de Mucílago de Nopal-González S., et al 2012).	Las soluciones de agua son muestras del lugar elegido, con la finalidad de realizar ensayos de remoción de arsénico mediante un biofiltro prototipo a escala utilizando mucílago de penca de tuna activado térmicamente.	Temperatura de activación del mucílago de tuna	Niveles de Hidrógeno Niveles de Oxígeno
			Dosificaciones del mucílago de tuna	50 mg/L 70 mg/L

DIMENSIONES:

Temperatura de activación térmica del mucílago de tuna: La temperatura de activación térmica del mucílago de tuna se llevará a cabo por medio de un baño María, la cual garantiza que no se evapore directamente el mucílago de tuna o pueda quemarse y perder sus propiedades, con una temperatura menor a 100°C se puede obtener buenos resultados.

Dosificaciones

Dosificación de 0 mg/L de polvo de mucílago de pencas de tuna:

Consiste en comparar la cantidad de arsénico contenido en el agua utilizando 0 mg/L de polvo de mucílago de tuna con las otras dosificaciones.

Dosificación de 50 mg/L de polvo de mucílago de pencas de tuna:

Consiste en comparar la cantidad de arsénico contenido en el agua utilizando 50 mg/L de polvo de mucílago de tuna con la dosificación patrón de 0 mg/L y 70 mg/L.

Dosificación de 70 mg/L de polvo de mucílago de pencas de tuna:

Consiste en comparar la cantidad de arsénico contenido en el agua utilizando 70 mg/L de polvo de mucílago de tuna con la dosificación patrón de 0 mg/L y 50 mg/L.

HIPÓTESIS

LA PROPORCIÓN DEL MUCÍLAGO DE TUNA SEGÚN EL DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL REMOVERÍA EL ARSÉNICO DEL AGUA CONTAMINADA DEL RÍO HUANDOVAL EN EL C.P. SACAYCACHA.

OBJETIVO GENERAL

Obtener la proporción de mucílago de tuna según el diseño hidráulico y estructural del Biofiltro mucílago de tuna para remover arsénico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer los parámetros de diseño hidráulico y estructural del biofiltro para mejorar el sistema de agua existente en el C.P. Sacaycacha.

Elaborar el biofiltro prototipo con dosis de mucílago de tuna activados a 80°C y 100°C.

Analizar la composición química de la materia prima usada en el mucílago de tuna.

Determinar la cantidad de turbiedad en UNT y pH de agua sin tratamiento y después del tratamiento.

Determinar la eficiencia del biomaterial mucílago de tuna demostrando su eficacia como biofiltro de arsénico, comparando la cantidad de arsénico total disuelto en el agua sin tratamiento y en el agua después del tratamiento.

Determinar el grado de relación y variación entre los niveles de remoción de arsénico y diseño de biofiltro utilizando 50 y 70 mg/L.

II.) METODOLOGÍA:

TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Aplicada

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental de nivel Cuasi Experimental, porque se evaluarán las muestras mencionadas mediante ensayos, donde se obtendrá los resultados de dos grupos de estudio denominados: Grupo Control el cual será realizado con muestras sin la adición de ningún componente adicional y el Grupo Experimental el cual será realizado con la incorporación del mucílago de tuna con la finalidad de disminuir la cantidad de arsénico en comparación a la del grupo control debido a que habrá una mejora en la calidad del agua.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, se basa en la aplicación de los métodos estadísticos.

POBLACIÓN

Conformada por toda el agua del Río Huandoval que abastece al C.P. Sacaycacha.

MUESTRA

Se realizaron las siguientes muestras: 1 muestra de agua antes de la adsorción de arsénico con el biofiltro y 6 muestras de agua con diferentes dosis y temperaturas después de la adsorción de arsénico, tal como se muestra en la Foto N°01.

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO DE ESPECTROFOTOMETRÍA PARA EL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CON BIOFILTRO

Se gestionó el uso del equipo de espectrofotometría para realizar los ensayos de muestra de agua natural, para así asegurar que la cantidad de arsénico que supera los límites permisibles dados por los ECA. Ver Figura N°14 y mapa N°01.

SELECCIÓN DE LAS PLANTAS PARA ELEGIR LAS PENCAS DE TUNA SEGÚN SU TAMAÑO Y ESPESOR.

DATOS DE LA PARCELA:

Ubicación de la Parcela: Centro Poblado Sacaycacha

Coordenadas: 17 L 0820780

Elevación: 9081967

Nombre científico de la tuna: Opuntia Ficus – Indica.

Lugar de procedencia y recolección de las pencas de tuna: Centro Poblado Sacaycacha.

Selección de Muestra: Las pencas más grandes y con espesor mayor.

Ver Mapa N°02, Foto N°15, 16, 17 Y 18.

ELIMINACIÓN DE ESPINAS Y LAVADO DE LAS PENCAS DE TUNA

Se eliminaron las espinas de las pencas de tuna cuidadosamente una por una, con ayuda de un cuchillo.

Se lavaron las pencas de tuna con agua potable, para eliminar las impurezas presentes y evitar contaminación.

EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE TUNA DE LAS PENCAS

Se realizó un corte longitudinal a la penca de tuna.

Teniendo abierta la penca de tuna, se extrajo el mucílago de tuna con ayuda de una cuchara (esto incluye la parte sólida y líquida).

Finalmente se almacenó lo extraído en un recipiente de vidrio previamente lavado con agua destilada.

SELECCIÓN DE LA ZONA PARA EXTRAER LAS MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO HUANDOVAL EN EL C.P. SACAYCACHA

DATOS DE LA PARCELA:

Ubicación de la Parcela: Centro Poblado Sacaycacha

Coordenadas: 17 L 0820792 - 9081961

Elevación: 1575 m

Lugar de procedencia y recolección de las muestras de agua: Río Huandoval – Centro Poblado Sacaycacha.

Las muestras de agua fueron extraídas del Río Huandoval, en la zona del Centro Poblado Sacaycacha, debajo del puente vehicular. Ver Foto N°19.

Se almacenaron en galoneras, baldes de plástico de 20 litros para su traslado a Chimbote. Ver Foto N°20.

Se realizó el estudio de mecánica de suelos, comenzando con la realización de una calicata a 1.50m para establecer los estratos del suelo de la zona del biofiltro, tal y como se observa en la Figura 39 y 40.

Se inició el ensayo de granulometría (Figura 41)

Se realizaron los ensayos de corte directo y límites de Atterberg (Figura 42, 43 y 44).

ELABORACIÓN DEL BIOFILTRANTE DE MUCÍLAGO DE TUNA ACTIVADO TÉRMICAMENTE

MATERIALES

Mucílago de tuna

Agua potable

2 Vasos de 200 y 3 de 50 ml

Olla de aluminio

Taza de cerámica

Bolsas de polietileno

EQUIPOS

Mufla

Cocina a gas

Procedimiento:

Medir 2 vasos y una taza de cerámica con 50 ml de mucílago de tuna (sólido y líquido). Ver Figura N°21.

Medir 125 ml de agua potable en los 2 vasos de 200 ml y en la olla de aluminio.

Colocar los 2 vasos y taza de cerámica de 50 ml con mucílago de tuna encima de los vasos y olla de aluminio con 125 ml de agua potable.

Introducir en la mufla un vaso de 200 ml junto al de 50 ml, y activarlos a 80°C por 12 minutos. Ver Figura N°22.

Introducir en la mufla el otro vaso de 200 ml junto al de 50 ml, y activarlos a 100°C por 12 minutos. Ver Figura N°23.

Calentar agua potable en la olla y dejarla hervir.

Una vez hervida el agua, introducir en la taza de cerámica encima del agua hervida en la olla de aluminio y dejarla calentar por 12 minutos. Ver Figura N°24.

Extraer una cantidad de 10 mg de cada temperatura para realizar el ensayo de composición química por fluorescencia de Rayos X. Ver Figura N°25.

ELABORACIÓN DEL BIOFILTRO PROTOTIPO A ESCALA PARA REMOVER ARSÉNICO UTILIZANDO MUCÍLAGO DE TUNA

✓ MATERIALES

- 02 baldes de plástico con tapa, capacidad 8 litros
- 01 balde plástico con tapa, capacidad 20 litros con grifo
- Silicona para plástico
- 03 llaves de paso
- 04 adaptadores de 1/2 “
- 02 tapones hembra de 1/2”
- 02 tee de 1/2"
- 01 unión universal de 1/2"
- Tubería PVC 1/2" (2 metros)
- Cinta teflón
- Pegamento para tubería
- Motor DC
- Fuente DC de 5 voltios
- 01 switch
- 01 Jack

- 01 cable de poder
- 01 potenciómetro
- 01 caja de madera de 14x14 cm
- 01 silicona
- 01 engranaje
- Tornillos
- 01 tacómetro digital

Procedimiento:

Los baldes de plástico de 8 litros son la captación y el tanque cisterna, tienen un diámetro de 25 cm y una altura de 25 cm y el balde de plástico de 10 litros tiene un diámetro de 35 cm y su altura es 40 cm. Ver Figura N°26.

Se perforó un orificio circular en cada balde de 8 litros, de tamaño del diámetro de la tubería de 1/2".

Se perforó dos orificios circulares en el balde de 10 litros, de tamaño del diámetro de la tubería de 1/2".

El movimiento circular será por medio de un motor, el cual llega conectado desde un JACK de 220 AC y una Fuente DC, dicha fuente es conectada directamente al motor y por su parte del costado es conectada primeramente a un SWITCH que conecta a un potenciómetro (para variar los rpm) para finalmente llegar al motor. Figura N°27.

Luego se conectó el motor a un Juego de engranajes con la finalidad de aumentar la potencia y regular los RPM. Figura N°28.

Se armó una tubería en forma de una T que gira como un equipo de prueba de jarras de altura 28 cm y ancho 22 cm, conectado con una T de 1/2", y finalmente se colocó un tapón hembra en cada lado de la tubería horizontal. Figura N°29.

Se conectó un tacómetro mediante un pick, que mediante un sensor al tocar a la tubería en T, este digite la cantidad de revoluciones en una pantalla LED. Se ha considerado que la fuerza de empuje del agua influye al momento de girar la tubería en T, para ello se consideró una corrección de +10rpm. Figura N°30.

Al engranaje que conecta al motor se le añadió un adaptador de 1/2" que va colocado en un orificio ubicado en el punto medio de la tapa del balde de 10 litros, para luego unirlo con la tubería T.

En medio de la tubería de 1/2" que va desde la captación hasta el biofiltro se colocó una T de 1/2" con dirección hacia arriba, con la finalidad de eliminar el aire incorporado y como ventilación del agua del Río Huandoval que abastece al C.P. Sacaycacha. Figura N°31.

Seguido de la T de 1/2" que va desde la captación hasta el biofiltro se colocó una llave de paso de 1/2" para controlar el agua que entra al biofiltro del balde de 20 litros.

El balde que funciona como biofiltro tiene un grifo en la parte baja, así como una pendiente en la parte del fondo que cae en el grifo. Esto es para el mantenimiento de lavado, debido a que el mucílago de tuna funciona como coagulante-floculante y por ende los flóculos caen por gravedad al fondo y se vuelve una capa de barro, el cual es eliminado por el grifo al momento del mantenimiento de lavado. Figura N°32.

Se conectó una tubería de 1/2" de 1m de largo, desde el balde de 20 litros que funciona como biofiltro, hasta el balde de 8 litros que funciona como tanque de almacenamiento del agua tratada.

En medio de la tubería de 1/2" que va desde el biofiltro hasta el tanque de almacenamiento del agua tratada se colocó una llave de paso de 1/2" para controlar el agua que entra al tanque de almacenamiento.

Se utilizó el pegamento para PVC para fijar mejor las conexiones de tubería y accesorios.

Finalmente se procedió a pegar los orificios de entrada de los baldes con las tuberías que los conecta, de tal manera que no exista fuga de agua. Foto N°33.

Para comenzar el funcionamiento del biofiltro, primeramente se esperó que el biofiltro se almacene hasta los 10 litros, y se le agregó 5 gr de mucílago de tuna activado a 80°C, debido a que la dosis por litro es de 50 mg, se midió 100 rpm por 2 minutos, seguido de 50 rpm por 15 minutos y 15 minutos de reposo, para luego abrir la llave de paso, permitir llenar el tanque de almacenamiento del agua tratada y obtener una muestra de dicha agua para el posterior análisis de cantidad de arsénico, turbidez y Ph. Foto N°34.

Se procedió al lavado del barro almacenado en el fondo del biofiltro, eliminando los desechos por el grifo y se realizó nuevamente el procedimiento anterior pero ahora se le agregó 5 gr de mucílago de tuna activado a 100°C, debido a que la dosis por litro es de 50 mg, se midió 100 rpm por 2 minutos, seguido de 50 rpm por 15 minutos y 15 minutos de reposo, para luego abrir la llave de paso, permitir llenar el tanque de almacenamiento del agua tratada y obtener una muestra de dicha agua para el posterior análisis de cantidad de arsénico, turbidez y Ph.

Se procedió nuevamente al lavado del barro almacenado en el fondo del biofiltro, eliminando los desechos por el grifo y se realizó nuevamente el procedimiento anterior pero ahora se le agregó 5 gr de mucílago de tuna activado con cocina a gas, debido a que la dosis por litro es de 50 mg, se midió 100 rpm por 2 minutos, seguido de 50 rpm por 15 minutos y 15 minutos de reposo, para luego abrir la llave de paso, permitir llenar el tanque de almacenamiento del agua tratada y obtener una muestra de dicha agua para el posterior análisis de cantidad de arsénico, turbidez y Ph.

Se procedió nuevamente al lavado del barro almacenado en el fondo del biofiltro, eliminando los desechos por el grifo y se realizó nuevamente el procedimiento anterior pero ahora se le agregó 7 gr de mucílago de tuna activado a 80°C debido a que la dosis por litro es de 70 mg, se midió 100 rpm por 2 minutos, seguido de 50 rpm por 15 minutos y 15 minutos de reposo, para luego abrir la llave de paso, permitir llenar el tanque de almacenamiento del agua tratada y obtener una muestra de dicha agua para el posterior análisis de cantidad de arsénico, turbidez y Ph.

Se procedió nuevamente al lavado del barro almacenado en el fondo del biofiltro, eliminando los desechos por el grifo y se realizó nuevamente el procedimiento anterior pero ahora se le agregó 7 gr de mucílago de tuna activado a 100°C debido a que la dosis por litro es de 70 mg, se midió 100 rpm por 2 minutos, seguido de 50 rpm por 15 minutos y 15 minutos de reposo, para luego abrir la llave de paso, permitir llenar el tanque de almacenamiento del agua tratada y obtener una muestra de dicha agua para el posterior análisis de cantidad de arsénico, turbidez y Ph.

Se procedió nuevamente al lavado del barro almacenado en el fondo del biofiltro, eliminando los desechos por el grifo y se realizó nuevamente el procedimiento anterior pero ahora se le agregó 7 gr de mucílago de tuna activado con cocina a gas, debido a que la dosis por litro es de 70 mg, se midió 100 rpm por 2 minutos, seguido de 50 rpm por 15 minutos y 15 minutos de reposo, para luego abrir la llave de paso, permitir llenar el tanque de almacenamiento del agua tratada y obtener una muestra de dicha agua para el posterior análisis de cantidad de arsénico, turbidez y Ph.

Una vez almacenadas las muestras de agua patrón y experimentales se procedió a realizar el análisis en laboratorio para determinar la cantidad de arsénico, turbidez y Ph.

III). RESULTADOS

TABLA 8

RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL BIOFILTRO, VER PLANO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL

CANTIDAD DE HABITANTES	DOTACIÓN	POBLACIÓN FUTURA	CAUDAL DE DISEÑO
75 hab	150 lt/día	90 hab	0.218 lt/s

Fuente: Secretario General del C.P. Sacaycacha

Se ha considerado una tasa de crecimiento de 10, con una cantidad de 20 años, a partir del cálculo del caudal de diseño se obtuvieron las dimensiones hidráulicas y estructurales del sistema de biofiltro.

TABLA 9

RESULTADOS DE LAS MEDIDAS Y ESCALA DEL BIOFILTRO PROTOTIPO

	Escala	Balde captación	Balde biofiltro	Balde almacenamiento
Diámetro		25 cm	35 cm	25 cm
Altura	1/500	25 cm	40 cm	25 cm

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró el sistema de biofiltro para demostrar la eficiencia del mucílago de tuna, el balde del biofiltro tiene mayores dimensiones que el balde de captación y almacenamiento debido a la amplitud que se tuvo para que la tubería en T gire con normalidad.

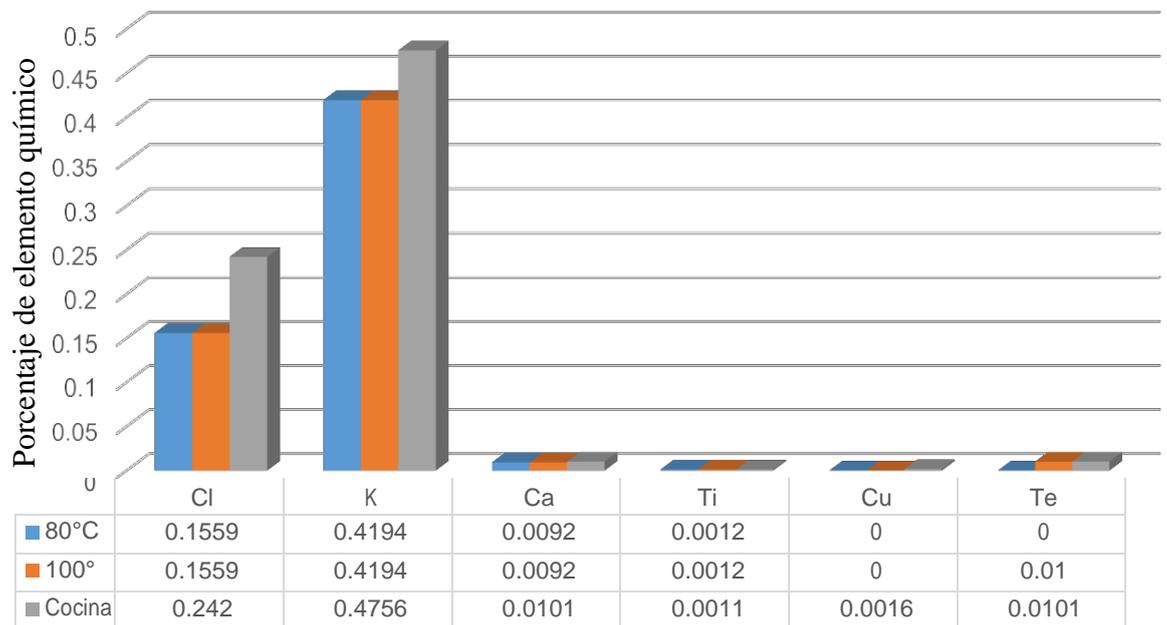
TABLA 10**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
POR MEDIO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

ELEMENTO	% MASA A 80°C	% MASA A 100°C	% MASA CON COCINA
Cl	0.1559	0.1559	0.2420
K	0.4194	0.4194	0.4756
Ca	0.0092	0.0092	0.0101
Ti	0.0012	0.0012	0.0011
Cu	-	-	0.0016
Te	-	0.0100	0.0101
Otros	99.4143	99.4043	99.2595
Totales	100.00	100.00	100.00

Fuente: Laboratorio de Archeometría, Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 uA. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida alrededor de 45°, distancia uestra a fuente de rayos -X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 400 cts/s. Teniendo en cuenta la naturaleza de la muestra el analito se preparó utilizando un vaso de Pirex de 10 mL que se llenó al ras y se utilizó un arreglo vertical tanto para el haz incidente como para el detector del haz secundario.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MUCÍLAGO DE TUNA EN %



Elementos químicos presentes en el mucílago de tuna

■ 80°C ■ 100° ■ Cocina

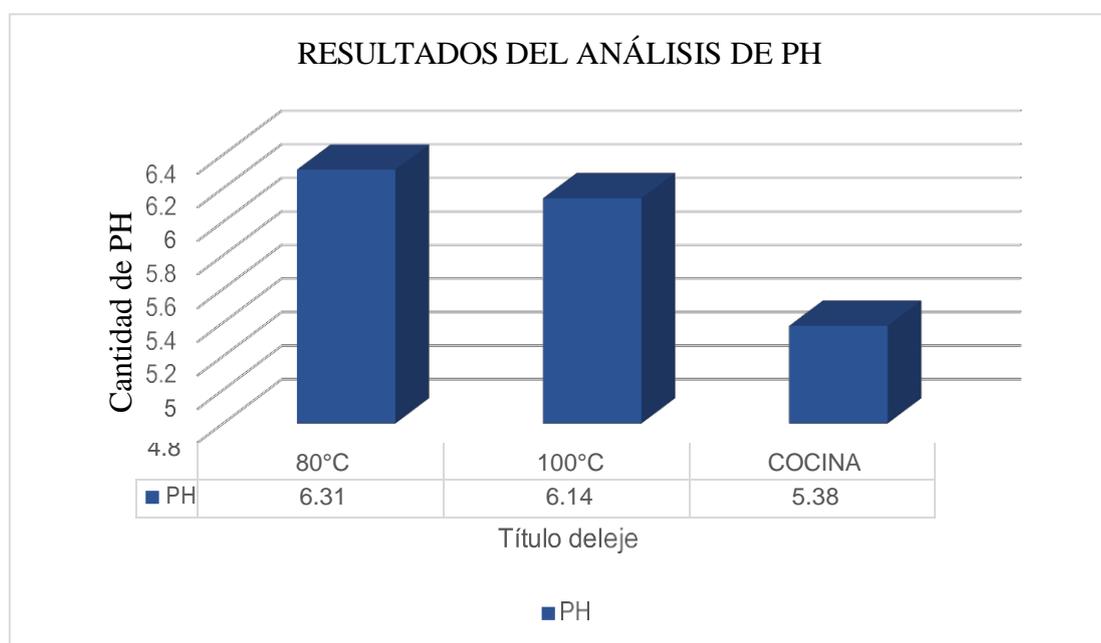
El potasio es el elemento químico que predomina en las 3 activaciones térmicas, es en la activación de cocina que tiene mayor contenido. El porcentaje de calcio de 80°C y 100°C es igual y se aproxima a la de cocina. El potasio y calcio son los componentes químicos que se encargarán de hacer posible la remoción de arsénico, debido a su carga positiva. El cloro tiene carga negativa, por ende no ayudará a la remoción de As, y los demás componentes son mínimos, por ello no interfieren en el mecanismo de remoción de arsénico.

TABLA 11

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PH DEL MUCÍLAGO DE TUNA A DIFERENTES TEMPERATURAS

PH	80°C	100°C	COCINA
CANTIDAD	6.31	6.14	5.38

Fuente: Corporación de Laboratorios de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales “COLECBI” S.A.C.



La cantidad de potencial de hidrógeno (PH) es mayor cuando se activa el mucílago de tuna a 80°C y se aproxima al PH neutro que es 7, dicho PH pertenece al de agua potable. Mientras que el PH del mucilago de tuna activado con cocina es casi 10 veces menos que el de 80°C, esto genera que al momento de interactuar con el agua natural de Río el PH no aumentará, hasta puede que disminuya.

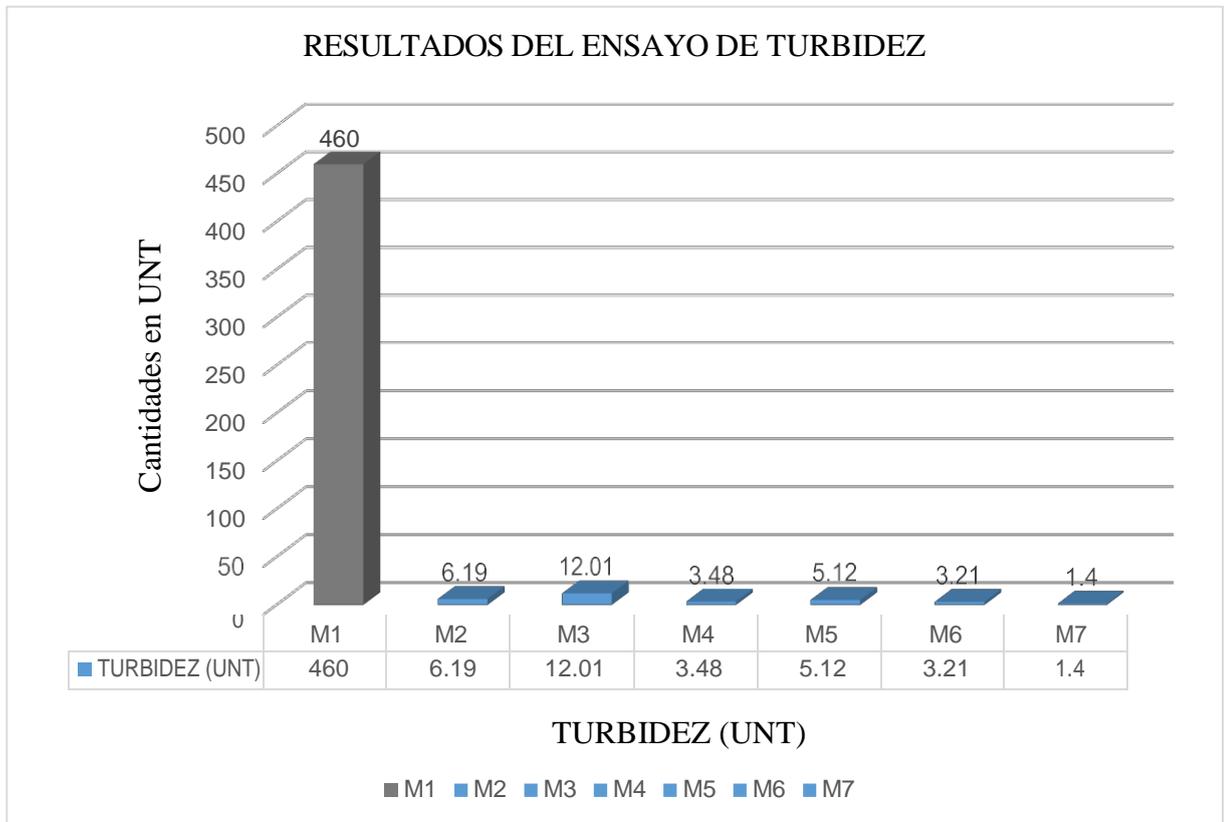
TABLA 12

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ (UNT) DE LA MUESTRA PATRÓN Y MUESTRAS EXPERIMENTALES CON DIFERENTES DOSIS Y TEMPERATURAS DE ACTIVACIÓN

MUESTRAS	FECHA DE MUESTREO	DOSIS Y TEMPERATURA	TURBIDEZ (UNT)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN
M1	28/12/2017	-	460	0 %
M2	28/12/2017	50 mg/L a 80°C	6.19	98.65 %
M3	28/12/2017	70 mg/L a 80°C	12.01	97.39%
M4	28/12/2017	50 mg/L a 100°C	3.48	99.24%
M5	28/12/2017	70 mg/L a 100°C	5.12	98.89%
M6	28/12/2017	50 mg/L con cocina	3.21	99.30%
M7	28/12/2017	70 mg/L con cocina	1.40	99.70%

Fuente: Corporación de Laboratorios de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales “COLECBI” S.A.C.

El ensayo de turbidez se realizó con un Turbidímetro Hach 2100 Q, el cual verifica el color del agua debido a los coloides que la oscurecen en UNT, el proceso fue rápido, la lectura del equipo es directa y calcula la cantidad en UNT en la pantalla.



La cantidad de turbidez de M1 es muy elevada, a comparación de las otras muestras que fueron tratadas con dosis y temperaturas distintas, siendo la menor la M7 que fue activada con cocina con 70 mg/L de dosis. La muestra que tuvo menor remoción de turbidez fue la M3 que fue activada a 80°C con 70 mg/L de dosis, eso no quiere decir que sea descartada, ya que su porcentaje de turbidez sigue siendo alta.

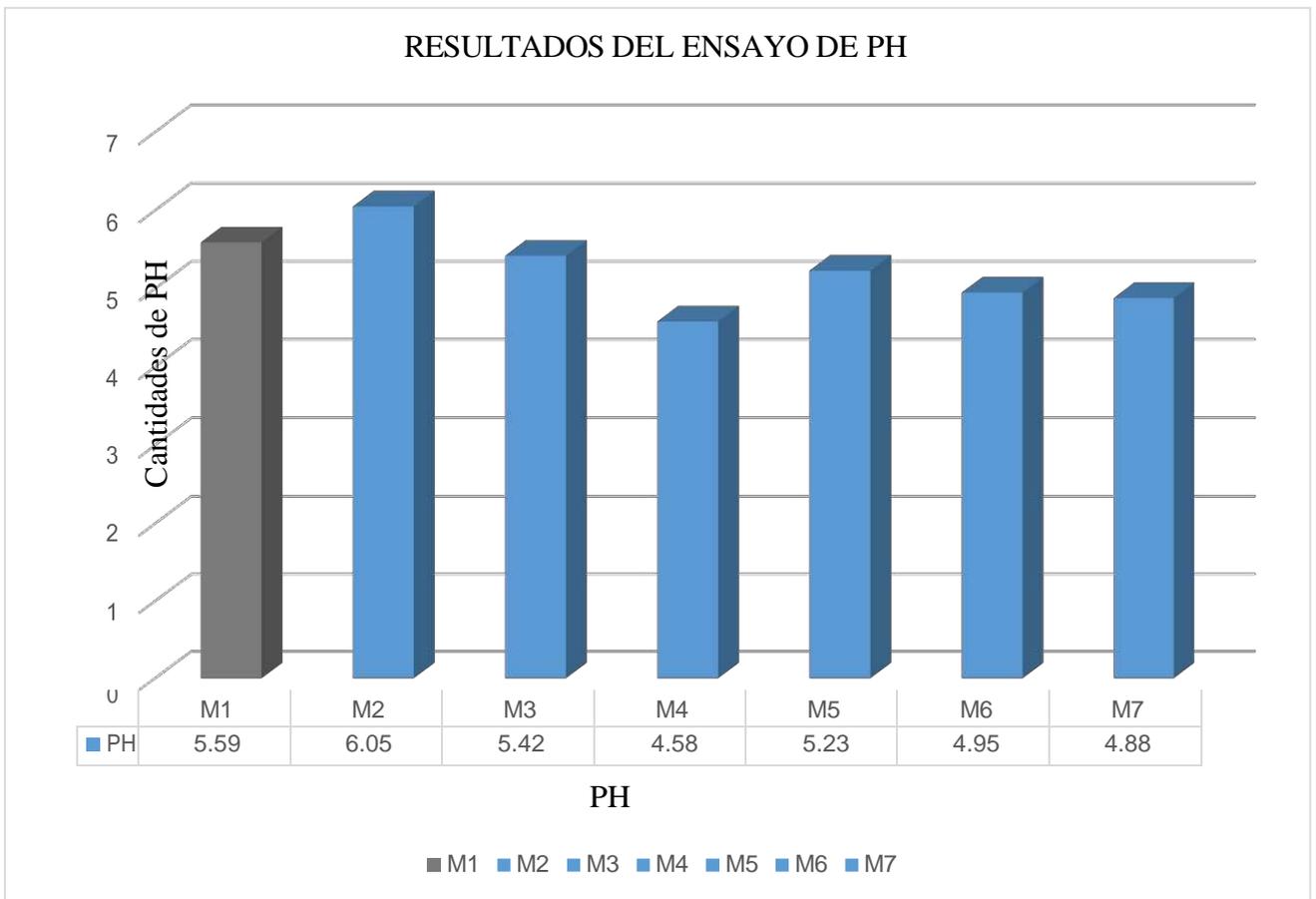
TABLA 13

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PH DE LA MUESTRA PATRÓN Y MUESTRAS EXPERIMENTALES CON DIFERENTES DOSIS Y TEMPERATURAS DE ACTIVACIÓN

MUESTRAS	FECHA DE MUESTREO	DOSIS Y TEMPERATURA	PH
M1	28/12/2017	-	5.59
M2	28/12/2017	50 mg/L a 80°C	6.05
M3	28/12/2017	70 mg/L a 80°C	5.42
M4	28/12/2017	50 mg/L a 100°C	4.58
M5	28/12/2017	70 mg/L a 100°C	5.23
M6	28/12/2017	50 mg/L con cocina	4.95
M7	28/12/2017	70 mg/L con cocina	4.88

Fuente: Corporación de Laboratorios de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales “COLECBI” S.A.C.

El ensayo de cantidad de PH se realizó con un Peachímetro digital portátil, se introduce a la muestra de agua y de inmediato calcula el valor del PH, en laboratorio se hicieron 3 mediciones por muestra y se calculó el promedio con la finalidad de tener un mejor resultado. Si bien es posible realizar el PH también con cintas de colores, es recomendable el Peachímetro por su mejor precisión al calcular.



La cantidad de PH más favorable es la M2, debido a que esta es la que más se aproxima al PH neutro que es 7, dicha muestra fue activada a 80°C con una dosis de 50 mg/L. El PH de M1 es ácido, pero no es menor que las muestras experimentales. Se observa que el PH del agua ha disminuido más que las demás muestras cuando se utilizó 50 mg/L a 100°C, es decir se volvió 100 veces más ácida.

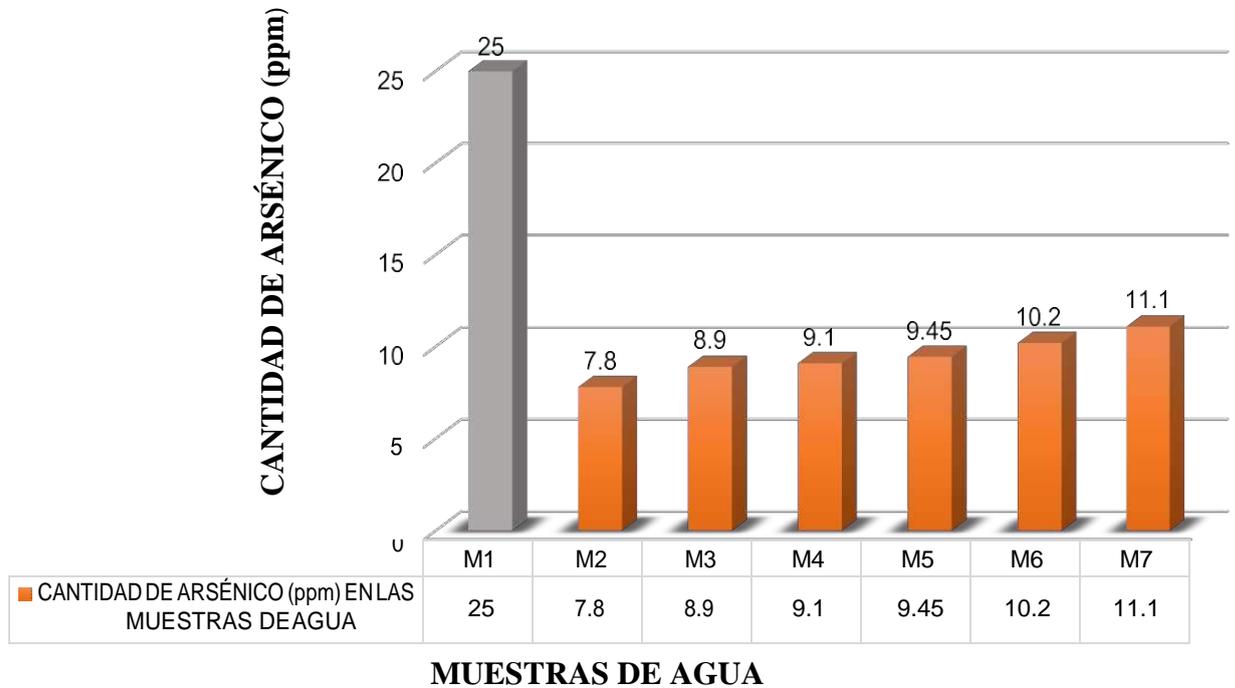
TABLA 14**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSÉNICO (ppm As) DISUELTO EN LAS MUESTRAS DE AGUA**

MUESTRAS	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE MUESTREO	DOSIS Y TEMPERATURA	RESULTADOS (ppm)
M1	<0.3 ppm	28/12/2017	-	25.00
M2		28/12/2017	50 mg/L a 80°C	7.80
M3		28/12/2017	70 mg/L a 80°C	8.90
M4		28/12/2017	50 mg/L a 100°C	9.10
M5		28/12/2017	70 mg/L a 100°C	9.45
M6		28/12/2017	50 mg/L con cocina	10.20
M7		28/12/2017	70 mg/L con cocina	11.10

Fuente: Prueba de Espectrofotometría para determinación cuantitativa de arsénico en el agua, Laboratorio LABICER.

El ensayo de cantidad de arsénico se realizó con Espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-7000, que al añadir reactivos elequipo calculó la cantidad de arsénico en la muestra patrón y las demás, para así poder calcular la cantidad de remoción. Este ensayo se realizó en época de sequía, poco antes de llegar a la época de abundancia del Río Huandoval.

CANTIDAD DE ARSÉNICO (ppm) EN LAS MUESTRAS DE AGUA



La cantidad de arsénico de M1 es mayor que las experimentales, quiere decir que hubo remoción de arsénico. Se observa que M2 obtuvo mayor cantidad de remoción y M7 la menor cantidad de remoción. Es necesario comentar que todas las dosis obtuvieron una buena cantidad de remoción en general.

TABLA 15

CANTIDAD DE ARSÉNICO (ppm) DE LAS MUESTRAS DE AGUA ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO EN RELACIÓN AL LMP DEL ECA

MUESTRAS	RESULTADOS (ppm)
M1	25.00
M2	7.80
M3	8.90
M4	9.10
M5	9.45
M6	10.20
M7	11.10
ECA	10.00

Fuente: Prueba de Espectrofotometría para determinación cuantitativa de arsénico en el agua, Laboratorio LABICER.

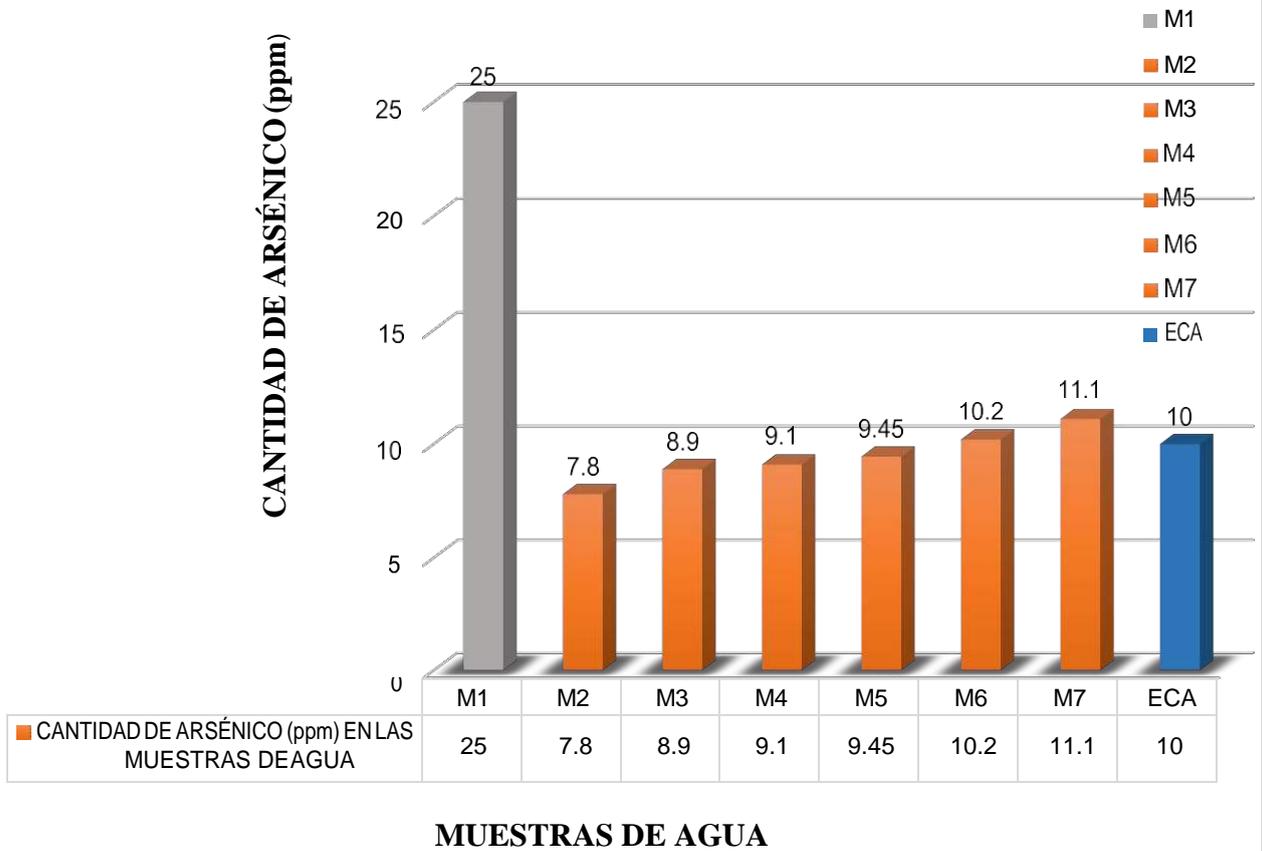
TABLA 16

PORCENTAJE DE ARSÉNICO (ppm) DISUELTO EN LAS MUESTRAS DE AGUA

MUESTRAS	RESULTADOS
M1	0 %
M2	68.80%
M3	64.40%
M4	63.60%
M5	62.20%
M6	59.20%
M7	55.60%

Fuente: Prueba de Espectrofotometría para determinación cuantitativa de arsénico en el agua, Laboratorio LABICER.

CANTIDAD DE ARSÉNICO (ppm) EN LAS MUESTRAS DE AGUA



La cantidad de arsénico en M1 supera los límites de ECA en un 150%, se observa que M6 y M7 supera los límites de ECA, a pesar de haber removido un gran porcentaje de arsénico. La M2 demuestra tener mayor eficiencia al remover arsénico por haber sido activada a 80°C y utilizada con 50 mg/L. Por otro lado, las muestras que fueron tratadas con mucílago activado con cocina no alcanzaron estar por debajo de los límites de la ECA.

Tabla 17: Arsénico del agua del según dosificaciones de mucilago de tuna en diferentes momentos. Rio Huandoval – C.P. Sacaycacha

Tratamiento	Momento		Diferencia
	Antes	Después	
T 80° - 50 mg/L	25	7,80	17,20
T 80° - 70 mg/L	25	8,90	16,10
T 100° - 50 mg/L	25	9,10	15,90
T 100° - 70 mg/L	25	9,45	15,55
T cocina° - 50 mg/L	25	10,20	14,80
T cocina° - 70 mg/L	25	11,10	13,90
Media	25	9,4250	15,575

Fuente: Elaboración propia

$$t = 33,645 \quad p=0.000 \quad p<0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y $p<0.05$ podemos decir que la media de las diferencias antes y después de aplicar un tratamiento con mucilago de tuna es diferente de 0, por lo que podemos indicar que el mucilago de tuna es efectivo para la disminución de arsénico en el agua al elevar el potencial de hidrógeno (PH) en el agua del rio Huandoval – C.P. Sacaycacha.

Tabla 18: Remoción de arsénico en las muestras de agua de rio Huandoval con adición de mucilago de tuna.

Temperatura	Remoción de arsénico por dosis de mucilago de tuna	
	50 mg/L	70 mg/L
80°	7,80	8,90
100°	9,10	9,45
Cocina °	10,20	11,10

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio COLECBI

En la tabla 18 se puede apreciar que las cantidades de arsénico removidos en las aguas del río Huandoval es mayor cuando el mucilago de tuna está a una temperatura de una cocina.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro - Wilk) y homogeneidad de varianzas (Prueba F) de las cantidades de remoción de arsénico en las muestras de agua del río Huandoval para cada tratamiento (adición de una dosis de mucilago de tuna) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 19: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de cantidad de arsénico en las muestras de agua y del efecto de las temperaturas.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Adición de mucilago	,920	1	,920	12,204	,073
Temperatura	5,358	2	2,679	35,519	,027
Error	,151	2	,075		
Total	6,429	5			

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla 19, se puede visualizar que el p-value $> \alpha$ ($0.073 > 0$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con un nivel de 5% de significancia las cantidades medias de remoción de arsénico en mg/L logradas en las muestras de agua del río Huandoval, no son significativamente diferentes. (se pueden considerar iguales) .

También se tienen que para las temperaturas p-value $< \alpha$ ($0.027 < 0.05$) entonces podemos decir que las cantidades de arsénico son diferentes a consecuencias de los días de curado.

IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009), indica realizar estudios previos como calidad del agua, población y análisis de riesgo y vulnerabilidad; eso mismo se realizó en esta tesis comenzando con un análisis químico a nivel general del agua del Río para demostrar que se necesita diseñar un biofiltro, así mismo se realizó una encuesta en el C.P. Sacaycacha, un estudio de suelos mediante una calicata y obtener los datos estructurales.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009), explica los tipos de biofiltro que contienen capas de grava, arena o ambas juntas. Gil (2017) utilizó en ensayo de prueba de jarras y demostró que el mucílago de tuna no necesita capas de arena o grava debido a que interactúa como coagulante, floculante y sedimentador al unir los coloides con el mucílago de tuna hasta que estos adquieren el peso suficiente para caer por gravedad al fondo del recipiente y formar una capa de barro, dejando el agua prácticamente clarificada; es por ello que en este prototipo de biofiltro no se utilizó capas de arena o grava, el mucílago de tuna captura los coloides en la velocidad de 100 rpm, y va formando los flóculos para que al momento de la velocidad de 50 rpm termine de formarlos y caer por gravedad hasta el reposo de 15 minutos. Es necesario mencionar que los biofiltros del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (2009) son a través de capas, por caída del agua a dichas capas, a comparación del biofiltro prototipo de esta tesis, el cual funciona en revoluciones por minuto al añadir el mucílago de tuna.

El Mostafa K. et al 2014, mencionan que por cada 100 gr de penca de tuna existen 2.35 – 55.20 mg, es decir 0.00235 – 0.0552 % de potasio sin activar térmicamente, así como por cada 100 gr de penca de tuna existen 5.64 – 17.95 mg, es decir 0.00564 – 0.01795 % de calcio sin activar térmicamente. En esta tesis se analizó el mucílago de tuna activado por 12 minutos, en potasio de obtuvo

0.4194% a 80°C, 0.4194% a 100°C y 0.4756% con cocina; en calcio se obtuvo 0.0092% a 80°C, 0.0092% a 100°C y 0.0101% con cocina. Esto demuestra que la cantidad de potasio aumentó casi el triple con respecto a sin activar térmicamente, esto favorece para mejores resultados debido a que existirán más iones positivos que atraerán al arsénico negativo y rompen la doble capa eléctrica; mientras que el contenido de calcio se mantiene similar que sin activar térmicamente, por ello se deduce que existe mayor cantidad de potasio en el mucílago de tuna que en las capas externas de la tuna, debido a que el estudio de Mostafa K (2014) se refiere a una penca de tuna en toda su superficie, los porcentajes se basan en la totalidad del peso de 100 gramos de penca de tuna a diferencia de esta tesis que los porcentajes están de acuerdo al total de peso del mucílago de tuna.

Gil P. (2017) sostiene que el PH del mucílago de tuna sin activar térmicamente es de 4.89, es un PH ácido. Al activar térmicamente a 80°C, 100°C y cocina se obtuvieron los valores de 6.31, 6.14 y 5.38 respectivamente, esto quiere decir que al activar a 80°C el PH se aproximó al PH neutro que es 7, siendo casi 10000 veces menos ácido que el mucílago de tuna sin activar térmicamente. Esto favoreció debido a que Song, Williams, Edyveab (2004) indica que cada coagulante de arsénico opera más efectivamente en un rango específico de pH y exhibe una máxima remoción de arsénico a pH óptimo y se sabe que el PH óptimo del agua es 7, al aproximarse el PH del mucílago de tuna da una ventaja para la remoción de arsénico.

(Alcantar 2007) dio a conocer que el mucílago de tuna remueve la turbidez del agua en gran porcentaje, cuando se realizaron las pruebas en el prototipo de biofiltro se demostró que al activar térmicamente a 80°C con 50 y 70 mg/L, se removió 98.65 y 97.39% respectivamente; cuando se utilizó 100°C con 50 y 70 mg/L se removió 99.24 y 98.89% respectivamente y al utilizar la cocina para activar térmicamente con baño María se obtuvo 99.30 y 99.70 de remoción de turbidez respectivamente. Con esto se demostró que el mucílago de tuna funciona como un coagulante y floculante debido a que adsorbe las cargas negativas de los coloides rompiendo la doble capa (capa de Stern y difusa), y disminuyendo las

fuerzas de repulsión de Van der Waals, haciendo que los coloides se aglomeren con el mucílago de tuna y caigan por gravedad al fondo del biofiltro.

Young(2006) fue uno de los pioneros, realizó un intercambio iónico separando la parte líquida y sólida del mucílago de tuna, a la parte sólida la llamó GE, con 65 mg/L de GE obtuvo una remoción de 31% de arsénico. Fox (2011) analizó la cantidad de remoción de Arsénico V por medio de interfaces aire agua, con 50 mg/L obtuvo 14% de remoción. Thomas(2015) combinó GE y NE con alcohol polivinílico y poliestireno como nanofibras, obteniendo una remoción de 18.93%, al darse cuenta de que el mucílago de tuna necesitaba más cargas positivas Vecino(2016) agregó alginato de sodio y cloruro de sodio al GE y NE, utilizó 1.25 mg/L GE y NE, tuvo resultados de 63 y 59.8% de remoción de arsénico. Hasta que Gil(2017) probó la funcionalidad del mucílago de tuna sin separar y activándolo térmicamente con cocina eléctrica en un baño María por un tiempo de 12 minutos, logrando resultados óptimos de 63.63% de remoción. Es por ello que en esta investigación se logró diseñar un biofiltro a escala y realizar el mismo mecanismo de Gil(2017) pero de una manera casera, modificando los modos de activación, temperaturas y dosis. Los resultados fueron favorables, a 80°C con dosis de 50 y 70 mg/L se removió 68.80 y 64.40% de arsénico respectivamente, a 100°C con dosis de 50 y 70 mg/L se removió 63.60 y 62.20% de arsénico respectivamente, al activar con cocina con dosis de 50 y 70 mg/L se logró remover 59.20 y 55.60% de arsénico respectivamente. Al utilizar 70 mg/L activado con cocina no se logró superar los parámetros de la ECA. La dosis de 50 mg/L activada a 80°C fue la mejor, esto es debido a la temperatura controlada al activarse, así como a su PH del agua de 6.05 que mejoró desde 5.59 al combinarse con el PH del mucílago de tuna a 80°C que es de 6.31, que se aproxima al neutro y a la cantidad de potasio y calcio, que son los que aportan las cargas positivas en la adsorción por coagulación al eliminar las fuerzas de Van der Waals, es ahí donde el arsénico se une a los coloides y caen por gravedad, la segunda mayor remoción fue a 80°C con 70 mg/L, debido a que el pH del mucílago de tuna a 80°C fue de 6.31, en la activación de 100°C con 50 mg/L se obtuvo una remoción de 63.60%,

se deduce que por ser mayor la temperatura de activación y el pH del mucílago de tuna activado a 100°C fue de 6.14, menor a 6.31, en la activación de 100°C con dosis de 70 mg/L se observa que removi6 62.20%, esto quiere decir que las dosis de 50 mg/L por cada temperatura activada son las que funcionan mejor. Al activar con cocina el pH del mucílago de tuna fue de 5.38, y se obtuvo una remoci6n de 59.20 y 55.60% para 50 y 70 mg/L respectivamente, la temperatura no fue controlada y nuevamente se demuestra que la menor dosis fue la que tuvo mayor remoci6n de ars6nico.

V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se estableció los parámetros de diseño hidráulico según los 90 habitantes al cual se abastecerá el agua tratada en el biofiltro, así como los parámetros estructurales según el tipo de suelo y dimensionamiento hidráulico, el caudal de diseño es de 0.218 lt/s.

La escala prototipo del biofiltro fue de 1/500, respecto al volumen utilizado de agua a tratar, y sirvió como punto de partida para el diseño hidráulico y estructural del biofiltro. Del mismo modo se elaboraron las respectivas dosis y temperaturas para añadirlas a la mezcla rápida dada por el motor graduado para realizar 50 y 100 rpm.

La composición química del mucílago de tuna, indica su potencial en potasio, ya que contiene 0.4194 y 0.4756% activado a 80° y cocina, así mismo una cantidad regular de calcio de 0.0092 y 0.0101% activado a 80°C y cocina, estos tienen carga positiva, por ende puede funcionar como coagulante y floculante natural como algún otro comercial. Del mismo modo el PH a 80°C, 100°C y cocina fue de 6.31, 6.14 y 5.38 respectivamente, y se aproximan a ser neutros.

Producto de las adiciones de 50 y 70 mg/L de mucílago de tuna activado a 80°C se obtuvo una remoción de 98.65 y 97.39% en turbidez respectivamente, en PH se tienen los resultados de 6.05 y 5.42 respectivamente; para 50 y 70 mg/L de mucílago de tuna activado a 100°C resultó 99.24 y 98.89% de disminución de turbidez respectivamente en PH se tienen los resultados de 4.58 y 5.23 respectivamente, finalmente al activar con cocina con 50 y 70 m/L se removió 99.30 y 99.70% respectivamente en PH se tienen los resultados de 4.95 y 4.88 respectivamente; todo ello en comparación a un patrón con turbidez de 460 UNT y 5.59 de PH.

Se obtuvo una remoción importante comparando al patrón que fue de 25 ppm, mientras que en los experimentales fueron M1 68.80%, M2 64.40%, M3 63.60%, M4 62.20%, M5 59.20% y M6 55.60%, con una misma cantidad y calidad de agua.

RECOMENDACIONES

Se recomienda escalar la cantidad de mucílago de tuna ya que en el prototipo se trabajó con 5 y 7 gr para 10 litros y en el Biofiltro con dimensiones reales, estas dosis serían distintas; así como también utilizar otros biomateriales que remuevan metales pesados por mezcla rápida en el biofiltro diseñado.

Se debe tener precisión al adecuar el motor del biofiltro para las revoluciones indicadas, así como las uniones de accesorios y/o orificios de los baldes con el fin de evitar fugas de agua.

Se puede mejorar las propiedades químicas del mucílago de tuna añadiendo fierro y así ganar más cargas positivas, o analizar con otras temperaturas con menor rango de separación, por ejemplo 85°C.

Utilizar otras dosis o temperaturas de activación para que el PH también se aproxime a neutro y llegar al 100% de turbidez.

Probar la eficiencia del biomaterial de mucílago de tuna con dosis menores a 50 mg/L con 80°C, o en todo caso disminuir la temperatura o tiempo de activación, para así tener un panorama más amplio de estudio de este biomaterial para remover arsénico.

Se debe tener en cuenta, que las dosis de mucílago de tuna trabajaron en proporciones 50:1 y 70:1 (mucílago de tuna: agua a tratar), por eso se recomienda analizar cómo funcionaría si se trabajara en diferentes proporciones por ejemplo: 50: 0.5, 70: 0.5, etc.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza suficiente para salir adelante y llegar a esta etapa de la carrera.

A mi querida madre, que desde muy pequeño me apoyó en buenas y malas, yo sé que desde el cielo estás feliz por este gran avance, por eso este esfuerzo y sacrificio es por usted.

A mi padre por haberme forjado la persona que soy en la actualidad, por brindarme su apoyo incondicional y darme los mejores consejos.

A mi hermano Daniel por darme los ánimos para continuar, a mi hermana Nancy por sus consejos y enseñanzas para salir adelante.

A mi mamita Nolberta y mi papito Bruno, por las enseñanzas y conocimientos brindados en todo momento.

Al M.S. César Julián Benites por su paciencia y por brindarme sus conocimientos que han sido fundamentales para mi formación como investigador y perseverancia para mejores resultados.

Al Ing. Dante Salazar Sánchez por sus conocimientos en la rama de ingeniería civil, y el apoyo brindado a lo largo del curso.

A todos nuestros docentes de la carrera de Ing. Civil que nos enseñaron tanto de la profesión.

VII). REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboleda Valencia, J. (1992). Teoría y Práctica de la Purificación del agua. Colombia: Acodal.
- Andía Cárdenas, Y. (Abril de 2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima: SEDAPAL Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. TRATAMIENTO DE AGUA:COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.
- Arakaki, M. (2006). The Cactaceae; descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Perú: Cact. 3:211,1923.
- Arboleda Valencia, J. (1992). Teoría y práctica de la purificación del agua. En J. A. Valencia, Teoría y práctica de la purificación del agua (págs. 1-19). Colombia: ed.Acodal.
- Arboleda Valencia, J. (200). Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Bogota-Colombia: 3era edición - Tomo I y II.
- Barrenechea Martel, A. (23 de Septiembre de 2011). Coagulación. Obtenido de Coagulación: www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/cuatro.pdf
- Cóndor Cotrina, m. (12 de febrero de 2000). el comercio. el comercio, pág. 2.
- Contreras Lozano, K. P. (2015). El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. Rev. P, vol.10 no.1 Caldas Jan.
- De León, M. (22 de MARZO de 2007). 2.5% ES DULCE Y 97.5% ES AGUA SALADA EN EL MUNDO. Obtenido de <https://burica.wordpress.com/2007/03/22/25-es-dulce-y-975-es-agua-salada-en-el-mundo/>
- Garduño Anaya, M., & Martínez, J. (25 de Noviembre de 2012). CALIDAD Y NORMATIVIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO

- HUMANO. Obtenido de [Disponible en] <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap5.pdf>.
- León, B. e. (2006). El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Perú: Rev.perú.biol.Número especial 13(2): 193s-219s.
- Ley N°29338. (25 de Noviembre de 2012). LEY DE RECURSOS HÍDRICOS. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/media/316755/leyrh.pdf>.
- M., G. A., & MARTINEZJ. (s.f.). CALIDAD Y NORMATIVIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Obtenido de <http://www.pnuma.or/recnat/esp/documentos/cap5.pdf>
- Olivero Verbel, R. E. (2013). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. Producción + Limpia, Vol.8, No.1 - 19•27.
- Otazu reyna, p. (2015). sistemas123. Trujillo.
- Pablo otazu, p. (22 de enero de 2002). Obtenido de <http://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>
- Scuka, F. (FEBRERO de 2009). CUANTA AGUA TIENE EL PLANETA. Obtenido de LATINOAMERICA EN EL CENTRO: <http://www.latice.org/milj/es/fedscu0902es.html>
- SILGADO, J. M. (2012). EVALUACIÓN DEL PODER COAGULANTE DE LA UNA (*Opuntia ficus indica*) PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y COLOR EN AGUAS CRUDAS. COLOMBIA.
- velandia barrera, Y. (2013). Turbiedad del Agua. Turbiedad .
- Wikipedia. (10 de junio de 2012). Wikipedia la Inciclopedia Libre. Obtenido de Carbonato de Calcio: https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_calcio
- Wikipedia. (30 de Abril de 2013). Obtenido de Calcio: <https://es.wikipedia.org/wiki/Calcio>

ANEXOS Y APÉNDICES

ANEXO 01

**DIMENSIONAMIENTO DEL
SISTEMA DE AGUA EXISTENTE EN
EL C.P. SACAYCACHA**

MEMORIA DE CÁLCULO DE AGUA POTABLE

1.- NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

2.- FECHA: Diciembre del 2017

3.- UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: **ANCASH**
PROVINCIA: **SANTA**
DISTRITO: **BOLOGNESI**
CENTRO POBLADO: **SACAYCACHA**

1.- POBLACION DE DISEÑO Y DEMANDA DE AGUA

1.1 POBLACION FUTURA

A.- PERIODO DE DISEÑO :

Periodo de diseño (t) en años: **20** Años

B.- METODOS DE CÁLCULO :

- a. **Método Analítico**
- b. Método Comparativo
- c. Método Racional

Datos :

Numero de Viviendas = **15** Viviendas
Periodo de Diseño t = 20 años
Numero de Habitantes Promedio/ Viv. = **5** (Promedio según encuesta)

Población Actual (Pa) = Numero de Viviendas x Numero de Habitantes promedio por Viviendas

Pa = **75** habitantes

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus- Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

*** 2do Caso**

(Cuando no existe información consistente, se considera el valor de " r " en base a los coeficientes de Crecimiento lineal por Departamento , que se presenta en el siguiente Cuadro)

COEFICIENTE DE CRECIMIENTO LINEAL POR DEPARTAMENTO " r "

DEPARTAMENTO	CRECIMIENTO ANUAL POR MIL HAB. " r "
Tumbes	20
Piura	30
Cajamarca	25
Lambayeque	35
La Libertad	20
Ancash	10
Huanuco	25
Junin	20
Pasco	25
Lima	25
Prov. Const Callao	20
Ica	32
Huancavelica	10
Ayaacucho	10
Cuzco	15
Apurimac	15
Arequipa	15
Puno	15
Moquegua	10
Tacna	40
Loreto	10
San Martin	30
Amazonas	40
Madre de Dios	40

Fuente: Ministerio de Salud (1962)

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{r * t}{1000} \right)$$

DATOS: Población Actual (2017) = 75 habitantes
 Coeficiente de Crecimiento: = 10
 Periodo de Diseño (t) = 20 años

r = 10 por cada 1000 habitantes (10 o/oo)

*** Población Futura :**

$$Pf (2037) = Pa (2017) * \left(1 + \frac{r * t}{1000} \right)$$

Pf = 90 habitantes

1.2 DEMANDA DE AGUA

DEMANDA DE DOTACIONES

POBLACION (Habitantes)		DOTACION (l/hab./día)
Hasta	500	60
501 -	1000	60 - 80
1001 -	2000	80 - 100

Fuente: Ministerio de Salud (1962)

REGION	DOTACION (l/hab./día)
COSTA	60
SIERRA	50
SELVA	70

Fuente: Ministerio de Salud (1984)

NOTA :

Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90m², las dotaciones serán de 120l/hab/d en clima frío y de 150 l/hab/d en clima templado y calido. **(NORMA OS.100 -RNE)**

Para el Proyecto se ha Considerado una Dotacion Diaria por Habitante de = **150** lt/hab/día

VARIACIONES PERIODICAS

CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL (Qm)

Formula :

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

Donde:

Qm = Consumo Promedio Diario (l/s)

Pf = Poblacion Futura (Hab)

D = Dotacion (lt/ Hab/día)

= **90** habitantes

= **150** lt/hab/día

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

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

$$Q_m = 0.156 \text{ l/s}$$

CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)

$$Q_{md} = 1.3 * Q_m$$

$$Q_{md} = 0.203 \text{ l/s}$$

CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)

$$Q_{mh} = 2.5 * Q_m$$

$$Q_{mh} = 0.391 \text{ l/s}$$

CÁLCULO DE CAUDAL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA EXISTENTE

CONSUMO DOMÉSTICO

$$\text{Consumo domestico (Cd)} = 0.203 \text{ l/s}$$

CONSUMO EN EDUCACIÓN

Dotación:	50	Lt/persona/día
Área:	25	personas

$$\text{Consumo en educación (Ce)} = 0.014 \text{ l/s}$$

CAUDAL DE DISEÑO:

$$Q_d = C_d + C_e$$
$$Q_d = 0.218 \text{ l/s}$$

CALCULO DEL CAUDAL DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V =	Velocidad	(m/s)
R =	radio hidráulico	(m)
S =	pendiente	
n =	coeficiente de Manning	

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus- Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

Q = caudal (m³/s)
A = area (m²)

Tirante del canal:	0.20 m
Base del Canal:	0.30 m
Talud (z):	0.00
Pendiente:	0.002
Coefficiente de Manning:	0.027



Area Hidraulica:	0.06 m ²
Perimetro Mojado:	0.70 m
Radio Hidraulico:	0.09 m
Velocidad:	0.28 m/s
Caudal:	0.02 m ³ /s

Caudal: 16.73 l/s

TABLA 6.2
VALORES DEL COEFICIENTE "n" DE KUTTER QUE GENERALMENTE SE USA EN LOS DISEÑOS.

SUPERFICIE	"n"
Superficie metálica, lisa, sin pintar	0,012
Superficie metálica, lisa, pintada	0,013
Superficie metálica, corrugada	0,025
Cemento liso	0,011
Mortero de cemento	0,013
Madera cepillada	0,012
Madera sin cepillar	0,013
Tablones sin cepillar	0,014
Concreto liso	0,013
Concreto bien acabado, usado	0,014
Concreto frotachado	0,015
Concreto sin terminar	0,017
Gunita (sección bien terminada)	0,019
Gunita (sección ondulada)	0,022
Superficie asfáltica lisa	0,013
Superficie asfáltica rugosa	0,016
Tierra, limpia, sección nueva	0,018
Tierra, limpia, sección antigua	0,022
Tierra gravosa	0,025
Tierra, con poca vegetación	0,027
Tierra, con vegetación	0,035
Tierra, con piedras	0,035
Tierra, con pedrones	0,040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0,010
Acero soldado	0,012
Acero riveteado	0,016
Fierro fundido	0,013 – 0,014
Cemento	0,011 – 0,013
Vidrio	0,010

NOTA:

Este Caudal Minimo es Calculado desde la Fuente

Q = 16.73 l/s **(Caudal Minimo)**

Q min =	16.73 l/s	>	Q md =	0.203 l/s	OK
----------------	-----------	---	---------------	-----------	-----------

2.- CAPTACIÓN

2.1 TIPO DE CAPTACION

A.- CAPTACION SUPERFICIAL (CANAL DE TIERRA)

2.2 DISEÑO HIDRAULICO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPTACION

(Para el dimensionamiento de la Captación es necesario conocer el **Caudal (Q) Máximo de la Fuente**), dicho canal es utilizado para el consumo humano y la zona agrícola, es por ello que se utilizará el 15% del caudal del canal

DATOS:	Caudal Máximo	=	3.51	l/s
	Caudal Mínimo	=	2.51	l/s
	Gasto Máximo diario	=	0.22	l/s

1.- Calculo de la Distancia entre el Punto de afloramiento y la Cámara Humeda (L)

Fórmula :

$$V = (2 \times g \times h / 1.56) ^ { 1/2 }$$

Donde:

V = Velocidad Teórica en m/seg

h = Altura entre el Afloramiento y el orificio de entrega (H=0.20 - 0.30m) = 0.20 m/s

g = Aceleración de la Gravedad (g= 9.81m/sg) = 9.81 m/s

Velocidad de Pase:

$$V = \frac{2 \times gh}{1.56}$$

V = 1.59 m/s

Dicho Valor es mayor que la Velocidad Máxima recomendada de 0.60m/sg,

V =	1.59 m/s	<	Vmax =	0.60 m/s	MAL
------------	----------	---	---------------	----------	------------

Por lo que se asume una Velocidad de 0.50 m/sg para el Diseño.

Usar: V = 0.50 m/s

Perdida de Carga en el Orificio:

Fórmula :

$$h_o = 1.56 \times (V ^ 2 / 2g)$$

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

$$h_o = 1.56 \frac{V^2}{2g}$$

h_o = 0.02 m

h_o es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la Velocidad de pase.

Perdida de Carga entre el Afloramiento y la Caja de Captacion (H_f) :

$$H_f = H - h_o$$

h_f = 0.18 m

Distancia entre el Afloramiento y la Caja de Captacion (L) :

$$L = H_f / 0.30$$

L = 0.60 m

Asumiremos :

L = 0.60 m

2.- Calculo del Ancho de la Pantalla (b)

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el Diametro y el Numero de Orificios que permitan fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la camara Humeda

Cálculo del diametro de la Tubería de Entrada (D)

Q_{max} = Caudal Maximo de la fuente
Q_{max} = 3.51 l/s

V = Velocidad de pase (se asume 0.50m/sg, siendo menor que el valor maximo recomendado de 0.60m/sg)
V = 0.55 m/s

C_d = Coeficiente de descarga (0.60 a 0.80)
C_d = 0.80

Área :

$$A = \frac{Q_{max.}}{C_d * V}$$

A = 0.0080 m²

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

$$A = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

El Diametro del Orificio :

$$D = \sqrt{\frac{4A}{3.14}}$$

$$D = 0.1009 \text{ m}$$

$$D = 10.09 \text{ cm} = 3.97 \text{ pulg.}$$

$$D = 4.00 \text{ pulg}$$

Cálculo del Número de Orificios (NA)

Como el calculo del Diametro es mayor al Diametro maximo recomendado de 2", asumiremos este valor para determinar el numero de orificios (N.A)

$$D = 4 \text{ pulg.} < d \text{ max} = 2 \text{ pulg.} \text{ MAL}$$

Usar : $D = 2.00 \text{ pulg.} = 5.08 \text{ cm}$

Si se obtubiera Diametros mayores, sera necesario aumentar el Numero de Orificios

$$NA = \left(\frac{\text{Area del Diametro Calculado}}{\text{Area del Diametro Asumido}} \right)^2 + 1$$

NúmerodeOrificios:

$$NA = \frac{D (4)^2 + 1}{D (2'')^2}$$

$$NA = \frac{D (3.97 * 2.54)^2 + 1}{D (2 * 2.54)^2}$$

$$NA = \frac{101.73}{25.81} + 1 = 4.94$$

$$NA = 4 \text{ orificios}$$

NOTA :

Según los calculos realizados se debería utilizar 4 orificios para el ingreso del agua; sin embargo existe una manguera que conecta el canal con la captación existente.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

Ancho de la Pantalla (b):

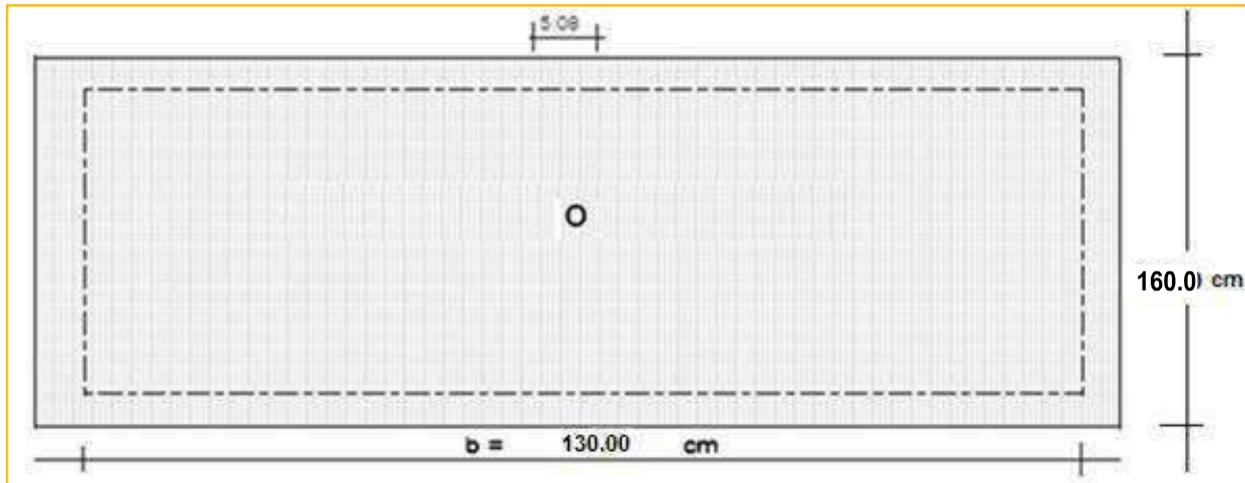
$$b = 12 D + NA * D + 3 D * (NA - 1)$$

Donde:

D =	Diametro de Orificios (cm)	=	5.08
NA =	Numero de Orificios	=	4

b = 127.00 cm

Usar: b = 1.30 m



Para el Diseño se asume una sección Interna de la Cámara Humeda de: **1.30 m x 1.60 m**

3.- Altura de la Cámara húmeda (Ht)

En Base a los elementos Identificados, la Altura Total de la Cámara Humeda se calcula mediante la Siguiete Formula:

$$Ht = A + B + H + D + E$$

Donde:

A = Se considera una altura minima que permita la sedimentacion de la arena

A = 10.00 cm

B = Se considera el Diametro de la Tuberia de salida

B = 5.08 cm

H = Altura del agua sobre la Canastilla

NOTA :

Canastilla = Tubería de salida.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

D = Desnivel Mínimo entre el Nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de Agua de la Camara Humeda (Minimo 5cm)

D = 5.00 cm

E = Borde libre de 10 a 30

E = 30.00 cm

Para determinar la altura de la Captacion, es necesario conocer la carga requerida para que el Gasto de salida de la Captacion pueda fluir por la Tuberia de Conducción

Para Determinar la Altura de la Captacion

Donde:

Q max. =	Gasto Maximo de Diseño en L/s.	0.00022	m3/s
A =	Area de la Tuberia de Salida	0.00203	m2
g =	Aceleracion Gravitacional	9.81	m/s
H =	Carga Requerida en m		
V =	Velocidad Promedio en la salida de la Tuberia de la Linea de Conduccion		
D =	Diametro de la Tuberia asumida Diam = 2"	5.08	m/s

Calculo del Area :

$$A = \frac{3.14 * D^2}{4}$$

A = 20.2580 cm²

A = 0.00203 m²

Calculo de la Velocidad

$$V = Q / A$$

V = 0.11 m/s

Calculo de la Altura

$$H = 1.56 \left[\frac{Q m d^2}{2 g * A^2} \right]$$

H = 0.0009 m

H = 0.0917 cm

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ING. CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) PARA REMOVER ARSÉNICO"

Para facilitar el paso del agua asumiremos una altura mínima de **H= 30** cm

Reemplazando valores tenemos

$$H_t = A + B + H + D + E$$

$$H_t = 10 + 5.08 + 30 + 5 + 30$$

$$H_t = 80.08 \text{ cm}$$

$$H_t = 0.90 \text{ m}$$

Se asume una altura de **Ht= 1.00 m**

debido a que el ancho de la sección interna de la cámara húmeda es de **1.30 m**

4.- Dimensionamiento de la Tubería de Salida

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D_c); que el área total de las ranuras (A_t) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a $3D_c$ y menor a $6D_c$.

Calculo de la Tubería de Salida (hacia BIOFILTRO)

El diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D_c) es de **2.00** pulg.

NOTA :

Se considerará el mismo diámetro para la tubería de ingreso y la tubería de salida

Longitud de la Tubería de Salida (L) :

Se recomienda que la longitud de la canastilla sea:

$$3 D_c < L < 6 D_c$$

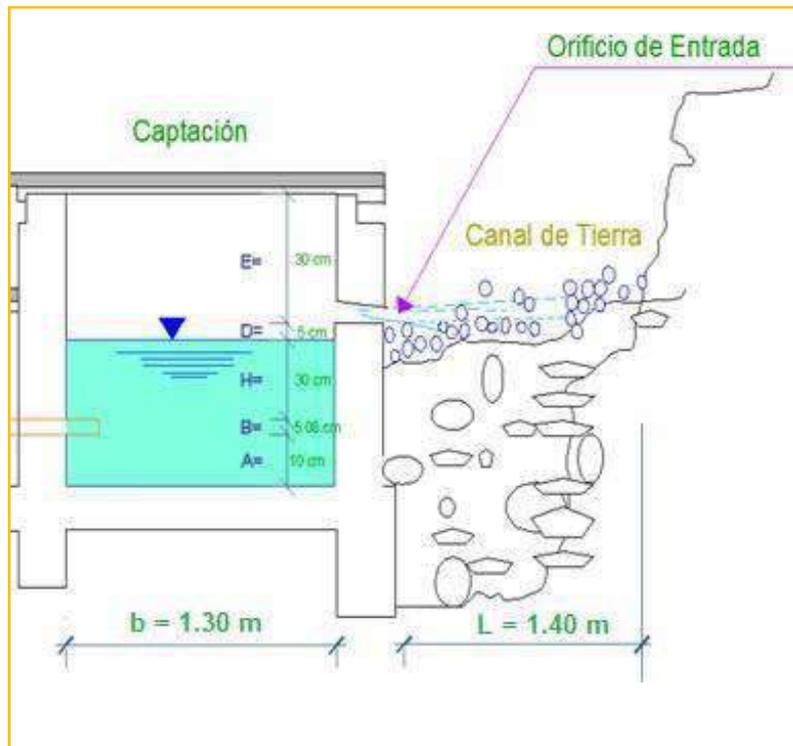
$$L = 3 * (2 * 2.54) = 15.24 \text{ cm}$$

$$L = 6 * (2 * 2.54) = 30.48 \text{ cm}$$

Se asume una longitud de :

$$L = 30 \text{ cm}$$

DETALLE DE CAPTACION



POZA DE CAPTACIÓN EXISTENTE



Esta poza de captación existente será un tanque de almacenamiento cuando se construya la nueva poza de captación.

3.- POZAS DE ALMACENAMIENTO (RESERVORIO DE SECCIÓN CUADRADA)

3.1 DISEÑO HIDRÁULICO

DATOS: Población Futura (Pf) = 90 habitantes
 Dotación: = 150 l/hab/dia

Consumo Promedio Anual (Qm)

Qm = Pf * Dotación
Qm = 13500 litros

Para los Proyectos de Agua el Ministerio de Salud recomienda una capacidad de regulación del reservorio del **25% al 30%** del Volumen del Consumo Promedio Diario Anual (Qm)

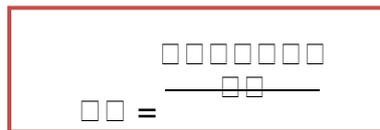
Volumen del Reservorio considerando el: 25% del Qm

Vol = Qm * 0.25

Vol = 3375 litros
 Vol = 3.375 m3
Vol = 3.40 m3

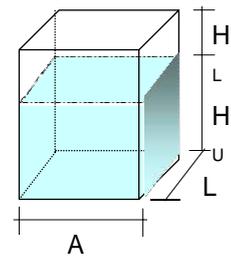
Definimos un **Reservorio de Sección Rectangular** cuyas dimensiones son :

Vol = 3.40 m3

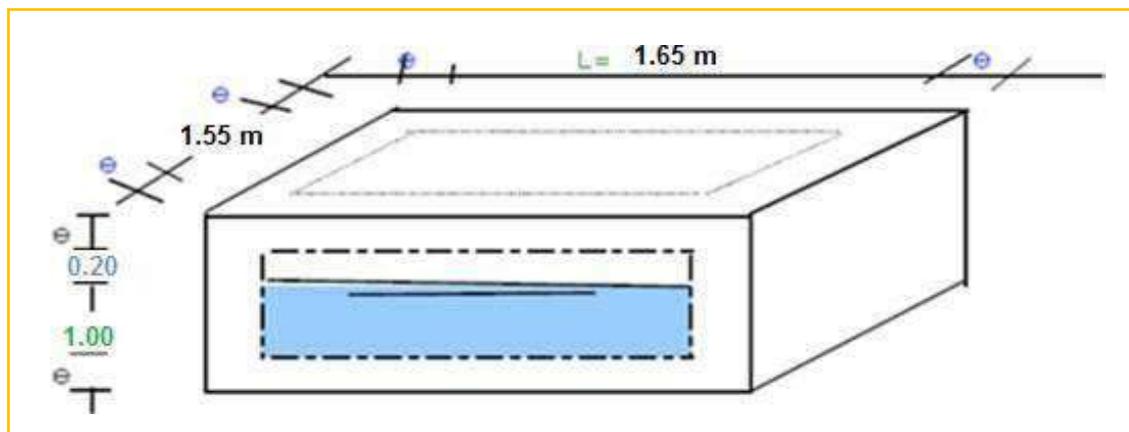


L = 1.75 m
m A = 1.17

L = 1.65 m
 A = 1.17 m
 H = 1.95 m



DETALLE DE POZA DE ALMACENAMIENTO DE SECCIÓN CUADRADA



POZA DE ALMACENAMIENTO
FUTURA



Esta poza de captación existente será un tanque de almacenamiento cuando se construya la nueva poza de captación, debido a que su volumen de 4.50 m³ supera el volumen calculado según la dotación del C.P. Sacaycacha.

DISEÑO HIDRAULICO DEL BIOFILTRO

GUÍAS PRELIMINARES DE DISEÑO DE FILTROS GRUESOS DINÁMICOS

Criterio	Valores Recomendados
Periodo de Diseño (años)	15
Periodo de Operación(h/d)*	24
Numero mínimo de unidades en paralelo	2
Area de filtración por unidad (m2)	< 10
Velocidad superficial de flujo durante el lavado (rpm)	50 a 200
Altura del vertedero de salida	0.03(**)

(*) En estaciones de bombeo, con períodos de bombeo inferiores a 24h/día se recomienda prever un almacenamiento de agua cruda, a partir del cual se suministre agua de manera continua al FGD_i

FUENTE: GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS)- Lima 2005

Especificaciones de Lecho Filtrante recomendado para FGD_i

TABLA 1

Posición en la Unidad	Espesor de capa (m)	Tamaño de grava (mm)
Superior	0.20	3.0 - 6.0
Intermedio	0.20	6.0 - 13.0
Inferior, Fondo	0.20	13.0 - 25.0

FUENTE: GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS)- Lima 2005

Caudal de Diseño de la

Población: Q_d = 3.51 l/s (según hojas de cálculo de sistema existente)

EN EL PRESENTE PROYECTO SE HA DECIDIDO:

DISEÑAR UN FILTRO DINÁMICO, EL CUAL TRABAJARÁ CON EL 65% DEL CAUDAL DE LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO

Caudal de diseño (Q_d)	=	3.510	l/s
Caudal por filtrar: 65%	=	2.282	l/s
	=	0.002282	m ³ /seg
Velocidad de filtración (V_f)	=		0.50 - 3.00 m-h
Velocidad adoptada	=	2.500	m/h
	=	0.000694	m/seg

Velocidad superficial de lavado (Vs)	=	0.15 - 0.30 m/s
Velocidad del lavado (VL)	=	20.00 m/h

CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL

$$As = \frac{Qf}{Vf}$$

Donde :

Qf = Caudal a filtrarse (m3/seg)
Vf = Velocidad de filtración (m/seg)

As	=	3.30	m ²
-----------	---	-------------	----------------

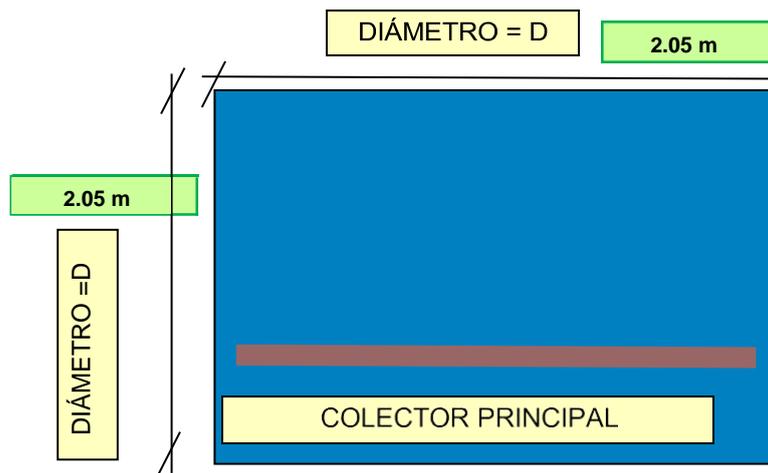
CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL BIOFILTRO

Diámetro (impuesto)	d	=	2.05	m
---------------------	----------	---	-------------	---

MEDIDAS ADOPTADAS DEL BIOFILTRO DINÁMICO:

DIÁMETRO DEL FILTRO:	D	=	2.05	m
-----------------------------	----------	---	-------------	---

Area de Filtración	$\pi D^2/4$	=	3.30	m ²
---------------------------	-------------	---	-------------	----------------



COMPROBACION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DE LAVADO

$$b = 3.40 * \frac{QL}{Vs^3}$$

$$Vs = \sqrt[3]{\frac{3.40 * QL}{b}}$$

Donde :

b= Ancho del biofiltro = **2.05** m
Q= Caudal disponible para el lavado superficial

Vs= Velocidad superficial de lavado = **0,15 - 0,30 m/s**

NOTA :

Adoptamos el caudal de lavado igual al caudal de ingreso al biofiltro = **2.282** l/seg

Vs = **0.16** m/s

ATENCIÓN ----->>>

DENTRO DE NORMA
ENTRE 0.15 - 0.30 m/seg.
ES ACEPTABLE

CAMARA DE ENTRADA Y SALIDA DEL BIOFILTRO

NOTA:

El valor de la cámara de entrada y salida debe ser 1/5 (20%) de la longitud del filtro.

Cámara de entrada y salida: **20%**

LARGO DE CÁMARA DE ENTRADA Y SALIDA = **0.41** m

Adoptamos: = **0.40** m

Considerando las cámaras de entrada y salida de sección cuadrada, tenemos :

LARGO DE LA CÁMARA =	L (caja)	=	0.40	m
ANCHO DE LA CÁMARA =	B (caja)	=	0.40	m
ALTURA DE LA CÁMARA =	Hcam (caja)	=	0.40	m

CALCULO DE LA ALTURA DEL BIOFILTRO

Hf =	Hls + Hle + Hal + Hbl
-------------	------------------------------

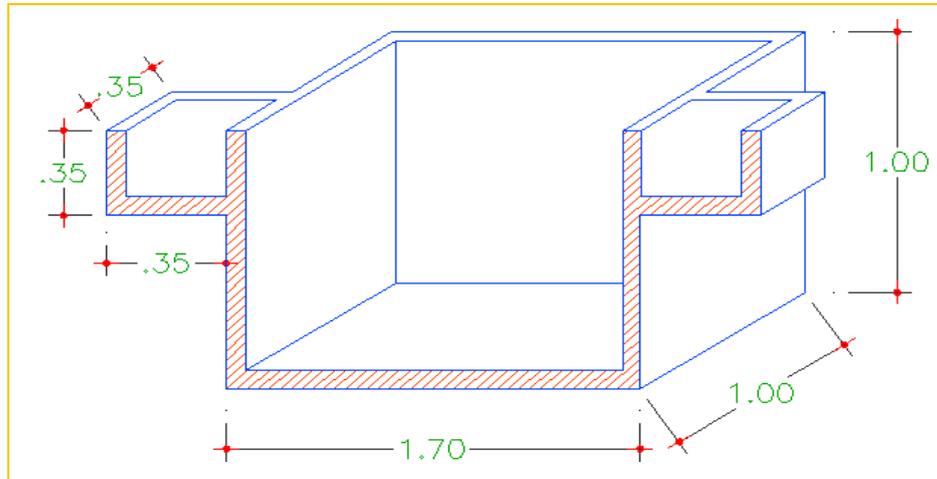
Donde :

Hf =	Altura total del Biofiltro	(m)	
Hls =	altura del lecho de soporte (sedimentos)	0.20	m
Hal =	altura del agua	0.60	m
Hbl =	altura del borde libre	0.20	m

Hf = Hls + + Hle + Hal + Hbl

$$H_f = 0.20 \text{ m} + 0.60 \text{ m} + 0.20 \text{ m}$$

$$H_f = 1.00 \text{ m}$$



SISTEMA DE FILTRACIÓN (TUBERÍA PERFORADA)

LA VELOCIDAD DE LAVADO (VL) DEL FILTRO ADOPTADO ES: 20.00 m/h

$$\text{CAUDAL DE LAVADO} = QL = A \times VL$$

Donde :

$A =$ Área de filtración

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$A = 3.30 \text{ m}^2$$

$$QL = 66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$QL = 0.0183 \text{ m}^3/\text{s}$$

LA TUBERÍA DE DRENAJE DEBE CUMPLIR CON LAS SIGUIENTES REGLAS GENERALES:

- 1.- $\frac{\text{Área total de orificios}}{\text{Área de filtración}} = (0.0015 - 0.005)$
- 2.- $\frac{\text{Área del tubo lateral}}{\text{Área de orificios laterales}} = (2.00 - 4.00)$
- 3.- $\frac{\text{Área del tubo colector}}{\text{Área de tubos laterales}} = (1.50 - 3.00)$

FUENTE: GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS

1.- DIÁMETRO DE LOS ORIFICIOS

DIÁMETRO DE CADA ORIFICO (ADOPTADO) = **8** mm

Area de cada orificio $A = \frac{\pi D^2}{4}$

$A_o = 5.027E-05$ m²

VELOCIDAD EN CADA ORIFICIO $V_o = (3.00 - 5.00)$ m/seg.

ADOPTAMOS $V_o = 3$ m/seg

EL CAUDAL QUE INGRESA EN CADA ORIFICIO (Q_o) SERÁ:

$Q_o = A_o \times V_o$

$Q_o = 1.5080E-04$ m³/seg

$$\text{N}^\circ \text{ de oroficios} = \frac{\text{CAUDAL DE LAVADO}}{\text{CAUDAL DE CADA ORIFICIO}}$$

$Q_L = 0.0183$ m³/seg

$$\text{N}^\circ \text{ de oroficios} = \frac{Q_L}{Q_o}$$

$\text{N}^\circ \text{ de oroficios} = 121.58$ Orificios

Orificios calculados = **122** Orificios calculados

Asumimos = **80** ORIFIFICOS

Área total de orificios = **80** x A_o

$A_{to} = 4.021E-03$ m²

COMPROBAMOS

$\frac{\text{Area total de orificios}}{\text{Area de filtración}} = (0.0015 - 0.005)$

$$\frac{\text{Area total de orificios}}{\text{Area de filtración}} = \frac{4.021E-03}{3.30} \text{ m}^2$$

$$\frac{\text{Area total de orificios}}{\text{Area de filtración}} = 0.001219$$

ATENCIÓN ----->>>

FUERA DE NORMA.
DEBEESTAR
ENTRE 0.0015
A 0.005 OK!

2.- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS LATERALES

Número de laterales asumidos =	5	Laterales
Longitud de lateral =	80	cm
Separación entre orificios =	10	cm
Separación entre Laterales =	27	cm
Número de orificios por lateral =	16	Orificios
Diámetro del orificio =	8	mm
Area del orificio =	5.027E-05	m ²

SON CINCO (5) LATERALES A PARTIR DEL COLECTOR PRINCIPAL CON 16 ORIFICIOS EN CADA LATERAL

El Area de los orificios en cada lateral será = **16** x A_o

= **8.042E-04** m²

Area del tubo lateral
 Area orificios laterales = (2.00 - 4.00)

Asumimos = **2**

Area del tubo lateral = Area orificios lateral x 2

Area del tubo lateral = **0.001608499** m²

CALCULAMOS EL DIÁMETRO INTERIOR DEL TUBO LATERAL

Dint. = $(4 * A / \pi)^{1/2}$

Dint. = **0.045254834** m

Dint. = **45.25** mm

SE ASUME TUBERÍA DE DIÁMETRO = **60** mm Según catalogo tub. PAVCO

DIAMETRO INT.=	54.2	mm
AREA =	0.0023	m ²

Clase 10

TUBERÍA

2"

COMPROBAMOS

Area del tubo lateral = (2.00 - 4.00)
 Area orificios laterales

Area del tubo lateral = $\frac{2.307E-03}{0.0008}$ m²
 Area orificios laterales = 2.869 m²

Area del tubo lateral = 2.869
 Area orificios laterales

ATENCIÓN ----->>>

DENTRO DE NORMA
 DEBE ESTAR
 ENTRE 2.00 - 4.00

TUBERIAS Y CONEXIONES DE PVC

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA PRESIÓN NTP 399.002 : 2009

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Útil (metros)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)
1/2"	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.836	1.8	0.836
3/4"	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.075	1.8	1.075
1"	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.356	2.3	1.705
1 1/4"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.746	2.0	1.931	2.9	2.736
1 1/2"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.007	2.3	2.537	3.3	3.560
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.527	2.2	3.067	2.9	3.995	4.2	5.654
2 1/2"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.091	2.6	4.414	3.5	5.866	5.1	8.351
3"	88.5	5.00	4.93	2.2	4.577	3.2	6.581	4.2	8.536	6.2	12.303
4"	114.0	5.00	4.90	2.8	7.512	4.1	10.872	5.4	14.149	8.0	20.461
6"	168.0	5.00	4.86	4.1	16.218	6.1	23.836	8.0	30.893	11.7	44.138
8"	219.0	5.00	4.82	5.3	27.337	7.9	40.253	10.4	52.364	15.3	75.228
10"	273.0	5.00	4.77	6.7	43.066	9.9	62.870	13.0	81.586	19.0	116.493
12"	323.0	5.00	4.73	7.9	60.086	11.7	75.084	15.4	97.455	22.5	163.213



3.- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL COLECTOR PRINCIPAL

$$\frac{\text{Area del tubocolector}}{\text{Area de N tubos laterales}} = (1.50 - 3.00)$$

$$\text{Asumimos} = 2$$

N =	1 LATERAL
-----	-----------

NOTA :

Generalmente, al colector principal llegan dos laterales. En este caso al colector sólo llega un lateral.

$$\text{Areadeltubocolector} = 2 \times \text{Area de N tubos laterales}$$

Area de tubos laterales =	1 LATERAL x Area de cada lateral
Area de N tubos laterales =	0.002307222 m ²
Area del tubo colector =	0.004614445 m ²

CALCULAMOS EL DIÁMETRO INTERIOR DEL TUBO COLECTOR

$$\text{Dint.} = (4 \cdot A / \pi)^{1/2}$$

$$\text{Dint.} = 0.076650375 \text{ m}$$

$$\text{Dint.} = 76.65 \text{ mm}$$

SEASUME TUBERÍA DE DIÁMETRO =	88.5 mm
DIAMETRO INT.=	80.1 mm
AREA =	0.0050 m ²

Según catalogo tub. PAVCO
Clase 10

TUBERÍA 3"

COMPROBAMOS

$$\frac{\text{Area del tubo colector}}{\text{Area de N tubos laterales}} = (1.50 - 3.00)$$

$$\frac{\text{Area del tubo colector}}{\text{Area de N tubos laterales}} = \frac{0.0050 \text{ m}^2}{0.0023 \text{ m}^2}$$

$$\frac{\text{Area del tubo colector}}{\text{Area de N tubos laterales}} = 2.184$$

ATENCIÓN ----->>>

DENTRO DE NORMA DEBE ESTAR ENTRE 1.50 - 3.00
--

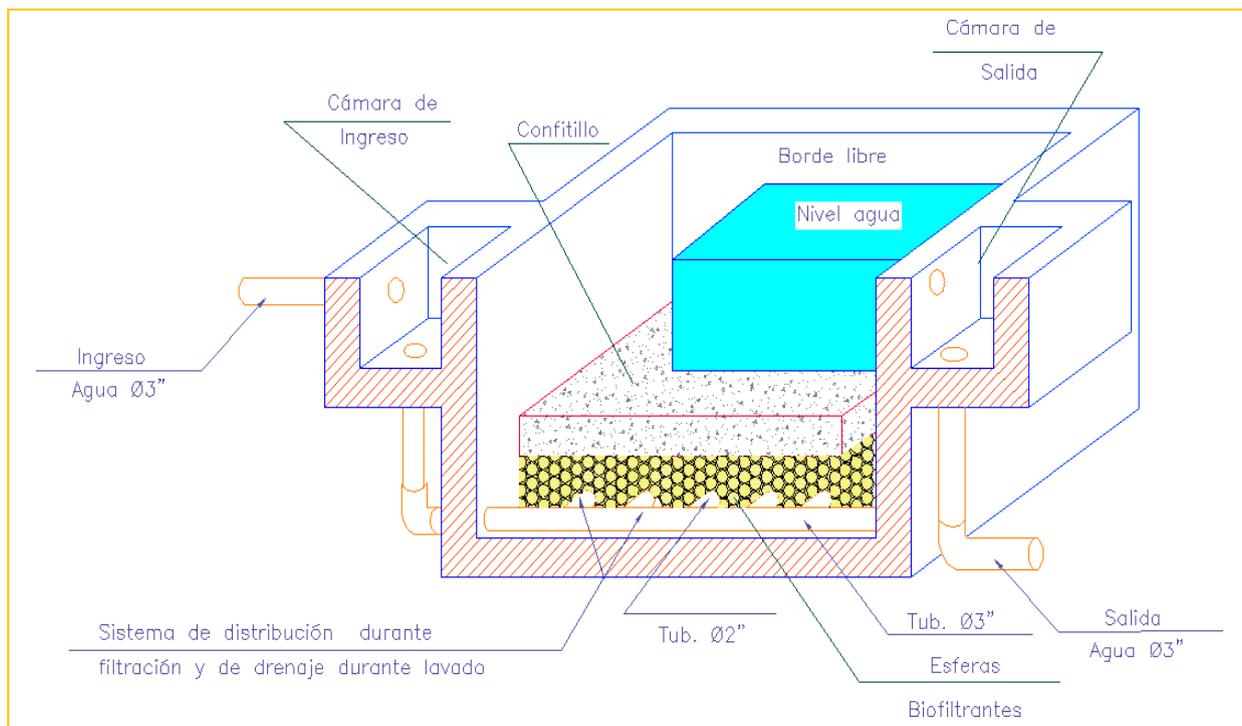


TUBERIAS Y CONEXIONES DE PVC

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA PRESIÓN NTP 399.002 : 2009

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 100 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal	Real	Total	Útil	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso
(Pulg)	[mm]	(metros)	(metros)	(mm)	(Kg/tubo)	(mm)	(Kg/tubo)	(mm)	(Kgxtubo)	(mm)	(Kgxtubo)
1/2"	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.836	1.8	0.836
3/4"	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.075	1.8	1.075
1	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.356	2.3	1.705
1 1/4"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.746	2.0	1.931	2.9	2.736
1 1/2"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.007	2.3	2.537	3.3	3.560
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.527	2.2	3.067	2.9	3.995	4.2	5.654
2 1/2"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.091	2.6	4.414	3.5	5.866	5.1	8.351
3	88.5	5.00	4.93	2.2	4.577	3.2	6.581	4.2	8.536	6.2	12.303
4	114.0	5.00	4.90	2.8	7.512	4.1	10.872	5.4	14.149	8.0	20.461
6	168.0	5.00	4.86	4.1	16.218	6.1	23.836	8.0	30.893	11.7	44.138
8	219.0	5.00	4.82	5.3	27.337	7.9	40.253	10.4	52.364	15.3	75.228
10	273.0	5.00	4.77	6.7	43.066	9.9	62.870	13.0	81.586	19.0	116.493
12	323.0	5.00	4.73	7.9	60.086	11.7	75.084	15.4	97.455	22.5	163.213

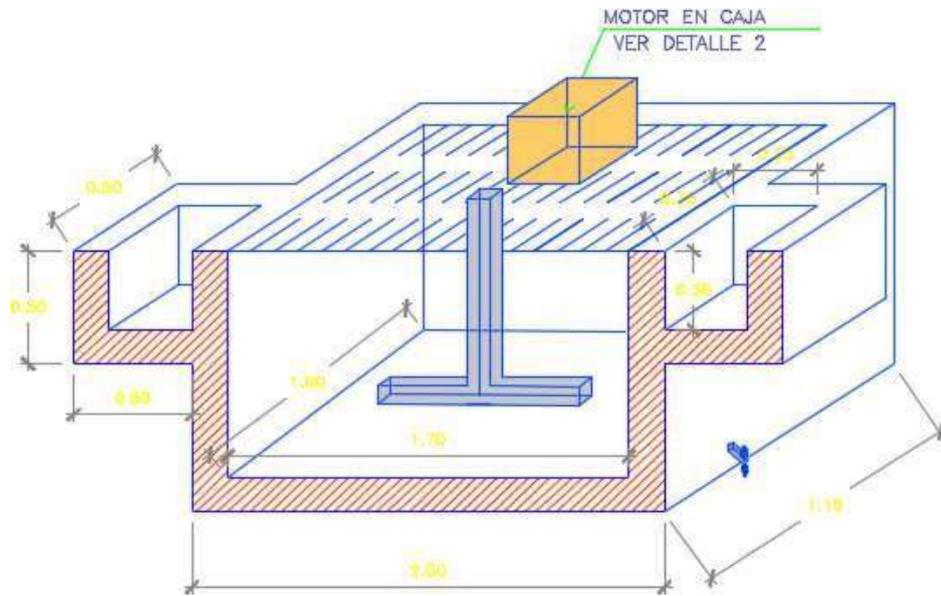
ESQUEMA ISOMÉTRICO DEL BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA



MANTENIMIENTO DEL BIOFILTRO :

El mantenimiento del biofiltro deberá realizarse cada 4 o 6 meses, debido a que como el C.P. Sacaycacha no cuenta con un desarenador ni con una poza sedimentadora, muchas veces el agua de la captación arrastra partículas de lodo y arena los cuales pueden bloquear el orificio del grifo por el cual filtra el agua, disminuyendo su funcionalidad.

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BIOFILTRO



DATOS BASICOS DE CALCULO

SEGÚN DISEÑO HIDRAULICO

B=	Ancho de biofiltro	=	1.00	m
L=	Largo de biofiltro	=	1.70	m
H=	Altura de biofiltro interior	=	1.00	m
H=	Altura de biofiltro Total	=	1.15	m
e1=	Espesor de muros	=	0.15	m
e2=	Espesor de losa de fondo	=	0.15	m
r1=	recubrimiento en muros	=	0.025	m
r2=	recubrimiento en losa de fondo	=	0.025	m
Hbl=	altura de Borde libre	=	0.20	m
Hls=	altura de lecho de soporte	=	0.20	m
Hle=	altura de esferas biofiltrantes	=	0.20	m
hal=	altura de agua sobre los lechos	=	0.40	m
d =	peralte efectivo	=	0.125	m

Fuente: Diseño hidraulico del biofiltro.

SEGÚN ESTUDIO DE SUELOS:

γ_w =	Peso esp. del agua	=	1000.00	kg/m ³
γ_s =	Peso esp. del terreno	=	1439.00	kg/m ³
σ =	Capacidad portante de terreno	=	1.29	kg/cm ²
Φ =	Angulo de friccion del terreno	=	28.02	°

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

CONCRETO Y ACERO:

Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
γc=	Peso esp. Del concreto	=	2400.00	kg/cm ²

TABLA DE VARILLAS DE PRODUCCION C

# Barra	Diametro		Peso kg/cm	Area cm ²	Perimetro cm
	pulg	cm			
3	3/8	0.95	0.559	0.71	2.99
4	1/2	1.27	0.993	1.27	3.99
5	5/8	1.59	1.552	1.98	4.99
6	3/4	1.91	2.235	2.85	5.98
7	7/8	2.22	3.042	3.88	6.98
8	1	2.54	3.973	5.07	7.98
9	1 1/8	2.86	5.028	6.41	8.98
10	1 1/4	3.18	6.207	7.92	9.97
11	1 3/8	3.49	7.511	9.58	10.97
12	1 1/2	3.81	8.938	11.4	11.97

CONSIDERACIONES DE CARGA

CARGA MUERTA

P1=	Peso de paredes de 15 cm	=	360.00	Kg
P2=	Peso de paredes de 15 cm	=	360.00	Kg
	Total (D) =	=	720.00	Kg

CARGA VIVA

P3=	Para recipientes enterrados	=	500.00	Kg/m ²
-----	-----------------------------	---	---------------	-------------------

FUENTE : Reglamento nacional de edificaciones E.020

CONSIDERACIONES SISMICA

Zonificacion :

Z=	Zona sísmica : 3	=	0.40
----	------------------	---	-------------

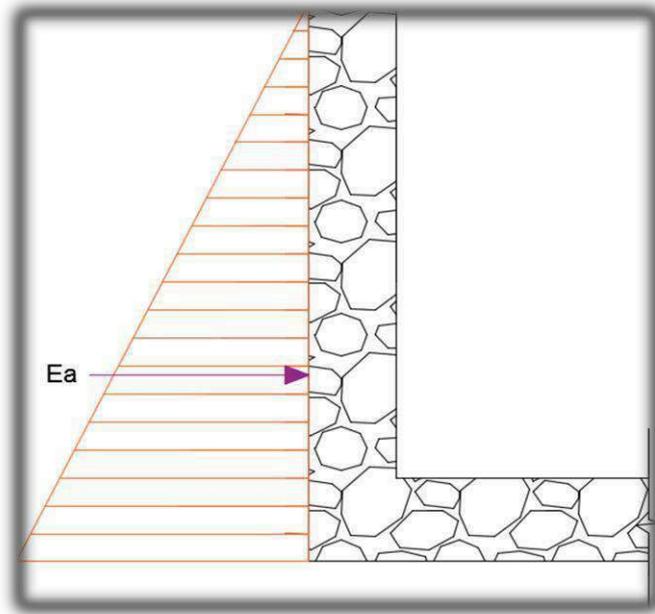
Condiciones geotecnicas:

S=	Tipo de suelo : S3	=	Suelos granulares sueltos
C=	Coefficiente sísmico	=	0.14 Asumido

FUENTE : Reglamento nacional de edificaciones E.030

CALCULO DEL BIOFILTRO VACIO

1.- CALCULO DE PRESION ACTIVA DE TERRENO



COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO

$$K_a = \text{Tg}^2\left(45 - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$\Phi =$ Angulo de friccion del terreno = 28.02 °

$K_a =$ 0.36

EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO

$$E_a = \gamma_s * \left(\frac{H^2}{2}\right) * K_a$$

$\gamma_s =$ Peso esp. del terreno = 1439.00 kg/m³

$H =$ Altura de biofiltro Total = 1.15 m

$K_a =$ coeficiente de empuje activo = 0.36

$E_a =$ 343.27 kgf/m
0.343 tn/m

MOMENTO DE EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO

$$M_{et} = E_a * \left(\frac{H}{3}\right)$$

$E_a =$ Empuje activo el terreno = 343.27 m

$H =$ Altura de biofiltro Total = 1.15 m

$M_{et} =$ 131.59 kgfm/m

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

PESO NETO DEL CONCRETO POR METRO LINEAL

$$N = \gamma_c * H * e$$

γ_s =	Peso esp. del terreno	=	1439.00	kg/m ³
H=	Altura de biofiltro Total	=	1.15	m
e1=	Espesor de muros	=	0.15	m
	N	=	248.23	kgf/m

MOMENTO FLECTOR ULTIMO

$$M_u = 1.4 * M_d + 1.7 * M_l$$

Md=	Carga muerta	=	343.27	kgfm/m
Ml=	Carga viva	=	0.00	kgfm/m
	Mu	=	184.22	kgf/m

FUERZA CORTANTE

$$V = E a$$

V	=	343.27	kgf/m
---	---	--------	-------

FUERZA CORTANTE ULTIMA

$$V_u = 1.3(1.3V)$$

V=	Fuerza cortante	=	343.27	m
	Vu	=	580.12	kgf/m

FUERZA CORTANTE ACTIVA

$$V_{act} = \frac{V_u * 10^3}{0.75 * b * d}$$

L=	Largo de biofiltro	=	200.00	cm
Vu=	Fuerza cortante	=	0.58	tn
d =	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.500	cm
	Vact	=	30.940	kgf/cm ²

FUERZA CORTANTE ADMISIBLE

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
	Vuadm	=	7.68	kg/cm ²

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

L=	Largo de biofiltro	=	200.00	cm
d =	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.500	cm
f'c=	Resistencia del concreto	=	210.000	kg/cm ²
	ϕV_u	=	16320.91	kg
		=	SI CUMPLE	

CALCULO DE LA CUANTIA DE ACERO MEDIANTE EL PARAMETRO Ru

RESISTENCIA ULTIMA

$$R_u = \frac{M_u * 10^5}{0.9 * b * d}$$

Mu=	Fuerza cortante	=	0.18	tn/m
d =	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.500	cm
L=	Largo de biofiltro	=	200.00	cm
	R_u	=	0.655	kgf/cm ²

CUANTIA

$$R_u = 0.9 * \rho * f_y * (1 - 0.59 * \rho * \frac{f_y}{f'c})$$

Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
Ru=	Resistencia ultima	=	0.66	kg/cm ³
	ρ	=	0.0002	

CUANTIA BALANCEADA

ANALISIS Y DISEÑO POR FLEXION - Hipotesis para determinar resistencia nominal a flexion : El valor β_1 es 0.85 si la resistencia del concreto es menor que 280 kg/cm². Si este no es el caso este disminuira en 0.05 por cada Incremento de 70 kg/cm² en la resistencia del concreto, no siendo su valor menor a 0.65

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'c - 280)}{70}$$

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
	β_1	=	0.85	

$$\rho b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} * (\frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003})$$

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
------	--------------------------	---	---------------	--------------------

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
Es =	Modulo de elasticidad del acero	=	2*10⁶	kgf/cm ²
	ρ_b	=	0.0213	

CUANTIA MINIMA

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} ; \rho_{min} = 0.8 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
	ρ_{min}	=	0.00333	
	ρ_{min}	=	0.00276	

Se toma el mayor:

ρ_{min}	=	0.00333
--------------	---	---------

CUANTIA MAXIMA

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b$$

ρ_b =	cuantia balanceada	=	0.0213
	ρ_{max}	=	0.0159

VERIFICACIONES DE CUANTIA

	ρ_{max}	=	0.0159
	ρ_{min}	=	0.0033
	ρ	=	0.0002
	$\rho < \rho_{max}$	=	SI CUMPLE
	$\rho > \rho_{min}$	=	NO CUMPLE
Entonces	ρ_{min}	=	0.0033

AREA DE ACERO VERTICAL

$$A_s = \rho . b . d$$

ρ =	Cuantia	=	0.0033	
L=	Largo de biofiltro	=	200.00	cm
d =	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.50	cm
	Ash	=	8.33	cm ²

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

AREA DE ACERO TRANSVERSAL

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$\rho =$	Cuantia	=	0.0033	
$H =$	Altura de biofiltro Total	=	115.00	cm
$d =$	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.50	cm
	A_{st}	=	4.74	cm ²

ESPACIAMIENTO MAXIMO DEL ACERO

$$S \leq 3 \cdot d, S \leq 45$$

$d =$	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.50	cm
	S_{max}	=	22.50	cm

SEPARACION DE ACERO VERTICAL

$S_{max} =$	Espaciamiento maximo	=	22.50	cm
$L =$	Largo de biofiltro	=	200.00	cm
$A_s =$	Area de acero vertical	=	8.33	cm ²

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	12.00	8.52	16.67	cm	16.67
1/2	1.27	6.56	8.33	30.49	cm	30.49 > S_{max}
5/8	1.98	4.21	8.34	47.51	cm	47.51 > S_{max}
3/4	2.85	2.92	8.32	68.49	cm	68.49 > S_{max}
7/8	3.88	2.15	8.34	93.02	cm	93.02 > S_{max}
1	5.07	1.64	8.31	121.95	cm	21.95 > S_{ma}
1 1/8	6.41	1.30	8.33	153.85	cm	53.85 > S_{ma}
1 1/4	7.92	1.05	8.32	190.48	cm	90.48 > S_{ma}
1 3/8	9.58	0.87	8.33	229.89	cm	29.89 > S_{ma}
1 1/2	11.40	1.00	11.40	200.00	cm	200 > S_{max}

VERIFICACION DE ESPACIAMIENTO

Φ	=	3/8	
S	=	16.67	cm
S_{max}	=	22.5	cm
# de varillas	=	12	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO VERTICAL

Usar	=	12 varillas de 3/8 @ 20 cm
------	---	----------------------------

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

SEPARACION DE ACERO TRANSVERSAL

Smax=	Espaciamiento maximo	=	22.50	cm
H=	Altura de biofiltro Total	=	115.00	m
Ast=	Area de acero transversal	=	4.74	cm ²

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	7.00	4.97	16.43	cm	16.43
1/2	1.27	4.00	5.08	28.75	cm	28.75 > Smax
5/8	1.98	2.00	3.96	57.50	cm	57.5 > Smax
3/4	2.85	2.00	5.70	57.50	cm	57.5 > Smax
7/8	3.88	1.00	3.88	115.00	cm	115 > Smax
1	5.07	1.00	5.07	115.00	cm	115 > Smax
1 1/8	6.41	1.00	6.41	115.00	cm	115 > Smax
1 1/4	7.92	1.00	7.92	115.00	cm	115 > Smax
1 3/8	9.58	0.50	4.79	230.00	cm	230 > Smax
1 1/2	11.40	0.42	4.79	273.81	cm	73.81 > Sma

VERIFICACION DE ESPACIAMIENTO

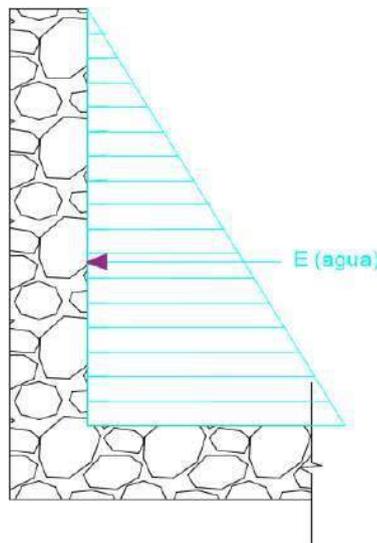
Φ	=	3/8	
S	=	16.43	cm
Smax	=	22.50	cm
# de varillas	=	7	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO VERTICAL

Usar = 7 varillas de 3/8 @ 20 cm

CALCULO DEL BIOFILTRO CON AGUA

2.- CALCULO DE PRESION DE AGUA



TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

EMPUJE ACTIVO DEL AGUA

$$Ea = \gamma_s * \left(\frac{H^2}{2}\right) * Ka$$

γ_w =	Peso esp. del agua	=	1000.00	kg/m ³
H=	Altura de biofiltro interior	=	1.00	m
Ka=	coeficiente de empuje activo	=	0.33	
	Ea	=	165.00	kgf/m

MOMENTO DE EMPUJE ACTIVO DEL AGUA

$$Met = Ea * \left(\frac{H}{3}\right)$$

Ea=	Empuje activo el terreno	=	165.00	m
H=	Altura de biofiltro Total	=	1.00	m
	Met	=	55.00	kgfm/m

MOMENTO FLECTOR ULTIMO

$$Mu = 1.4 * Md + 1.7 * Ml$$

Md=	Carga muerta	=	165.00	kgfm/m
Ml=	Carga viva	=	0.00	kgfm/m
	Mu	=	231.00	kgf/m

CALCULO DE LA CUANTIA DE ACERO MEDIANTE EL PARAMETRO Ru

RESISTENCIA ULTIMA

$$Ru = \frac{Mu * 10^5}{0.9 * b * d}$$

Mu=	Fuerza cortante	=	170.00	cm
d =	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.500	cm
L=	Largo de biofiltro	=	0.23	tn/m
	Ru	=	0.97	kgf/cm ²

CUANTIA

$$Ru = 0.9 * \rho * fy * \left(1 - 0.59 * \rho * \frac{fy}{f'c}\right)$$

Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
Ru=	Resistencia ultima	=	0.97	kg/cm ³
	ρ	=	0.0003	

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

CUANTIA BALANCEADA

ANALISIS Y DISEÑO POR FLEXION - Hipotesis para determinar resistencia nominal a flexion : El valor β_1 es 0.85 si la resistencia del concreto es menor que 280 kg/cm². Si este no es el caso este disminuira en 0.05 por cada Incremento de 70 kg/cm² en la resistencia del concreto, no siendo su valor menor a 0.65

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'c - 280)}{70}$$

$f'c =$ Resistencia del concreto = **210.00** kg/cm²

$\beta_1 =$ 0.85

$$\rho_b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} * \left(\frac{0.003}{\frac{f_y}{E_s} + 0.003} \right)$$

$f'c =$ Resistencia del concreto = **210.00** kg/cm²

$F_y =$ Fluencia del acero = **4200.00** kg/cm²

$E_s =$ Modulo de elasticidad del acero = **2*10⁶** kgf/cm²

$\rho_b =$ 0.021

CUANTIA MINIMA

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} ; \rho_{min} = 0.8 \frac{\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$f'c =$ Resistencia del concreto = **210.00** kg/cm²

$F_y =$ Fluencia del acero = **4200.00** kg/cm²

$\rho_{min} =$ 0.00333

$\rho_{min} =$ 0.00276

Se toma el mayor:

$\rho_{min} =$ 0.00333

CUANTIA MAXIMA

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b$$

$\rho_b =$ cuantia balanceada = **0.0213**

$\rho_{max} =$ 0.0159

VERIFICACIONES DE CUANTIA

$\rho_{max} =$ 0.0159

$\rho_{min} =$ 0.0033

$\rho =$ 0.0003

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

$$\begin{aligned} \rho < \rho_{\max} &= \text{SI CUMPLE} \\ \rho > \rho_{\min} &= \text{NO CUMPLE} \\ \text{Entonces } \rho_{\min} &= 0.0033 \end{aligned}$$

AREA DE ACERO VERTICAL

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Cuantia} &= & \mathbf{0.0033} \\ L &= \text{Largo de biofiltro} &= & \mathbf{170.00} \text{ cm} \\ d &= \text{Espesor de pared - recubrimiento} &= & \mathbf{12.50} \text{ cm} \\ A_{sh} &= &= & 7.08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

AREA DE ACERO TRANSVERSAL

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Cuantia} &= & \mathbf{0.0033} \\ H &= \text{Altura de biofiltro Total} &= & \mathbf{115.00} \text{ cm} \\ d &= \text{Espesor de pared - recubrimiento} &= & \mathbf{12.50} \text{ cm} \\ A_{st} &= &= & 4.74 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ESPACIAMIENTO MAXIMO DEL ACERO

$$S \leq 3 \cdot d, S \leq 45$$

$$\begin{aligned} d &= \text{Espesor de pared - recubrimiento} &= & \mathbf{12.50} \text{ cm} \\ S_{\max} &= &= & 22.50 \text{ cm} \end{aligned}$$

SEPARACION DE ACERO VERTICAL

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \text{Espaciamiento maximo} &= & \mathbf{22.50} \text{ cm} \\ L &= \text{Largo de biofiltro} &= & \mathbf{170.00} \text{ cm} \\ A_s &= \text{Area de acero vertical} &= & \mathbf{7.08} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	10.00	7.10	17.00	cm	17.00
1/2	1.27	6.00	7.62	28.33	cm	28.33 > S _{max}
5/8	1.98	4.00	7.92	42.50	cm	42.5 > S _{max}
3/4	2.85	2.00	5.70	85.00	cm	85 > S _{max}
7/8	3.88	2.00	7.76	85.00	cm	85 > S _{max}
1	5.07	1.00	5.07	170.00	cm	170 > S _{max}
1 1/8	6.41	1.00	6.41	170.00	cm	170 > S _{max}
1 1/4	7.92	1.00	7.92	170.00	cm	170 > S _{max}
1 3/8	9.58	0.74	7.09	229.73	cm	29.73 > S _{ma}
1 1/2	11.40	0.62	7.07	274.19	cm	74.19 > S _{ma}

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

VERIFICACION DE ESPACIAMIENTO

Φ	=	3/8	
S	=	17.00	cm
Smax	=	22.5	cm
# de varillas	=	10	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO VERTICAL

Usar = 10 varillas de 3/8 @ 20 cm

SEPARACION DE ACERO TRANSVERSAL

Smax=	Espaciamiento maximo	=	22.50	cm
H=	Altura de biofiltro Total	=	115.00	m
Ast=	Area de acero transversal	=	4.74	cm ²

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	7.00	4.97	16.43	cm	16.43
1/2	1.27	4.00	5.08	28.75	cm	28.75 > Smax
5/8	1.98	2.00	3.96	57.50	cm	57.5 > Smax
3/4	2.85	2.00	5.70	57.50	cm	57.5 > Smax
7/8	3.88	1.00	3.88	115.00	cm	115 > Smax
1	5.07	1.00	5.07	115.00	cm	115 > Smax
1 1/8	6.41	1.00	6.41	115.00	cm	115 > Smax
1 1/4	7.92	1.00	7.92	115.00	cm	115 > Smax
1 3/8	9.58	0.50	4.79	230.00	cm	230 > Smax
1 1/2	11.40	0.42	4.79	273.81	cm	73.81 > Sma

VERIFICACION DE ESPACIAMIENTO

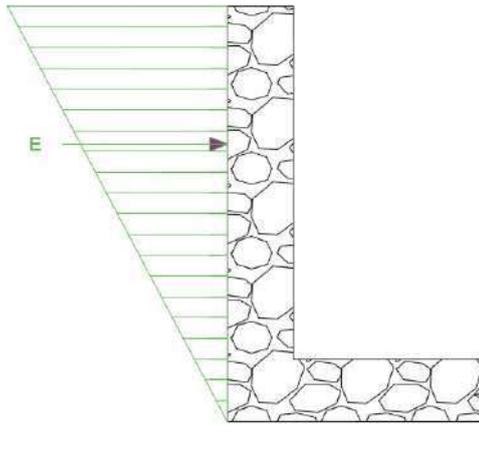
Φ	=	3/8	
S	=	16.43	cm
Smax	=	22.50	cm
# de varillas	=	7	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO TRANSVERSAL

Usar = 7 varillas de 3/8 @ 20 cm

CALCULO DEL BIOFILTRO SISMO

3.- CALCULO DE CARGA HORIZONTAL DEBIDO A SISMO



CARGA HORIZONTAL DEBIDA AL SISMO:

$$K_{ad} = \frac{\sin(\Phi - \theta - \beta)}{(\cos \theta)(\cos^2 \beta)(\cos \delta + \beta + \theta) * \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \delta) * \sin(\Phi - \theta - I)}{\cos(\delta + \beta + \theta) * \cos(I - \beta)}} \right]^2}$$

$\Phi =$	Ángulo de fricción interna	=	28.02	°
$\delta =$	Ángulo de fricción entre el muro y el suelo	=	33	°
$I =$	Ángulo de inclinación del terreno	=	0	°
$\beta =$	Ángulo de inclinación del muro	=	0	°

El ángulo de fricción entre muro y suelo (δ) puede variar de cero a (Φ) pero no debe ser mayor. ($\delta \leq \Phi$).

También:

$$\theta = \arctg\left(\frac{K_h}{1 - K_v}\right)$$

θ	=	9.25	°
Coefficiente sísmico $K_v = K_h =$	0.14	sísmica 3 Tipo de terreno S3)	

Por lo tanto:

K_{ad}	=	0.17
----------	---	------

La sobrepresión ejercida por la acción del sismo, se considera una carga de forma triangular que va

$$E = 0.5(\gamma * H^2)(1 - K_v)K_{ad}$$

E	=	104.28	kg
---	---	--------	----

Combinaciones de cargas:

Las combinaciones de carga son utilizadas para calcular la resistencia requerida según lo especifican las normas de diseño.

Combinación 1:

$$U = 1.4D + 1.7L + 0.5E$$

U	=	532.71	kg
---	---	--------	----

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

CALCULO DE LA CUANTIA DE ACERO MEDIANTE EL PARAMETRO Ru

RESISTENCIA ULTIMA

$$Ru = \frac{Mu * 10^5}{0.9 * b * d}$$

Mu=	Fuerza cortante	=	0.53	tn/m
d =	Espesor de pared - recubrimiento	=	12.500	cm
L=	Largo de biofiltro	=	200.00	cm

Ru	=	1.89	kgf/cm ²
----	---	------	---------------------

CUANTIA

$$Ru = 0.9 \cdot \rho \cdot fy \cdot (1 - 0.59 \cdot \rho \cdot \frac{fy}{f'c})$$

Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
Ru=	Resistencia ultima	=	1.89	kg/cm ³

ρ	=	0.0005
--------	---	--------

CUANTIA BALANCEADA

ANALISIS Y DISEÑO POR FLEXION - Hipotesis para determinar resistencia nominal a flexion : El valor β_1 es 0.85 si la resistencia del concreto es menor que 280 kg/cm². Si este no es el caso este disminuira en 0.05 por cada Incremento de 70 kg/cm² en la resistencia del concreto, no siendo su valor menor a 0.65

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'c - 280)}{70}$$

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
------	--------------------------	---	--------	--------------------

β_1	=	0.85
-----------	---	------

$$\rho_b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{fy} * (\frac{0.003}{\frac{fy}{Es} + 0.003})$$

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²
Es =	Modulo de elasticidad del acero	=	2*10 ⁶	kgf/cm ²

ρ_b	=	0.021
----------	---	-------

CUANTIA MINIMA

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy} ; \rho_{min} = 0.8 \frac{\sqrt{f'c}}{fy}$$

f'c=	Resistencia del concreto	=	210.00	kg/cm ²
Fy=	Fluencia del acero	=	4200.00	kg/cm ²

ρ_{min}	=	0.00333
--------------	---	---------

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

$$\rho_{min} = 0.00276$$

Se toma el mayor:

$$\rho_{min} = 0.00333$$

CUANTIA MAXIMA

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b$$

$$\rho_b = \text{cuantia balanceada} = 0.0213$$

$$\rho_{max} = 0.0159$$

VERIFICACIONES DE CUANT

$$\rho_{max} = 0.0159$$

$$\rho_{min} = 0.0033$$

$$\rho = 0.0005$$

$$\rho < \rho_{max} = \text{SI CUMPLE}$$

$$\rho > \rho_{min} = \text{NO CUMPLE}$$

Entonces $\rho_{min} = 0.0033$

AREA DE ACERO VERTICAL

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\rho = \text{Cuantia} = 0.0033$$

$$L = \text{Largo de biofiltro} = 200.00 \text{ cm}$$

$$d = \text{Espesor de pared - recubrimiento} = 12.50 \text{ cm}$$

$$A_{sh} = 8.33 \text{ cm}^2$$

AREA DE ACERO TRANSVERSAL

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\rho = \text{Cuantia} = 0.0033$$

$$H = \text{Altura de biofiltro Total} = 115.00 \text{ cm}$$

$$d = \text{Espesor de pared - recubrimiento} = 12.50 \text{ cm}$$

$$A_{st} = 4.74 \text{ cm}^2$$

ESPACIAMIENTO MAXIMO DEL ACERO

$$S \leq 3 \cdot d, S \leq 45$$

$$d = \text{Espesor de pared - recubrimiento} = 12.50 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 22.50 \text{ cm}$$

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

SEPARACION DE ACERO VERTICAL

Smax=	Espaciamiento maximo	=	22.50	cm
L=	Largo de biofiltro	=	200.00	cm
As =	Area de acero vertical	=	8.33	cm ²

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	12.00	8.52	16.67	cm	16.67
1/2	1.27	7.00	8.89	28.57	cm	28.57 > Smax
5/8	1.98	4.00	7.92	50.00	cm	50 > Smax
3/4	2.85	3.00	8.55	66.67	cm	66.67 > Smax
7/8	3.88	2.00	7.76	100.00	cm	100 > Smax
1	5.07	2.00	10.14	100.00	cm	100 > Smax
1 1/8	6.41	1.00	6.41	200.00	cm	200 > Smax
1 1/4	7.92	1.00	7.92	200.00	cm	200 > Smax
1 3/8	9.58	1.00	9.58	200.00	cm	200 > Smax
1 1/2	11.40	1.00	11.40	200.00	cm	200 > Smax

VERIFICACION DE ESPACIAM

Φ	=	3/8	
S	=	16.67	cm
Smax	=	22.5	cm
# de varillas	=	12	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO VE

Usar = 12 varillas de 3/8 @ 20 cm

SEPARACION DE ACERO TRANSVERSAL

Smax=	Espaciamiento maximo	=	22.50	cm
H=	Altura de biofiltro Total	=	115.00	m
Ast=	Area de acero transversal	=	4.74	cm ²

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	7	4.97	16.43	cm	16.43
1/2	1.27	4	5.08	28.75	cm	28.75 > Smax
5/8	1.98	2	3.96	57.50	cm	57.5 > Smax
3/4	2.85	2	5.7	57.50	cm	57.5 > Smax
7/8	3.88	1	3.88	115.00	cm	115 > Smax
1	5.07	1	5.07	115.00	cm	115 > Smax
1 1/8	6.41	1	6.41	115.00	cm	115 > Smax
1 1/4	7.92	1	7.92	115.00	cm	115 > Smax
1 3/8	9.58	0.5	4.79	230.00	cm	230 > Smax
1 1/2	11.4	0.42	4.788	273.81	cm	73.81 > Sma

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

VERIFICACION DE ESPACIAMIENTO

Φ	=	3/8	
S	=	16.43	cm
Smax	=	22.50	cm
# de varillas	=	7	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO TRANSVERSAL

Usar = 7 varillas de 3/8 @ 20 cm

SEPARACION DE ACERO VERTICAL

Smax=	Espaciamiento maximo	=	22.50	cm
L=	Largo de biofiltro	=	130.00	cm
As =	Area de acero vertical	=	5.36	cm ²

Φ	Area	# de varillas	Area Total	separacion	unidad	verificacion
3/8	0.71	8.00	5.68	16.25	cm	16.25
1/2	1.27	4.00	5.08	32.50	cm	32.5 > Smax
5/8	1.98	3.00	5.94	43.33	cm	43.33 > Smax
3/4	2.85	2.00	5.70	65.00	cm	65 > Smax
7/8	3.88	1.00	3.88	130.00	cm	130 > Smax
1	5.07	1.00	5.07	130.00	cm	130 > Smax
1 1/8	6.41	1.00	6.41	130.00	cm	130 > Smax
1 1/4	7.92	1.00	7.92	130.00	cm	130 > Smax
1 3/8	9.58	1.00	9.58	130.00	cm	130 > Smax
1 1/2	11.40	0.47	5.36	276.60	cm	276.6 > Smax

VERIFICACION DE ESPACIAMIENTO

Φ	=	3/8	
S	=	16.25	cm
Smax	=	22.50	cm
# de varillas	=	8	und
S utilizar =	=	20.00	cm
VERIFICACION	=	SI CUMPLE	

DISTRIBUCION DE ACERO VERTICAL

Usar = 8 varillas de 3/8 @ 20 cm

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

RESUMEN DE DISTRIBUCION DE ACERO EN PAREDES (CORREGIDO)

Resumen para acero longitudinal

Paredes	Longitud	As	S utilizado	# Varilla	Smax	Φ
1	1.3	5.36	20.00	7	22.5	3/8
2	1.3	5.36	20.00	7	22.5	3/8
3	2	8.33	20.00	10	22.5	3/8
4	2	8.33	20.00	10	22.5	3/8

Resumen para acero Transversal

Paredes	Longitud	Ast	S utilizado	# Varilla	Smax	Φ
1	1.15	4.74	20.00	6	22.5	3/8
2	1.15	4.74	20.00	6	22.5	3/8
3	1.15	4.74	20.00	6	22.5	3/8
4	1.15	4.74	20.00	6	22.5	3/8

CALCULO DEL BIOFILTRO LOSA

4.- CALCULO DE LOSA DE FONDO

CALCULO DE LOSA DE FONDO

e2= Espesor de losa de fondo = 0.15 m Asumido

CALCULO DE LOS MOMENTOS Y ESPESO

La losa de fondo será analizada como una placa flexible y no como una placa rígida, debido a que el espesor es pequeño en relación a la longitud, además la consideraremos apoyada en un medio cuya rigidez aumenta con el empotramiento. Dicha placa estará empotrada en los bordes

METRADO DE CARGAS

Peso propio del biofiltro (vacío)

Item	A (m)	B (m)	e (m)	γc (kg/cm ²)	w (kg/cm ²)
Pared 1	1.30	1.00	0.15	2400.00	468.00
Pared 2	1.30	1.00	0.15	2400.00	468.00
Pared 3	1.70	1.00	0.15	2400.00	612.00
Pared 4	1.70	1.00	0.15	2400.00	612.00
Losa	2.00	1.30	0.15	2400.00	936.00
					3096.00

Peso propio del agua

Item	A (m)	B (m)	e (m)	γc (kg/cm ²)	w (kg/cm ²)
Agua	1.00	1.70	1.00	1000.00	1700.00

W = 4796.00 kg/cm²

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

CARGA EJERCIDA POR LA ESTRUCTURA

W=	accion de cargas verticales	=	2636.00	kg/cm2
L=	Longitud mayor del biofiltro	=	2.00	m

Momento de empotramiento en los Extremos

$$M = \frac{WL^2}{192}$$

M	=	54.92	kg/m
---	---	-------	------

Momento en el centro

$$M = \frac{WL^2}{384}$$

M	=	27.46	kg/m
---	---	-------	------

Para las planas rectangulares armadas con armaduras en dos direcciones . Timoshenko recomienda los siguientes coeficientes:

Momento en el centro	=	0.0513
Momento de empotramiento	=	0.5290

Momentos finales

Empotramiento (Me)

$$Me = Coef * M$$

Me	=	29.05	kg/m
----	---	-------	------

Centro (c)

$$Mc = Coef * M$$

Mc	=	1.41	kg/m
Mmax	=	29.05	kg/m

Chequeo del espesor util

$$ft = 0.85 * \sqrt{f'c} \quad e = \sqrt{\frac{6.M}{ft.b}}$$

ft	=	12.32	kg/cm2
e	=	3.76	cm

El espesor (e) es menor que el asumido	=	15.00	cm
--	---	--------------	----

3.76 cm < 15 cm SI CUMPLE

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

CALCULO DEL AREA DE ACERO

M=	momento maximo absoluto	=	29.05	kg/m
Fs=	Esfuerzo máximo del acero en condiciones de trabajo	=	900.00	kg/cm ²
j=	relacion entre la distancia de la resultante de los esfuerzos de compresion al centro de gravedad de los esfuerzos de tension	=	0.84	
d=	Peralte efectivo	=	12.50	cm
ρ=	Cuantia	=	0.0018	
b=	metro lineal	=	200.00	cm
e=	Espesor de losa de biofiltro	=	15.00	cm

Acero minimo

$$As = C . b . e$$

As minimo = 5.40 cm²

Area de acero

$$As = \frac{M . b}{fs . j . d}$$

As = 0.61 cm²

Espaciamiento

$$S = \frac{Ao * b}{As}$$

Φ	Area	# varillas
3/8	0.71	10

S = 26.30 cm

$$S \leq 20$$

Verificacion = **NO CUMPLE**

Entonces S = 20.00 cm

DISTRIBUCION DE ACERO EN 2 SENTIDOS

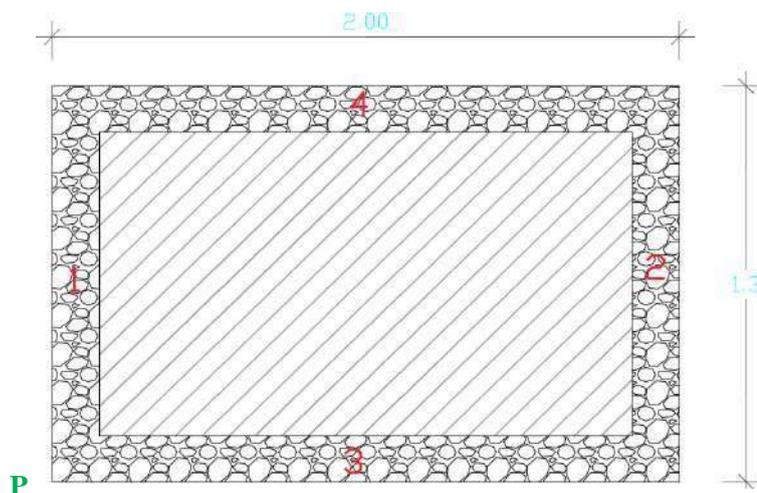
Usar = 10 varillas de 3/8 @ 20 cm

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

CALCULO DEL BIOFILTRO ESTABILIDAD

5.- CALCULO DE ESTABILIDAD DEL BIOFILTRO

CENTRO DE GRAVEDAD DE ESTRUCTURA



Item	A (m)	B (m)	e (m)	γ_c	w (tn)
Pared 1	1.00	1.00	0.15	2.40	0.36
Pared 2	1.00	1.00	0.15	2.40	0.36
Pared 3	2.00	1.00	0.15	2.40	0.72
Pared 4	2.00	1.00	0.15	2.40	0.72
Losa	2.00	1.30	0.15	2.40	0.94
					3.10

Item	X (m)	Y (m)	w*X(tn-mts)	w*Y(tn-mts)	w (tn)
Pared 1	0.075	0.650	0.027	0.234	0.36
Pared 2	1.925	0.650	0.693	0.234	0.36
Pared 3	1.000	0.075	0.720	0.054	0.72
Pared 4	1.000	1.225	0.720	0.882	0.72
Losa	1.000	0.650	0.936	0.608	0.94
			3.096	2.012	3.10

XG=	1.00	m
YG=	0.65	m

ESTABILIDAD DE ESTRUCTURA Y TERRENO

σ =	Capacidad portante de terreno	=	12.10	tn/m ²
w=	Peso de estructura	=	3.10	tn

Verificacion = **ES ESTABLE**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL: "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"

ESFUERZO NETO DEL TERRENO " σ_n ":

$$\sigma_n = \sigma_t * 10 - \gamma_t * hf * \frac{s/c}{1000}$$

σ =	Capacidad portante de terreno	=	1.21	kg/cm ²
γ_s =	Peso esp. del terreno	=	1.44	tn/m ³
hf=	Altura de estructura	=	1.15	m
S/c =	Sobre carga del terreno	=	500.00	kg/cm ²
	σ_n	=	9.95	tn/m ²

PRESION EJERCIDA DE ESTRUCTURA A TERRENO

w=	Peso de estructura	=	3.10	tn
A=	Area de contacto	=	2.60	m ²
	P	=	1.19	tn/m ²

REACCION NETA DE TERRENO

$$P_u = 1.2 W + 1.7 s/c$$

W=	Peso muerto de estructura	=	3.10	tn
S/c =	Sobre carga del terreno	=	0.50	tn
A=	Area de contacto	=	0.65	m ²
	P_u	=	4.57	tn

$$W_n = \frac{P_u}{A}$$

sin agua	W_{nu}	=	1.76	tn/m ²
con agua	W_{nu}	=	2.76	tn/m ²

VERIFICACION DE PESO DE ESTRUCTURA AL TERRENO

σ =	Capacidad portante de terreno	=	12.10	tn/m ²
$W_{nu} 1$ =	Reaccion neta de terreno sin agua	=	1.76	tn/m ²
$W_{nu} 2$ =	Reaccion neta de terreno con agua	=	2.76	tn/m ²
P=	presion de estructura al terreno	=	1.19	tn/m ²

$$W_{n1} \leq \sigma \quad = \quad \text{SI CUMPLE}$$

$$W_{n2} \leq \sigma \quad = \quad \text{SI CUMPLE}$$

$$P \leq \sigma \quad = \quad \text{SI CUMPLE}$$

ANEXO 02

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

DEL C.P. SACAYCACHA

DESCRIPCION DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

OBJETIVOS:

Los estudios topográficos realizados tienen como objetivo lo siguiente:

Realizar los trabajos de campo y el levantamiento topográfico que permitan elaborar los planos topográficos, para que en base a ellos, se realice el diseño final del biofiltro propuesto para la implementación del sistema existente de agua para consumo en el centro poblado Sacaycacha, este estudio tiene como finalidad de conocer si el terreno presenta desniveles, además para saber la ubicación exacta del sistema existente de agua para consumo con respecto al pueblo y también para ubicar el biofiltro teniendo en cuenta la pendiente del terreno.

Proporcionar información para que en base a ello se desarrollen los diversos tipos de estudios que se realizan concernientes al proyecto de tesis que se va a realizar como por ejemplo en este caso de hidráulica, mecánica de suelos y Medio Ambiente etc.

Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de las estructuras del sistema existente (captación, distribución de agua) y del área destinada donde se proyectara la ubicación de biofiltro con el fin para diseñarlo.

Establecer puntos de referencia para el replanteo para cuando se ejecute el proyecto, como son los BM's.

ALCANCES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS:

Levantamiento topográfico general de la zona en base a las ubicaciones de las viviendas beneficiadas con el abastecimiento de agua para consumo humano del centro poblado Sacaycacha.

Definición de la topografía de la zona donde se encuentra el área del sistema de agua para consumo, el canal de tierra y el río Huandoval.

Ubicación e indicación de cotas de puntos referenciales (Perímetro donde se ubicara el biofiltro)

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO:

Antes de ejecutar los trabajos de reconocimiento se procedió a estudiar la documentación e información disponible como:

El trabajo de reconocimiento consistió en el recorrido de las zonas de intervención C.P. Sacaycacha, ubicando las estructuras existentes (captación de agua, distribución de agua); teniendo en cuenta las ubicaciones de las viviendas beneficiarias para servicio del agua para consumo humano.

Todos estos trabajos de levamientos realizados así como las descripciones de lugares donde se ubican las obras de arte (captación), se han planteado en el Plano Planta Topográfico C.P. Sacaycacha. Ver foto N°22, 23, 24 y 25.

METODOLOGÍA UTILIZADA:

Para la ubicación de las coordenadas relativas, UTM, se ha utilizado el Sistema de Posicionamiento Global (GPS NAVEGADOR) de precisión, con puntos referenciales tomando como referencia el norte magnético ubicándose en la ESTACION y, ORIENTACION en base a los cuales se ha realizado el levantamiento topográfico teniendo estaciones a lo largo de toda el área de intervención en un punto estratégico, adicionalmente se ha establecido un BM frente al tanque de almacenamiento existente.

UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO SUCHIMAN

Política:

Departamento : Ancash

Provincia : Pallasca

Distrito : Pallasca
Región : Ancash
Sector(s) : C.P. Sacaycacha

Cartografía:

Coordenadas UTM fue tomada frente del sistema existente cruzando el canal de tierra por donde se capta el agua para el centro poblado Sacaycacha. Ver foto N°25.

ESTE : 0820780E.

NORTE : 9081967N.

ALTITUD : 293 m.s.n.m.

INSTRUMENTACIÓN UTILIZADO:

La instrumentación y el grado de precisión empleados para los trabajos de campo y el procesamiento de los datos han sido consistentes con la dimensión del proyecto y con la magnitud del área estudiada. Siendo estas:

Equipo utilizado Predio : teodolito electrónico

Miras topográficas : 01 unidades.

GPS : eTrexLegend - Garmin

Precisión del Equipo Predio : 30" de precisión, aumento

Telescópico 30x rango enfoque

Plomada óptico 3x

Datum Horizontal Utilizado : WGS 84 (la Canoa - Venezuela)

Zona : 18 (Esferoide Internacional)

Otros :

Estacas.

Wincha.

Material logístico (lapiceros, papel, etc.)

RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO:

Resultados de los planos elaborados:

Se han elaborado los Planos a curvas de nivel a cada 0.5 m y el dibujo en coordenadas UTM, los mismos que se pueden apreciar en las diferentes Láminas:

Plano Topográfico Integral a escala 1/100

Vías de acceso al centro poblado Sacaycacha:

Para llegar al centro poblado existe una vía de entrada:

Vía carretera :

Desde Chimbote – Sacaycacha (carretera panamericana norte) - Rinconada – Vinzos – Chuquicara - Sacaycacha (carretera PE-12) tiempo de duración de viaje: 3 horas de viaje.

ANEXO 03

BARRIDO DE METALES DEL AGUA
DEL RÍO HUANDOVAL – C.P.
SACAYCACHA



INFORME DE ENSAYO N° 20170927-026

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : PERCY GIL LOZANO.
DIRECCIÓN : Jose Carlos Mariategui Mz. F3 Lota 34 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 500mL
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-09-27
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-09-27
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2017-10-26
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 170927-10

RESULTADOS

Metales (mg/L)	Río Huandoval
Plata (Ag)	<0,0007
Aluminio (Al)	5,58
Arsénico (As)	0,028
Boro (B)	0,258
Bario (Ba)	0,023
Berilio (Be)	0,0005
Calcio (Ca)	122,74
Cadmio (Cd)	0,0056
Cerio (Ce)	0,014
Cobalto (Co)	0,0743
Cromo (Cr)	0,0031
Cobre (Cu)	0,0132
Hierro (Fe)	19,561
Mercurio (Hg)	<0,001
Potasio (K)	3,73
Litio (Li)	0,103

Metales (mg/L)	Río Huandoval
Magnesio (Mg)	95,43
Manganeso (Mn)	4,9674
Molibdeno (Mo)	<0,002
Sodio (Na)	23,50
Niquel (Ni)	0,0795
Fósforo (P)	0,258
Plomo (Pb)	0,0142
Antimonio (Sb)	0,004
Selenio (Se)	<0,003
Estaño (Sn)	0,002
Estroncio (Sr)	0,324
Titanio (Ti)	0,0259
Talio (Tl)	<0,003
Vanadio (V)	0,0054
Zinc (Zn)	1,075

METODOLOGÍA EMPLEADA

Metales Totales : EPA 200.7

NOTA :

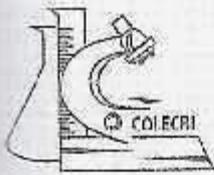
- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Octubre 15 del 2017,
GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 2007
COLECBI S.A.C.

LC-MP-H01E
Versión : 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SI LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° 20171031-011

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : PERCY GIL LOZANO.
DIRECCIÓN : Jose Carlos Maralegui Mz. F3 Lota 34 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 500mL
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-10-31
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-10-31
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2017-11-02
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 171031-7

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Río Huandoval
(**) pH	5,44

(**) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra.

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SME/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.

NOTA :

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nueva Chimbote, Noviembre 02 del 2017.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

ANEXO 04

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL
MUCÍLAGO DE TUNA ACTIVADA A
80°C, 100°C Y COCINA**

Informe N°78-LAQ/2017

Análisis de una muestra de mucílago de tuna 80°C por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de mucílago de tuna 80°C a pedido del Sr. Gil Lozano, Percy Junior, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

"Diseño de un Biofiltro de Mucílago de Tuna (Opuntia Ficus – Indica) para Remover Arsénico."

La muestra está en forma de coloide de color verdoso.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3640 cts/s. Teniendo en cuenta la naturaleza de la muestra el analito se preparó utilizando un vaso de Pírex de 10 mL que se llenó al ras y se utilizó un arreglo vertical tanto para el haz incidente como para el detector del haz secundario..

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual o mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

Consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de mucílago de tuna 80°C (línea roja) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea azul) tomado bajo condiciones similares. Se muestra el rango de energías de 1 a 9 keV donde se observan las diferencias más importantes para este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos y que aparece en ambos espectros.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de concentraciones elementales. La suma en términos de los elementos que no están presentes en el agua destilada da una concentración total de 0.5857% (5857 ppm). Esto indica que la muestra contiene compuestos orgánicos

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

constituido por elementos más livianos que Si. Para mayor información es necesario recurrir a técnicas analíticas químicas que permiten identificar la presencia de radicales orgánicos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de mucílago de tuna 80°C en % de masa.

Elemento	% Masa
Cl	0.1559
K	0.4194
Ca	0.0092
Ti	0.0012
Otros	99.4143
Totales	100.00

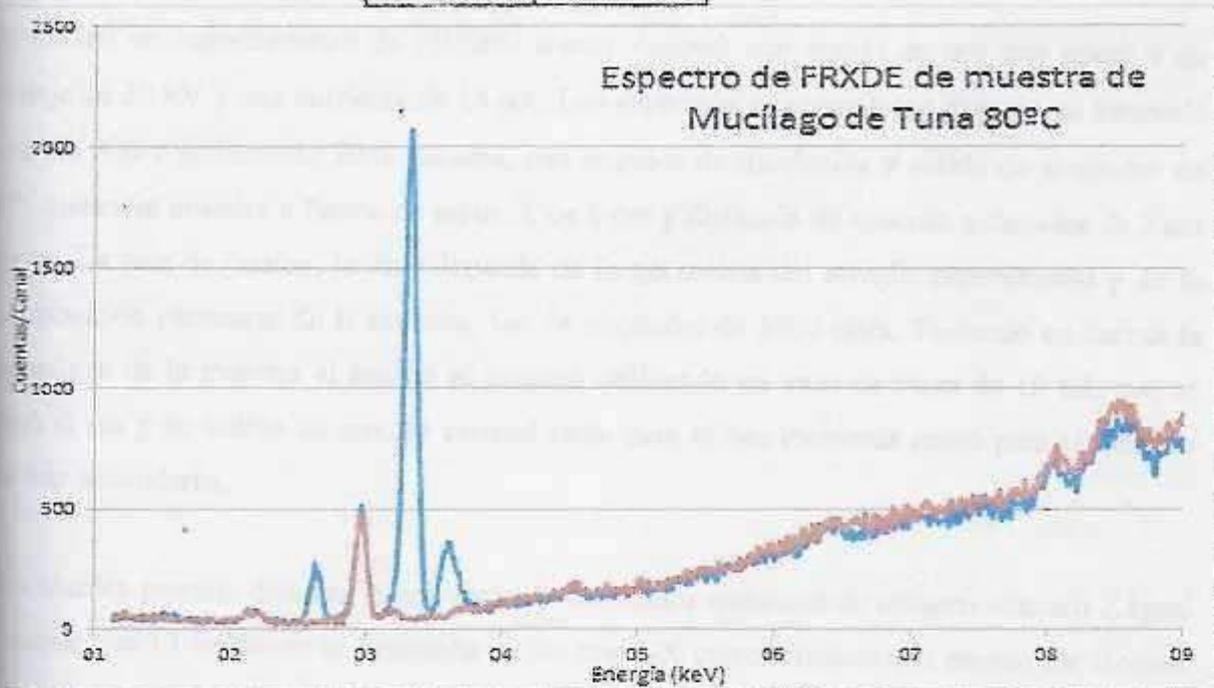


Figura 1. Espectro de FRXDE de mucílago de tuna 80°C (línea azul) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea roja) en escala lineal. Incluye el pico de Ar del aire.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría

Lima, 02 de noviembre del 2017



Informe N°79-LAQ/2017

Análisis de una muestra de mucilago de tuna 100°C por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de mucilago de tuna 100°C a pedido del Sr. Gil Lozano, Percy Junior, ograduado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Diseño de un Biofiltro de Mucilago de Tuna (*Opuntia Ficus – Indica*) para Remover Arsénico.”

La muestra está en forma de coloide de color verdoso.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo de tiempo de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3700 cts/s. Teniendo en cuenta la naturaleza de la muestra el analito se preparó utilizando un vaso de Pirex de 10 mL que se llenó al ras y se utilizó un arreglo vertical tanto para el haz incidente como para el detector del haz secundario..

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual o mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y L de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de muflago de tuna 80°C (línea roja) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea azul) tomado bajo condiciones similares. Se muestra el rango de energías de 1 a 9 keV donde se observan las referencias más importantes para este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos y que aparece en ambos espectros.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de concentraciones elementales. La suma en términos de los elementos que no están presentes en el agua destilada da una concentración total de 0.5957% (5957 ppm). Esto indica que la muestra contiene compuestos orgánicos constituidos por elementos más livianos que Si en su mayor parte. Para mayor información es

necesario recurrir a técnicas analíticas químicas que permiten identificar la presencia de radicales orgánicos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de mucílago de tuna 100°C-co en % de masa.

Elemento	% Masa
Cl	0.2420
K	0.4756
Ca	0.0101
Ti	0.0011
Cu	0.0016
Te	0.0101
Otros	99.2595
Totales	100.000

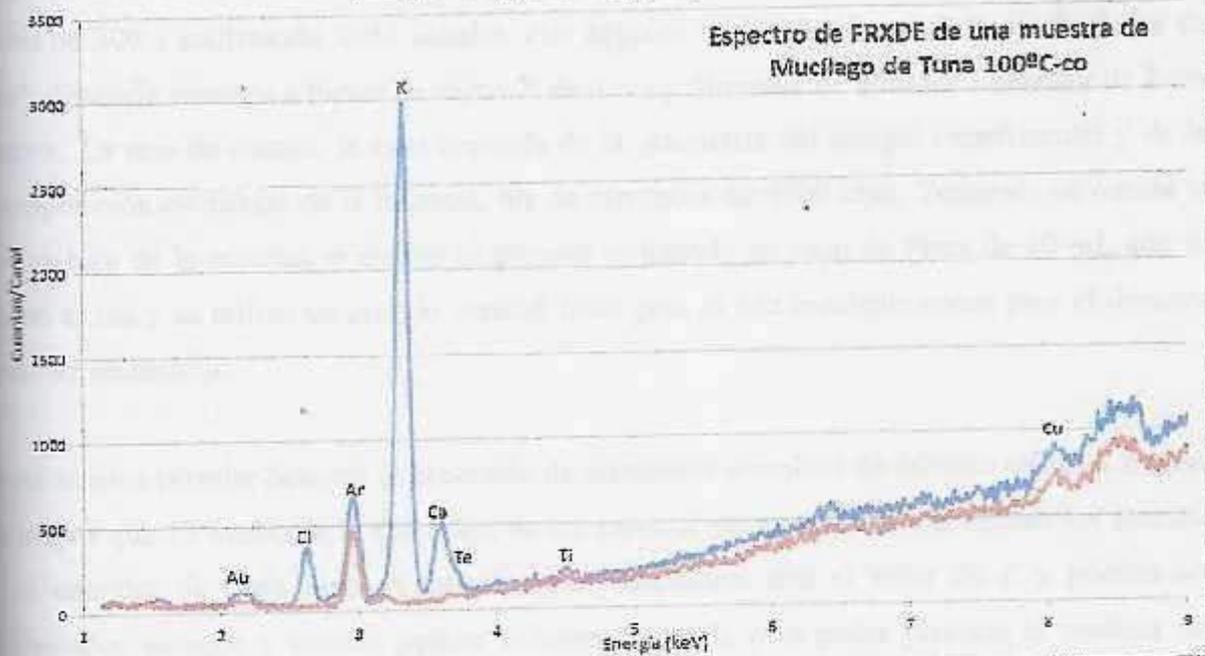


Figura 1. Espectro de FRXDE de mucílago de tuna 80°C (línea azul) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea roja) en escala lineal. Incluye el pico de Ar del aire.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría

Lima, 02 de noviembre del 2017



Informe N°80-LAQ/2017

Análisis de una muestra de mucílago de tuna 100°C-co por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de mucílago de tuna 100°C-co a pedido del Sr. Gil Lozano, Percy Junior, egresado de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Diseño de un Biofiltro de Mucílago de Tuna (Opuntia Ficus – Indica) para Remover Arsénico.”

La muestra está en forma de coloide de color verdoso.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4300 cts/s. Teniendo en cuenta la naturaleza de la muestra el analito se preparó utilizando un vaso de Pirex de 10 mL que se llenó al ras y se utilizó un arreglo vertical tanto para el haz incidente como para el detector del haz secundario.

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de mucílago de tuna 100°C-co (línea roja) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea azul) tomado bajo condiciones similares. Se muestra el rango de energías de 1 a 9 keV donde se observan las diferencias más importantes para este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos y que aparece en ambos espectros.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de concentraciones elementales. La suma en términos de los elementos que no están presentes en el agua destilada da una concentración total de 0.7405% (7405 ppm). Esto indica que la muestra contiene compuestos orgánicos constituidos por elementos más livianos que Si en su mayor parte. Para mayor información es

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

necesario recurrir a técnicas analíticas químicas que permiten identificar la presencia de radicales orgánicos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de mucílago de tuna 100°C-co en % de masa.

Elemento	% Masa
Cl	0.2420
K	0.4756
Ca	0.0101
Ti	0.0011
Cu	0.0016
Te	0.0101
Otros	99.2595
Totales	100.000

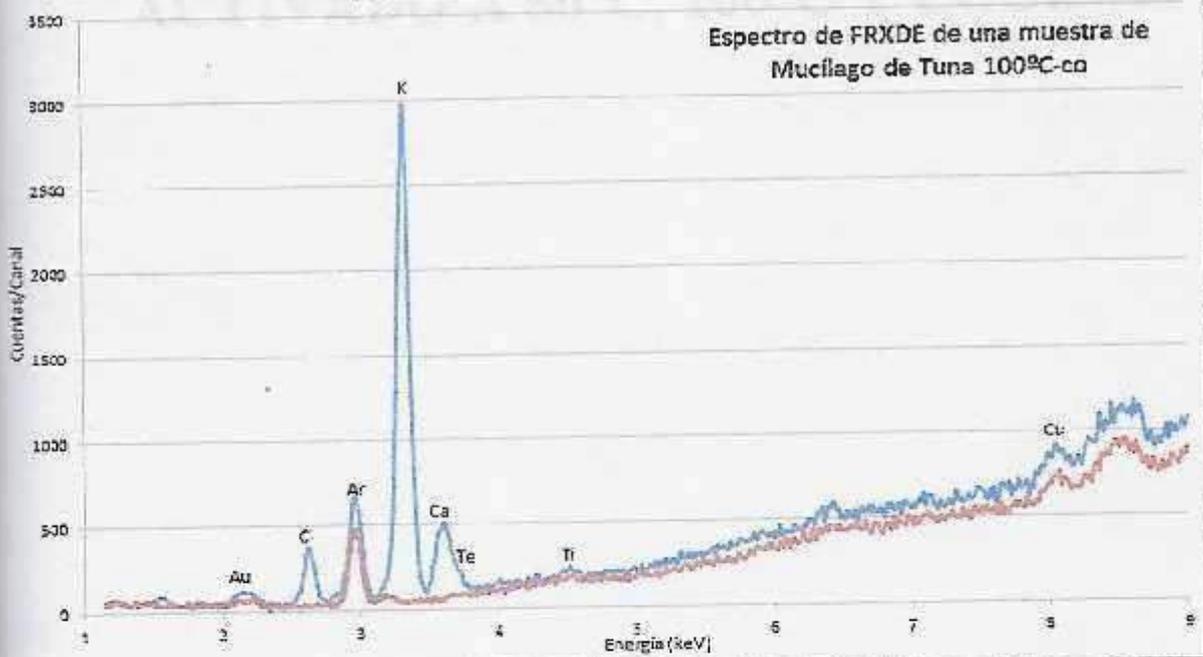


Figura 1. Espectro de FRXDE de mucílago de tuna 80°C (línea azul) conjuntamente con el espectro de agua destilada (línea roja) en escala lineal. Incluye el pico de Ar del aire.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría

Lima, 02 de noviembre del 2017



ANEXO 05

PH DE MUCÍLAGO DE TUNA ACTIVADO A 80°C, 100°C Y COCINA



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20171222-020

Pag. 1 de 1

SOLICITADO POR : GIL LOZANO PERCY JUNIOR.
DIRECCIÓN : Villa Magisterial A-10 I Etapa Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-12-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-12-22
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2017-12-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Física Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 171222-6

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
MUCILAGO DE TUNA 80°C	6,31
MUCILAGO DE TUNA 100°C	6,14
MUCILAGO DE TUNA COCINA	5,38

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Diciembre 26 del 2017.

GVR/jms

A. Gustavo Valdes Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 016
COLECBI S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO 06

TURBIDEZ Y PH DE MUESTRAS DE

AGUA PATRÓN Y

EXPERIMENTALES



INFORME DE ENSAYO N° 20180104-005

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : GIL LOZANO PERCY JUNIOR.
DIRECCIÓN : Villa Magisterial A-10 I Etapa Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA : 08 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-01-04
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-01-04
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-01-05
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180104-5

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS	
	pH	Turbidez (UNT)
Patrón	5,50	480
50mL 80°C	6,05	6,19
70mL 80°C	5,42	12,01
50mL 100°C	4,58	3,48
70mL 100°C	5,23	5,12
50mL COCINA	4,95	3,21

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

Turbidez : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22na Ed. 2012 2130B

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Enero 08 del 2018.

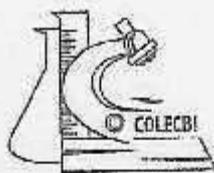
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos

Gerente de Laboratorios

C.B.P. 329

COLECBI S.A.C.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20171222-021

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : GIL LOZANO PERCY JUNIOR.
DIRECCIÓN : Villa Magisterial A-10 | Etapa Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 500mL
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-12-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-12-22
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2017-12-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 171222-5

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Río Huandoval Tratada
pH	4.88
Turbidez (UNF)	1.4

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

Turbidez : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 2130B

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Diciembre 26 del 2017,
GVR/jms

A. Gustavo Valgas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.Q. 320
COLECBI S.A.C.

EMP-HRIE
Versión : 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 939*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO N° 20180104-005

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : GIL LOZANO PERCY JUNIOR.
DIRECCIÓN : Villa Magisterial A-10 I Etapa Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA : 08 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-01-04
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-01-04
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-01-05
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 180104-5

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS	
	pH	Turbidez (UNT)
Patrón	5,50	480
50mL 80°C	6,05	6,19
70mL 80°C	5,42	12,01
50mL 100°C	4,58	3,48
70mL 100°C	5,23	5,12
50mL COCINA	4,95	3,21

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

Turbidez : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22na Ed. 2012 2130B

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Enero 08 del 2018.

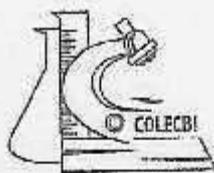
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos

Gerente de Laboratorios

C.B.P. 329

COLECBI S.A.C.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20171222-021

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : GIL LOZANO PERCY JUNIOR.
DIRECCIÓN : Villa Magisterial A-10 | Etapa Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO)
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 500mL
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2017-12-22
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2017-12-22
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2017-12-23
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 171222-5

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Río Huandoval Tratada
pH	4.88
Turbidez (UNF)	1.4

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

Turbidez : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 2130B

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, Diciembre 26 del 2017,
GVR/jms

A. Gustavo Valgas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.Q. 320
COLECBI S.A.C.

EMP-HRIE
Versión : 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 939*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO 07

ENSAYO DE CANTIDAD DE
ARSÉNICO DE MUESTRA PATRÓN Y
EXPERIMENTALES

LABORATORIO DE CONSULTORIA E INVESTIGACIÓN

INFORME TÉCNICO N° 1923 - 17 - LAB. 12

SOLICITANTE

NOMBRE : FERRI JONAS SULLOYAN
 DNI : 72213222

CRONOGRAMA DE FECHAS

FECHA DE RECEPCIÓN : 18/12/2017
 FECHA DE ENSAYO : 28/12/2017
 FECHA DE EMISIÓN : 29/12/2017

ANÁLISIS SOLICITADO

ANÁLISIS DE ARSÉNICO

DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS

7 MUESTRAS DE AGUA

MUESTRA	DESCRIPCION
M1	Muestra de agua patrón del Río Huandoval, recolectada el día 16/12/2017
M2	Muestra de agua del Río Huandoval, tratada con 50 mg/L mucilago de tuna calentada a 80 °C con mufla, realizada el día 17/12/2017
M3	Muestra de agua del Río Huandoval, tratada con 70 mg/L mucilago de tuna calentada a 80 °C con mufla, realizada el día 17/12/2017
M4	Muestra de agua del Río Huandoval, tratada con 50 mg/L mucilago de tuna calentada a 100 °C con cocina, realizada el día 17/12/2017
M5	Muestra de agua del Río Huandoval, tratada con 70 mg/L mucilago de tuna calentada a 100 °C con mufla, realizada el día 17/12/2017
M6	Muestra de agua del Río Huandoval, tratada con 50 mg/L mucilago de tuna calentada a 100 °C con cocina, realizada el día 17/12/2017
M7	Muestra de agua del Río Huandoval, tratada con 70 mg/L mucilago de tuna calentada a 100 °C con cocina, realizada el día 17/12/2017

LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 61%

EQUIPO UTILIZADO : Espectrofotómetro de absorción atómica
 Shimadzu AA-7000

RESULTADOS

MUESTRA	RESULTADOS (ppm)	MÉTODO DE REFERENCIA
M1	25.00	Espectrofotometría de Absorción atómica
M2	7.80	
M3	8.90	
M4	9.10	
M5	9.45	
M6	10.20	
M7	11.10	

(*) El valor de 0.3 ppm es el límite de detección del equipo para el arsénico.

VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Jhon Mescos Pumayallí
 Analista Químico
 LABICER - UNI



MSc. Celia Aguirre de la Cruz
 Responsable de Análisis
 Firmado por:
 Ing. Sebastián Lazo Ochoa
 CIP 74236

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO 08

ENSAYOS DE LABORATORIO DE

MECÁNICA DE SUELOS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ALUMNO : BACHILLER PERCY JUNIOR GIL LOZANO
 TÍTULO : DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCLAGO DE TUNA (*OPUNTIA FICUS - INDICA*) PARA REMOVER ARSENICO
 MATERIA : M - 1
 CENTRO : CENTRO POBLADO SACAYCACHA
 FECHA : 07/12/2017

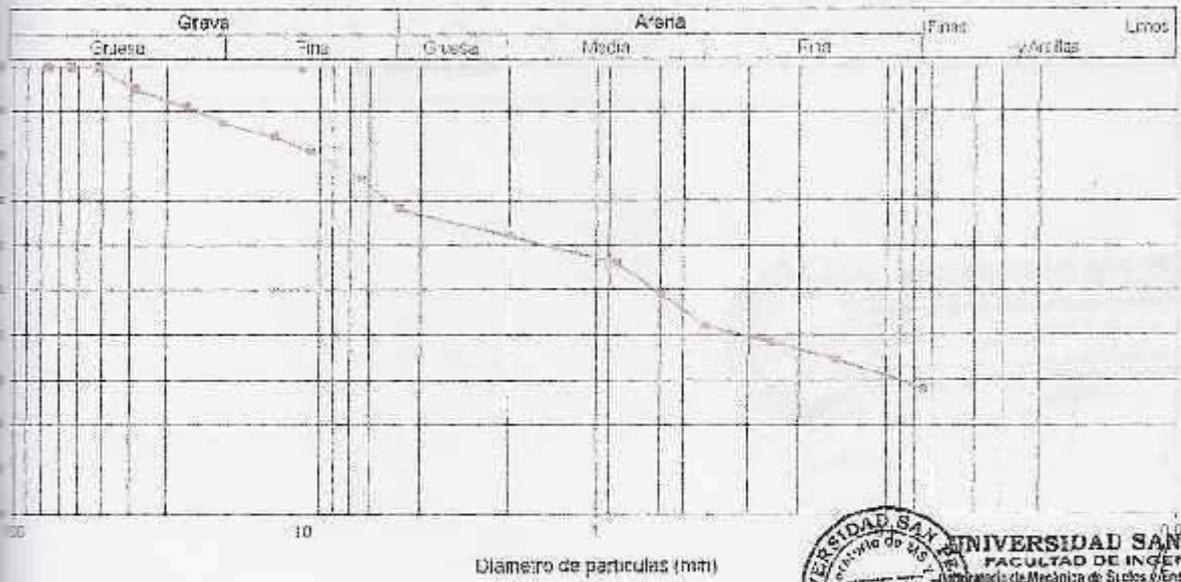
Peso Seco Inicial	2150	gr.
Peso Seco Lavado	1539.9	gr.
Peso perdido por lavado	610.1	gr.

M-1

Tamiz (Abertura)	Peso Retenido (gr.)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje (%)	Clasificación AASHTO
192"	0.0	0.0	0.0	100.0	Materia granular Existe un tamaño como máximo
2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
75"	103.5	5.0	5.0	95.0	A-2-6 Grava y arena gruesa y fina
75"	83.1	3.9	8.8	91.2	
47.5"	81.1	3.8	12.6	87.4	Índice de plasticidad = 1
25"	65.2	3.0	15.6	84.4	
150"	73.2	3.4	19.0	81.0	Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas gruesas (Suelo tipo)
75"	123.3	5.9	24.9	75.1	
4.75"	148.9	6.8	31.7	68.3	Índice de plasticidad = 14.33
2.00"	128.6	6.0	37.7	62.3	
0.850"	133.8	6.4	44.1	55.9	Pasa tamiz N° 4 (%) : 68.3
0.600"	150.6	7.0	51.1	48.9	Pasa tamiz N° 200 (%) : 28.4
0.425"	145.6	6.8	57.8	42.2	D60 (mm) : 0.85
0.250"	73.2	3.4	61.3	38.7	D30 (mm) : 0.092
0.150"	85.9	4.0	65.2	34.9	D10 (mm) :
0.075"	137.1	6.4	71.6	28.4	Cu
0.075"	610.1	28.4	100.0	0.0	Cc
Total	2150.0			100.0	

Límite líquido LL	33.48
Límite plástico LP	19.15
Índice plasticidad IP	14.33

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez-Reyes

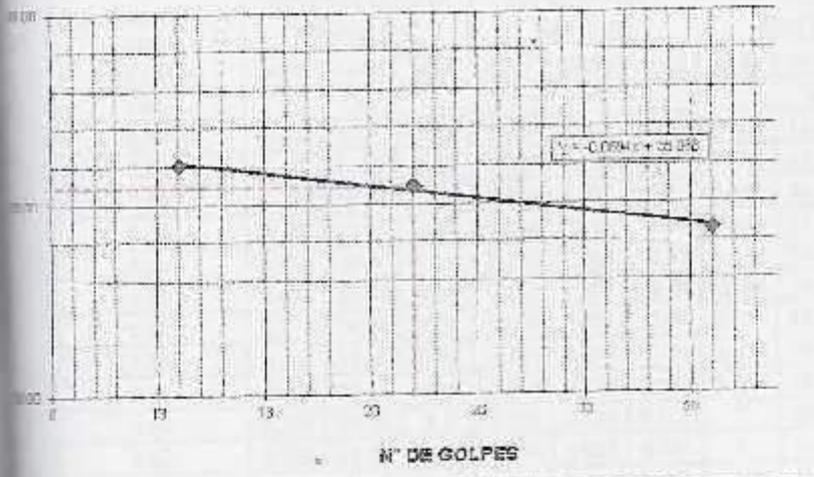


LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO (MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

ALICITA : BACHILLER PERCY JUNIOR GIL LOZANO
 TEMA : DISEÑO DE UN BIOFILTRÓ DE MUCILAGO DE TUÑA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSENICO
 LUGAR : CENTRO POBLADO SACAYCACHA
 FECHA : 07/12/2017

TIPO DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
SO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	68.80	48.70	49.90	18.20	16.50	17.10
SO TARA + SUELO SECO (gr.)	59.20	41.30	41.90	17.70	16.20	16.70
SO DE LA TARA (gr.)	28.50	19.20	18.40	15.10	14.30	14.60
SO DEL AGUA (gr.)	9.60	7.40	8.00	0.80	0.20	0.40
SO SUELO SECO (gr.)	29.70	22.10	23.50	2.20	1.90	2.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32.32	33.46	34.04	22.72	15.70	19.04
Nº DE GOLPES	39	25	14	19.15		

% HUMEDAD - Nº GOLPES



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL :	%	33.48

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP :	%	19.15

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-435		
IP :	%	14.33



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM D 3080, AASHTO T296, MTC E 129-2000)

SOLICITA : BACHILLER PERCY JUNIOR GIL LOZANO

PROYECTO : DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCILAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS) INDICA PARA REMOVER ARSEENICO

MUESTRA : C-1

FECHA : 08/17/2017

NOMBRE DE MUESTRA = C-1

PROFUNDIDAD = 1.50 mts

TIPO DE MUESTRA = REMOLDEADA NO CREMADA

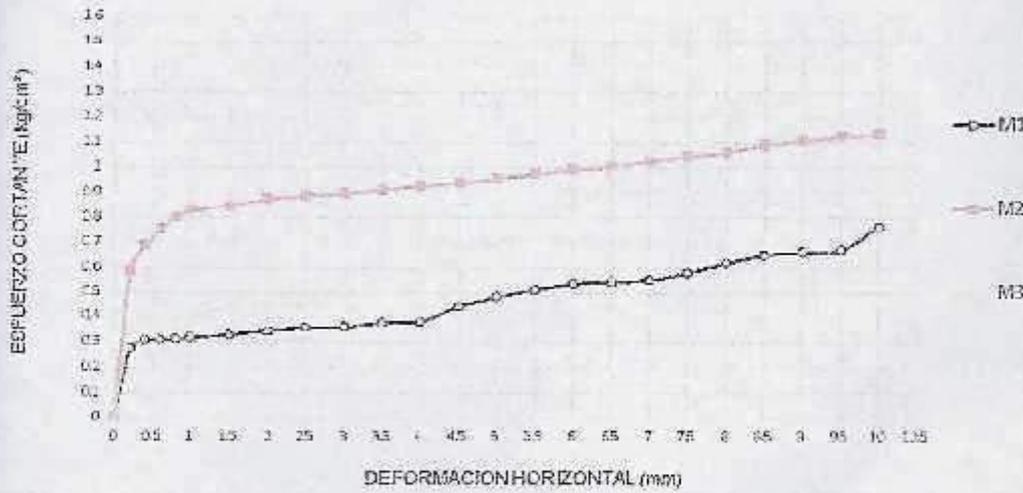
DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Diámetro	50.00 mm
Altura	23.1 mm
Área	20.2683 cm ²
Volumen	80.87343 cm ³

DIMENSIONES DE LA MUESTRA	
Peso	10.3 gr
Peso Unitario Húmedo	1.87 gr/cm ³
Contenido de Humedad	6.5 %
Peso Unitario Seco	1.76 gr/cm ³

VELOCIDAD DE DEFORMACION = 0.50 mm/min

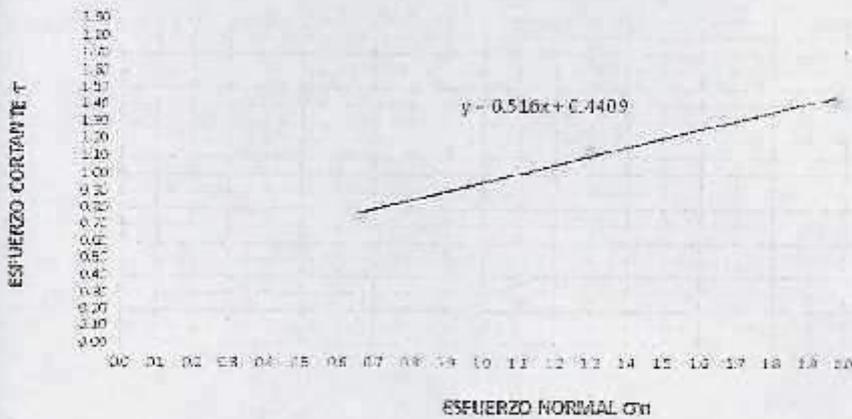
DEFORMIMETRO DE LONGITUD HORIZONTAL	LECTURA DE CARGA HORIZONTAL			DEFORMACION VERTICAL			FUERZA DE CORTE HORIZONTAL			CORREC. AREA	ESFUERZO CORTE ANTE		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03		M-01	M-02	M-03
	mm	Div.		mm			kg				cm ²	kg/cm ²	
0.20	4.44	12.1	6.44	0.000	-0.04	-0.07	5.535	11.85	7.185	20.17	0.274	0.588	0.356
0.40	5.18	14.52	7.36	0.034	-0.04	-0.07	6.146	13.05	7.944	20.07	0.306	0.690	0.396
0.60	5.18	15.95	7.36	0.066	-0.04	-0.07	6.146	15.05	7.944	19.56	0.308	0.753	0.398
0.80	5.18	17.05	7.36	0.094	-0.04	-0.07	6.146	15.94	7.944	19.85	0.309	0.802	0.400
1.00	5.828	17.6	7.36	0.117	-0.03	-0.07	6.258	16.39	7.944	19.76	0.317	0.830	0.402
1.50	5.476	17.82	8.28	0.165	-0.03	-0.06	6.39	16.57	8.703	19.51	0.328	0.849	0.446
2.00	5.772	18.15	8.28	0.208	-0.01	-0.04	6.634	16.84	8.703	19.25	0.345	0.875	0.452
2.50	5.92	18.15	8.28	0.226	0.005	-0.01	6.756	16.84	8.703	19	0.356	0.867	0.458
3.00	5.92	18.15	9.2	0.231	0.018	0.00	6.756	16.84	9.462	18.75	0.360	0.898	0.505
3.50	6.216	18.26	9.2	0.251	0.025	0.003	7	16.94	9.462	18.49	0.379	0.916	0.512
4.00	6.216	18.26	11.04	0.255	0.032	0.007	7	16.94	10.98	18.24	0.384	0.928	0.602
4.50	7.4	18.26	11.04	0.255	0.036	0.007	7.977	16.94	10.98	17.99	0.443	0.941	0.610
5.00	8.14	18.37	12.88	0.251	0.041	0.00	8.587	17.03	12.5	17.73	0.484	0.967	0.705
5.50	8.584	18.48	12.88	0.255	0.041	-0.02	8.954	17.12	12.5	17.48	0.512	0.979	0.715
6.00	8.88	18.48	14.72	0.255	0.042	-0.03	9.198	17.12	14.02	17.23	0.584	0.993	0.813
6.50	8.88	18.48	17.04	0.259	0.041	-0.04	9.198	17.12	16.67	16.98	0.512	1.008	0.982
7.00	8.88	18.59	20.24	0.505	0.050	-0.05	9.198	17.21	18.57	16.72	0.550	1.029	1.111
7.50	9.324	18.7	21.44	0.507	0.046	-0.07	9.564	17.3	19.56	16.47	0.581	1.050	1.187
8.00	9.916	18.7	21.62	0.507	0.023	-0.09	10.05	17.3	19.71	16.22	0.620	1.065	1.215
8.50	10.36	18.92	21.62	0.503	0.033	-0.10	10.42	17.46	19.71	15.97	0.652	1.095	1.254
9.00	10.36	18.92	23	0.502	0.041	-0.11	10.42	17.48	20.85	15.72	0.663	1.112	1.326
9.50	10.36	18.92	23.92	0.502	0.034	-0.13	10.42	17.48	21.6	15.47	0.673	1.130	1.397
10.00	11.84	18.7	24.38	0.495	0.035	-0.14	11.64	17.3	21.98	15.22	0.765	1.137	1.444
10.50	12.58	18.7	24.94							14.97			
11.00	13.02	18.59	25.12							14.72			
11.50	13.17	18.59	25.3							14.48			





MUESTRA	M1	M2	M3
Carga Vertical (kg)	10	20	30
Área en Corte (cm²)	15.22	15.47	15.22
σ (kg/cm²)	0.66	1.29	1.97
τ (kg/cm²)	0.7650	1.14	1.44

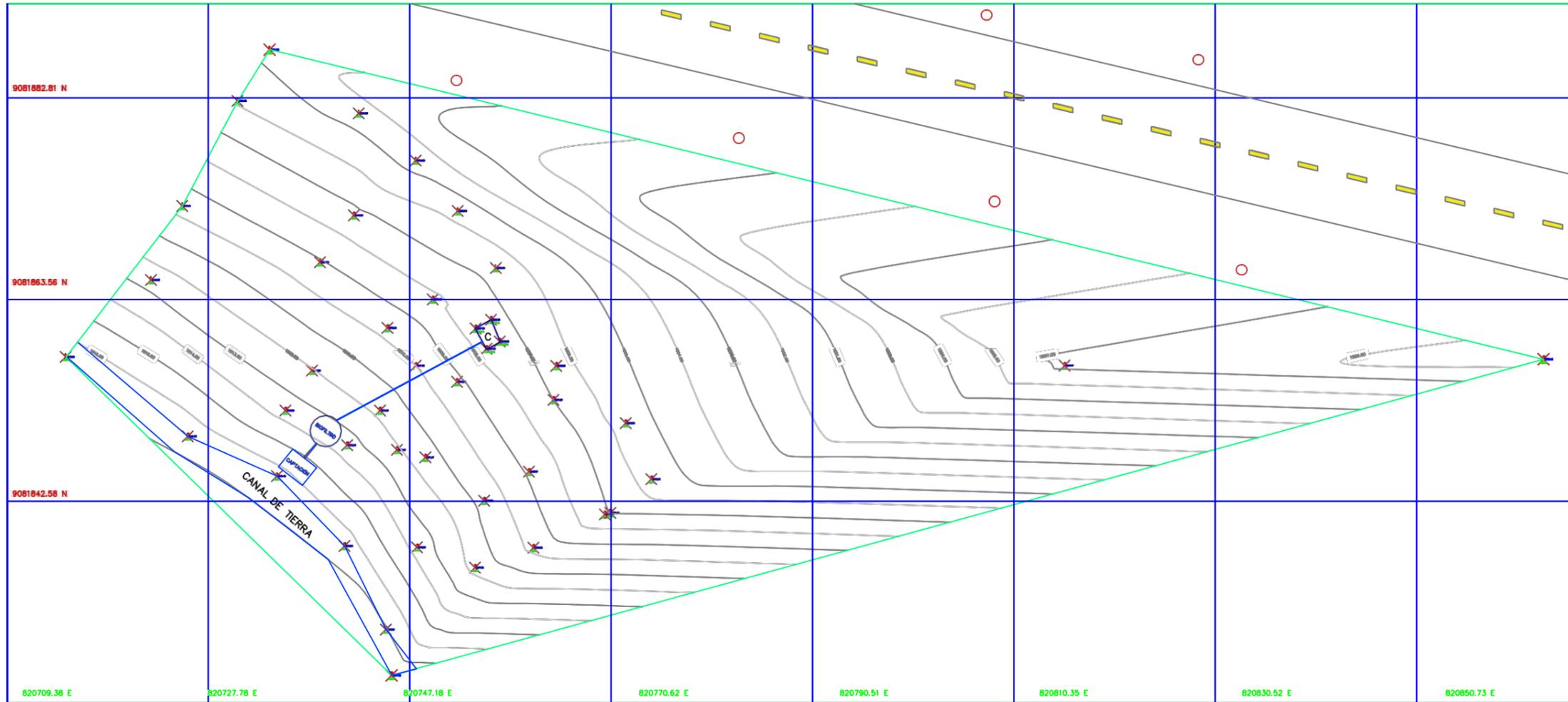
Coeficiente	0.002 kg/cm²
Ángulo de fricción interna	30.29 °



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

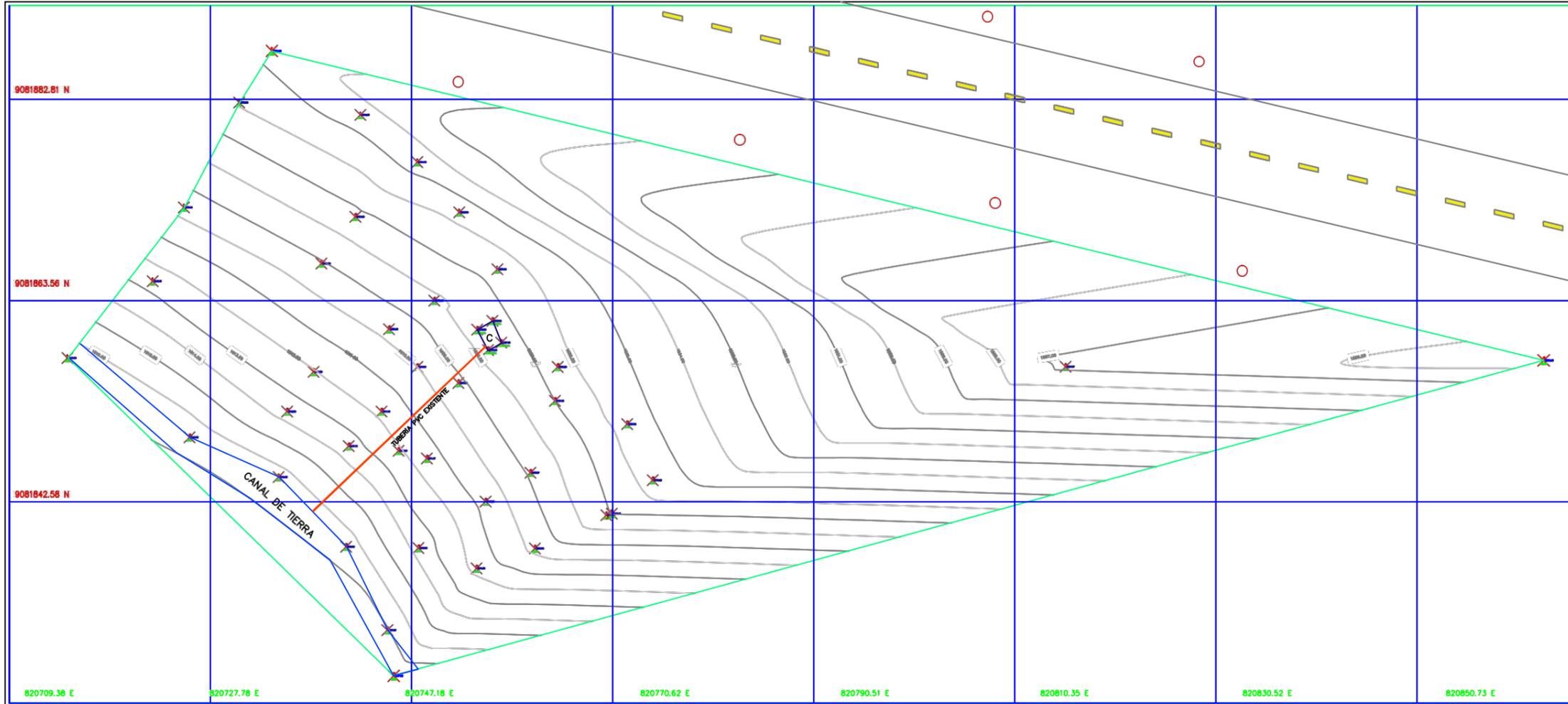
ANEXO 09

PLANOS



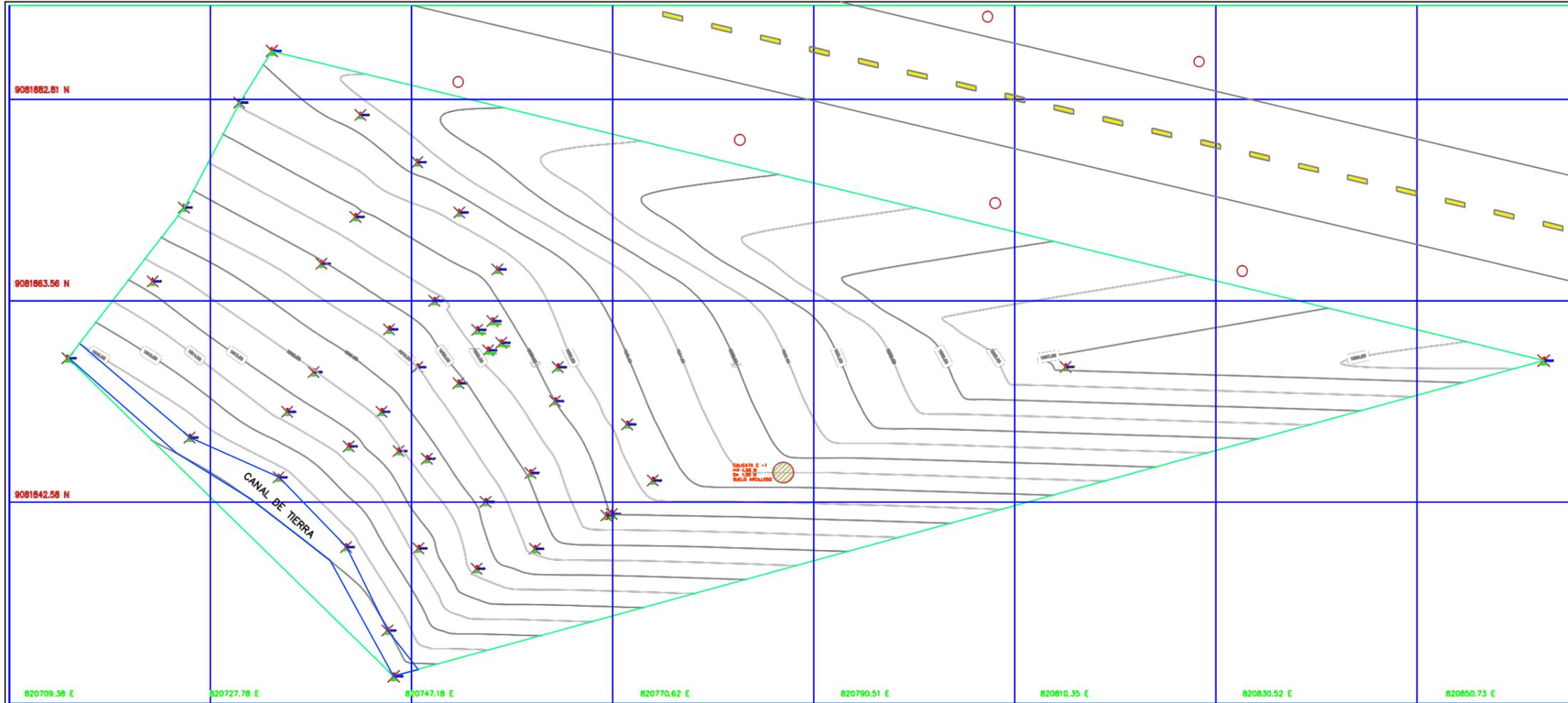
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Norte Magnetico
	Curvas de Nivel
	Cisterna Existente de Concreto Armado
	PUNTO
	POSTE DE ALUMBRADO
	PISTA

 SI FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
<small>tesis para obtener el título de Ing. Civil:</small> "DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"									
Distrito : PAHNASCA : ANCASH									
Tesisista: Bach. Gil Lozano Percy Junior	Plano : UBICACIÓN								
Asesor : Ing. Dante Salazar Sánchez	<table border="1"> <tr> <td>Dibujo Cod :</td> <td>Fecha:</td> <td>Escala:</td> <td>Nº Lamina:</td> </tr> <tr> <td>G.L.P.J.</td> <td>ENERO 2018</td> <td>INDICADA</td> <td>U - 01</td> </tr> </table>	Dibujo Cod :	Fecha:	Escala:	Nº Lamina:	G.L.P.J.	ENERO 2018	INDICADA	U - 01
Dibujo Cod :	Fecha:	Escala:	Nº Lamina:						
G.L.P.J.	ENERO 2018	INDICADA	U - 01						



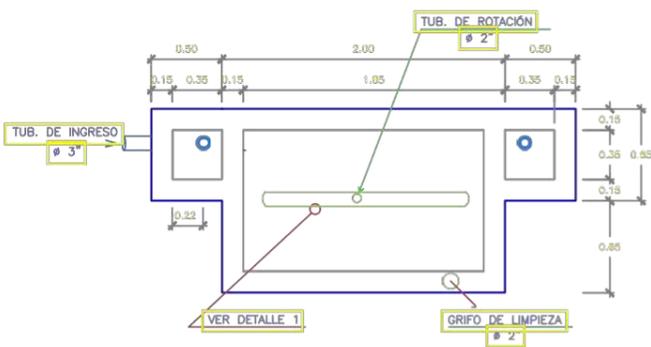
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Norte Magnetico
	Curvas de Nivel
	Cisterna Existente de Concreto Armado
	PUNTO
	POSTE DE ALUMBRADO

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
Tesis para obtener el Título de Ing. Civil:	
"DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"	
Centro Poblado : SACAYCACHA Distrito : PALLASCA Provincia : PAHLLASCA Región : ANCASH	Tesisista: Bach. Gil Lozano Percy Junior
Plano : TOPOGRAFÍA - CURVAS DE NIVEL	
Asesor : Ing. Dante Salazar Sánchez	Dibujo Cad : G.L.P.J. Fecha : ENERO 2018 Escala : INDICADA N° Lámina : T - 01

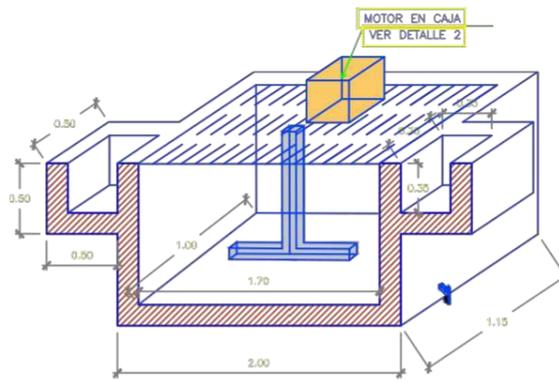


LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Norte Magnetico
	Curvas de Nivel
	Cisterna Existente de Concreto Armado
	PUNTO
	POSTE DE ALUMBRADO
	CALICATA C-01

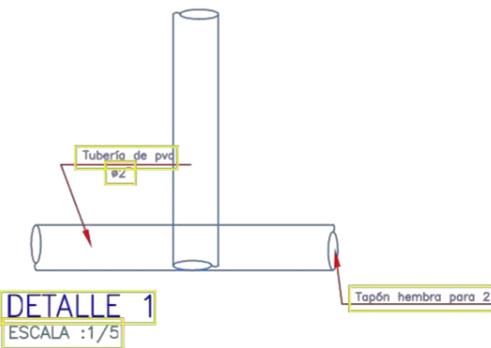
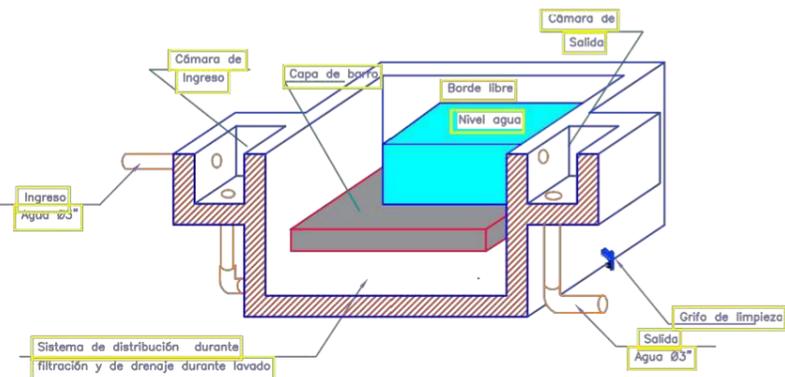
 SI FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
tesis para obtener el título de Ing. Civil:									
"DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCÍLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO"									
Distrito : PAHASCAS : ANCASH									
Tesisista: Bach. Gil Lozano Percy Junior									
CALICATAS									
Asesor :	<table border="1"> <tr> <td>Dibujo Cad :</td> <td>Fecha:</td> <td>Escola:</td> <td>N° Lamina:</td> </tr> <tr> <td>Ing. Dante Salazar Sánchez</td> <td>G.L.P.J.</td> <td>ENERO 2018</td> <td>INDICADA C - 01</td> </tr> </table>	Dibujo Cad :	Fecha:	Escola:	N° Lamina:	Ing. Dante Salazar Sánchez	G.L.P.J.	ENERO 2018	INDICADA C - 01
Dibujo Cad :	Fecha:	Escola:	N° Lamina:						
Ing. Dante Salazar Sánchez	G.L.P.J.	ENERO 2018	INDICADA C - 01						



PLANTA DE BIOFILTRO (V=1.70 M3)
ESCALA: 1/25



ISOMETRICO DE BIOFILTRO
ESCALA: 1/25



DETALLE 1
ESCALA :1/5

VOLUMEN :
Volumen : 1.70 m³

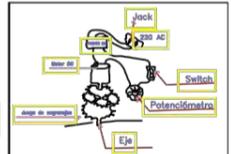
Caudal de diseño : 1.850 L/s
% De caudal por filtro : 65 %
Caudal por filtro : 1.203 L/s

DIMENSIONES INTERNAS	DIMENSIONES PAREDES	DIMENSIONES LOSA
Longitud : 1.70 mts.	Longitud : 2.00 mts.	Longitud : 2.00 mts.
Ancho : 1.00 mts.	Ancho : 1.30 mts.	Ancho : 1.30 mts.
Altura : 1.00 mts.	Altura : 1.10 mts.	Altura : 0.15 mts.

CAMARA INGRESO - SALIDA	DIMENSIONES EXTERNAS
Longitud : 0.35 mts.	Longitud : 0.30 mts.
Ancho : 0.35 mts.	Ancho : 0.00 mts.
Altura : 0.35 mts.	Altura : 0.30 mts.

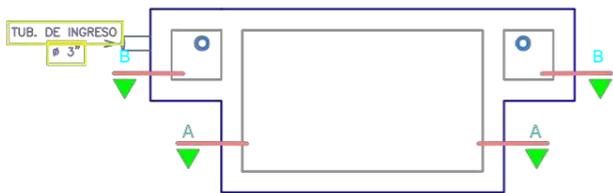
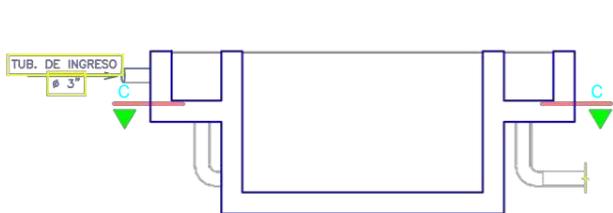
Altura de borde libre : 0.20 mts.

Guía para diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples Etapas - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) - Lima 2005

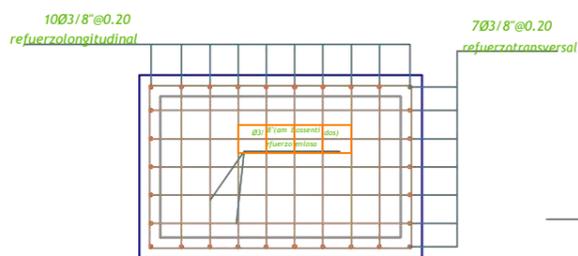


DETALLE 2
ESCALA :1/5

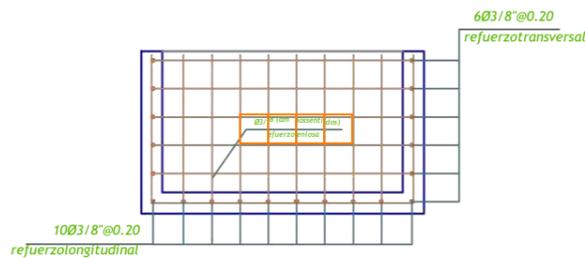
<p>Trabaja para obtener el Título de Ing. Civil</p>		<p>Nombre</p>
<p>Título</p>	<p>Plano 1</p>	<p>Fecha</p>
<p>Autor 1</p>	<p>Diseño Cod</p>	<p>Escala</p>
<p>GLPA</p>	<p>DISEÑO</p>	<p>INDICION</p>
<p>NEW</p>	<p>USO</p>	<p>INDICION</p>



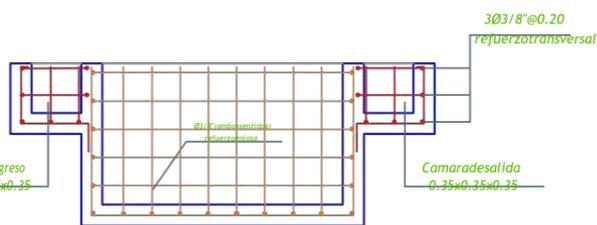
PLANTA DE BIOFILTRO (V=1.70 M3)
ESCALA: 1/25



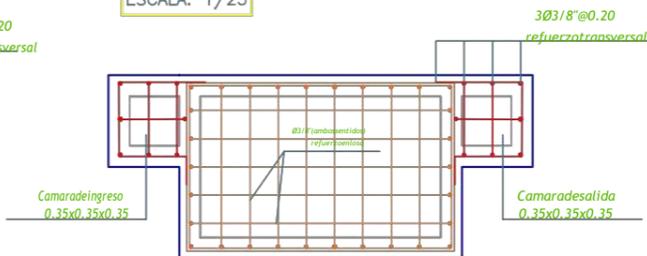
DETALLE DE ACERO EN LOSA DE BIOFILTRO
ESCALA: 1/25



DETALLE DE ACERO - CORTE A - A
ESCALA: 1/25



DETALLE DE ACERO - CORTE B - B
ESCALA: 1/25



DETALLE DE ACERO - CORTE C - C
ESCALA: 1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS

1.00 CONCRETO:

CONCRETO SIMPLE:
S0000 : C:H 1:12

CONCRETO ARMADO:
Biofiltro: Paredes : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Biofiltro: Losa : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

2.00 ACERO DE REFUERZO:

Se usará fierro corrugado con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

3.00 CURADO:

Mínimo 7 días consecutivos.

4.00 RECUBRIMIENTOS:

Paredes de biofiltro : 2.25 cm.
Losa de biofiltro : 2.25 cm.

5.00 CONSIDERACIONES GENERALES:

El proceso constructivo se regirá según lo estipulado en el R.N.C. y/o indicaciones del proyectista. Se respetará las notas adjuntas en los planos y a falta de detalles se consultará al proyectista.

6.00 EMPALMES:

$\phi 3/8" = 30 \text{ cm}$

7.00 RESISTENCIA DE TERRENO:

Resistencia = 1.29 KG/CM2

8.00 CAPACIDAD DE BIOFILTRO:

Según el diseño hidráulico el biofiltro trabaja a un 65 % de la capacidad de la captación, la capacidad del biofiltro es de 1.70 m3.

9.00 NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD:

- Reglamento Nacional De Edificaciones
- R.N.E. Concreto Armado E - 060
- Reglamento de construcciones Concreto Estructural ACI - 318 - 05
- Normas de Diseño Sismorresistente E - 030.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Título: **DISEÑO DE UN BIOFILTRO DE MUCNLAGO DE TUNA (OPUNTIA FICUS - INDICA) PARA REMOVER ARSÉNICO***

Autores: **OLAZANO PERCY JUNIOR** (Pallasca), **DAVID** (Pallasca), **ANDRÉS** (Arequipa)

Tutor: **Dr. Dante Salazar Sánchez**

Asesor: **Dante Salazar Sánchez**

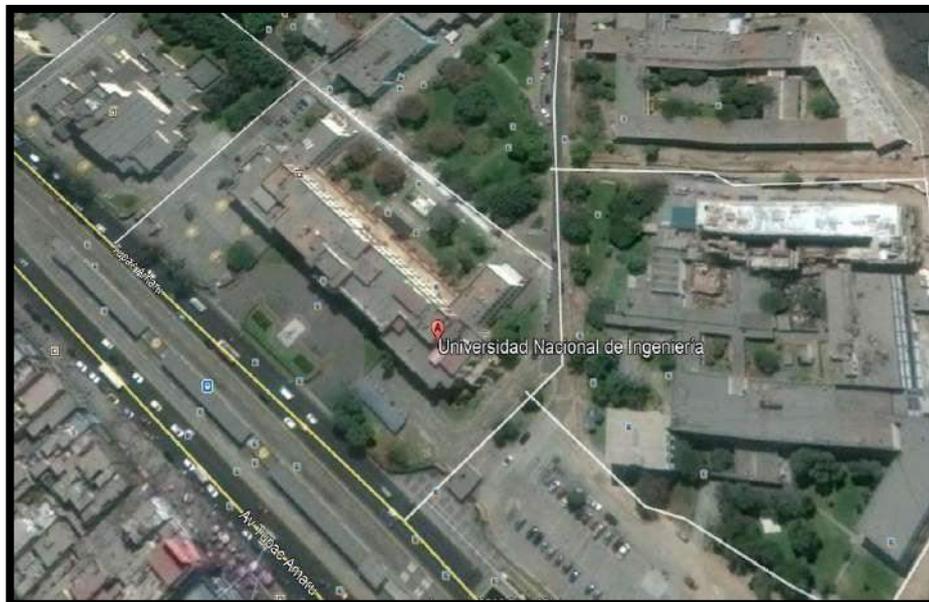
Diseño Cod: **CL.P.A.** | Fecha: **08/03/2018** | Estado: **INDICIA** | N° de Expediente: **1552**

DE - 01

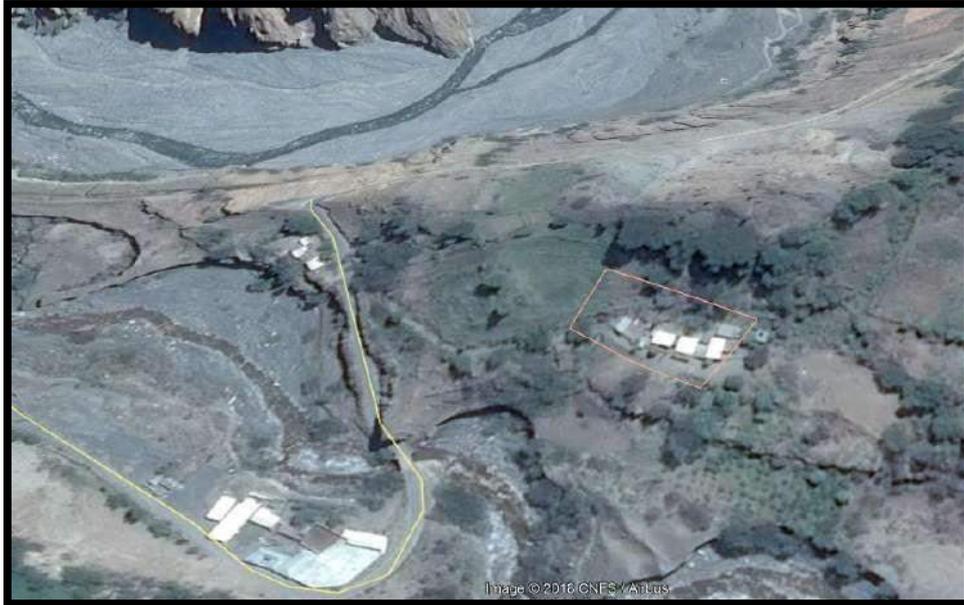
ANEXO 10: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N°14. Reconocimiento del laboratorio LABICER para el análisis de fluorescencia de las muestras de agua.



Mapa N°01. Ubicación del laboratorio LABICER



Mapa N°02. Ubicación de la zona de extracción de pencas de tuna, Centro Poblado Sacaycacha



Figura N°15. Selección de las pencas de tuna de acuerdo al grosor y tamaño.



Figura N°16. Corte longitudinal a la penca de tuna.



Figura N°17. Obtención del mucílago de tuna, retirando con ayuda de una cuchara en un recipiente.



Figura N°18. Mucílago de tuna recolectado de una penca de tuna sin activar térmicamente.



Figura N°19. Extracción de agua del Río Huandoval – C.P. Sacaycacha



Figura N°20. Recolección de aproximadamente 70 litros de agua del Río Huandoval para el biofiltro prototipo



Figura N°21. Mucílago de tuna en taza de cerámica antes de ser activado con cocina con baño María.



Figura N°22. Mucílago de tuna almacenado en un recipiente con agua para el baño María a 80°C.



Figura N°23. Mucílago de tuna almacenado en un recipiente con agua para el baño María a 100°C en mufla por 12 minutos.



Figura N°24. Mucílago de tuna después de activarse térmicamente, tiene un color más claro.



Figura N°25. Selección de mucílago de tuna activado térmicamente para el posterior análisis químico por fluorescencia, en la UNMSM.



Figura N°26. Accesorios y baldes antes de comenzar a armar el biofiltro prototipo.

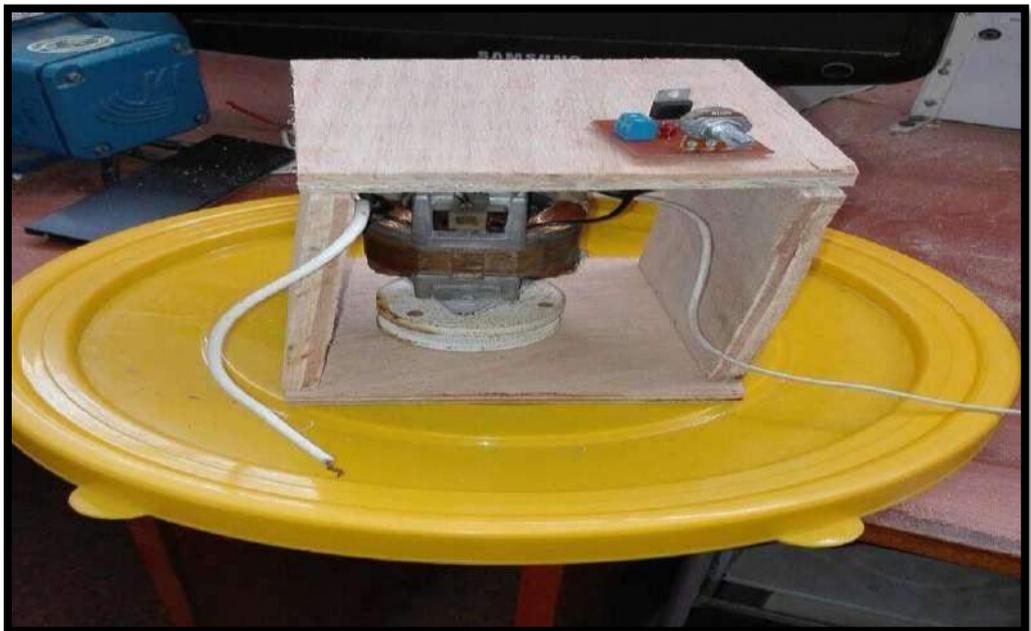


Figura N°27. Motor DC conectado a sus accesorios y perforado en la tapa del biofiltro prototipo.

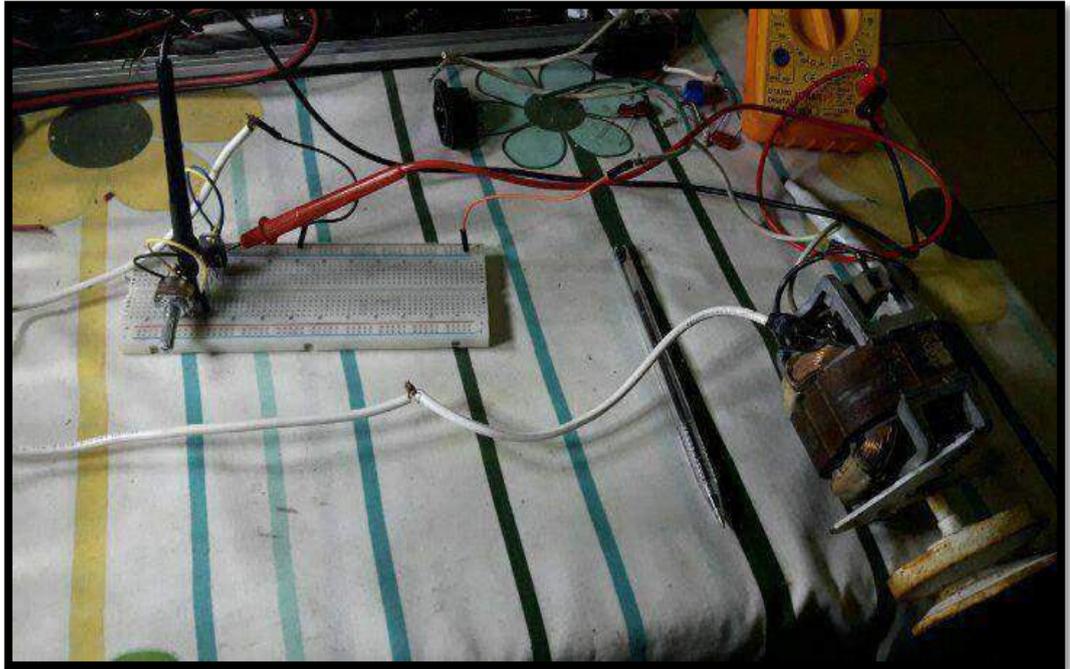


Figura N°28. Motor DC conectado con engranaje para regular los rpm.



Figura N°29. Tubería en forma de T que gira a revoluciones por minuto al conectarse al engranaje del motor.

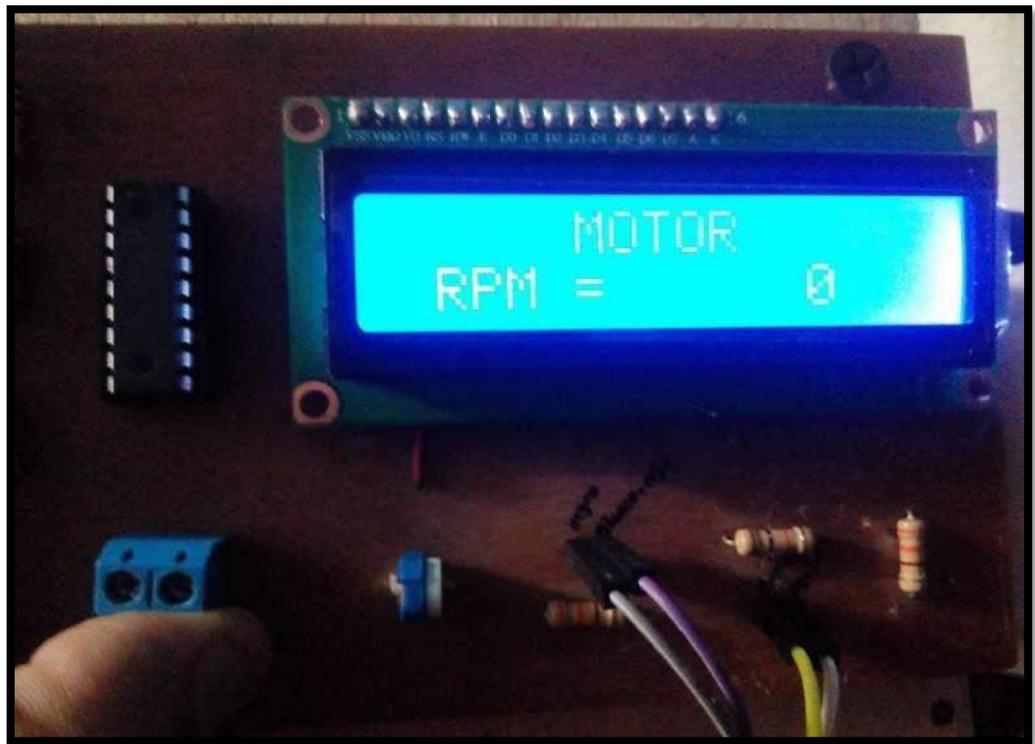


Figura N°30. Tacómetro que va conectado al motor y lee las revoluciones por minuto.



Figura N°31. T que elimina el aire contenido en la tubería, utilizado también como ventilación.



Figura N°32. Grifo que se utiliza para la limpieza del biofiltro prototipo.



Figura N°33. Sistema de biofiltro siendo probado para ver si existe alguna fuga de agua.



Figura N°34. Se inició el tratamiento de agua del río Huandoval en el biofiltro prototipo.

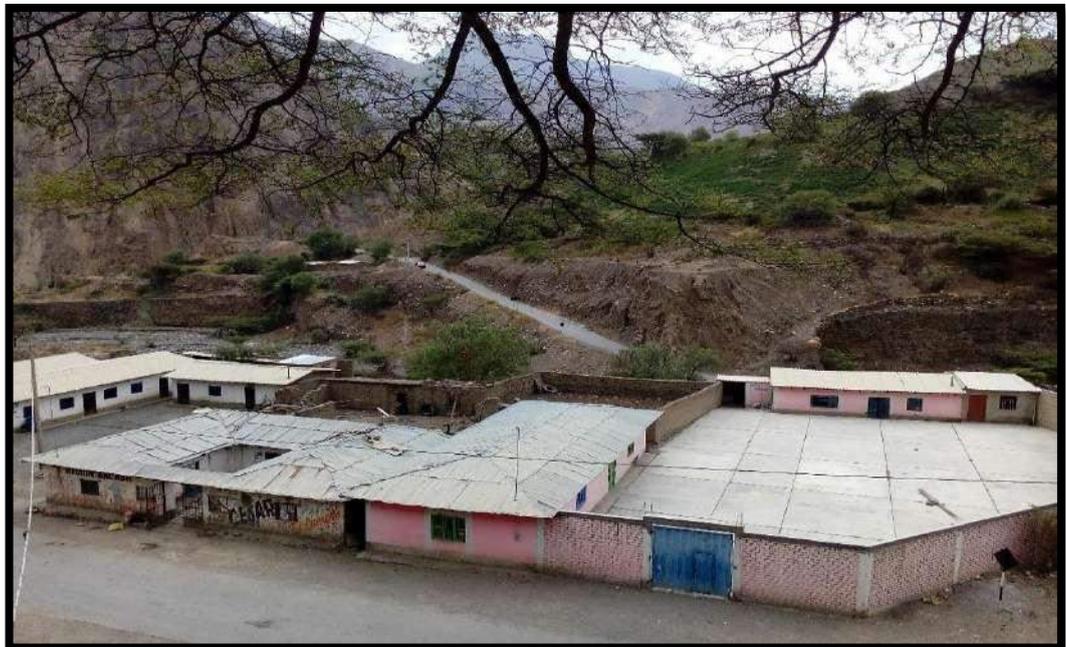


Figura N°35. Vista general del C.P. Sacaycacha



Figura N°36. Levantamiento topográfico de la zona del biofiltro con teodolito electrónico.



Figura N°37. Reconocimiento topográfico del tanque de almacenamiento existente.

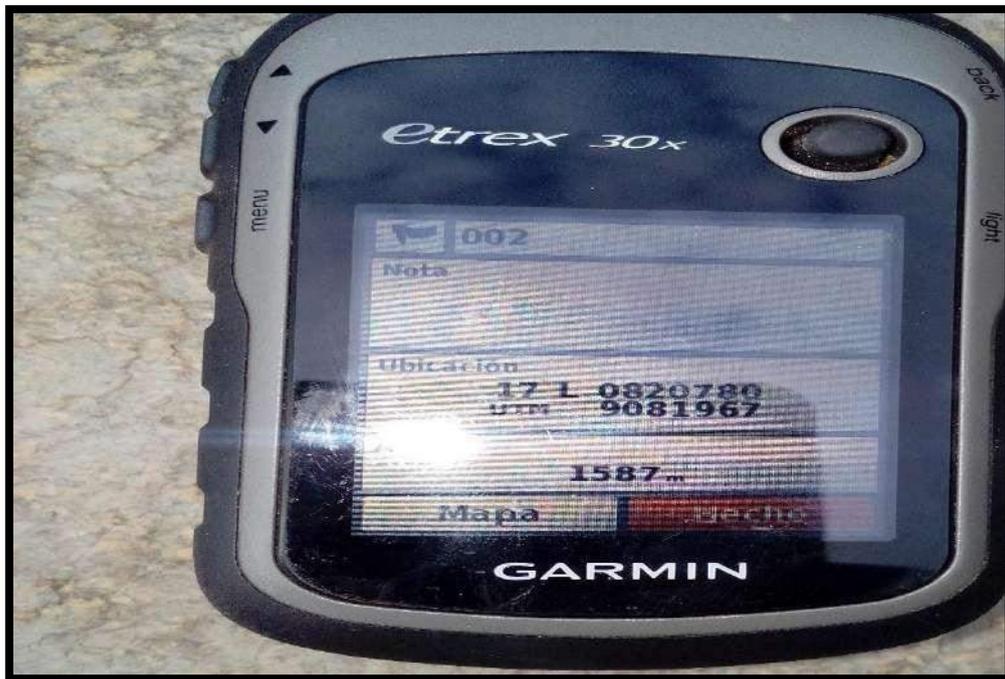


Figura N°38. Ubicación satelital con GPS, coordenadas UTM.



Figura N°39. Calicata C-01 en la zona de la ubicación del biofiltro.



Figura N°40. Estratos de las capas del suelo en una profundidad de 1.50 m.



Figura N°41. Granulometría de la muestra de Calicata C-01.



Figura N°42. Ensayo de corte directo de la muestra de calicata C-01.

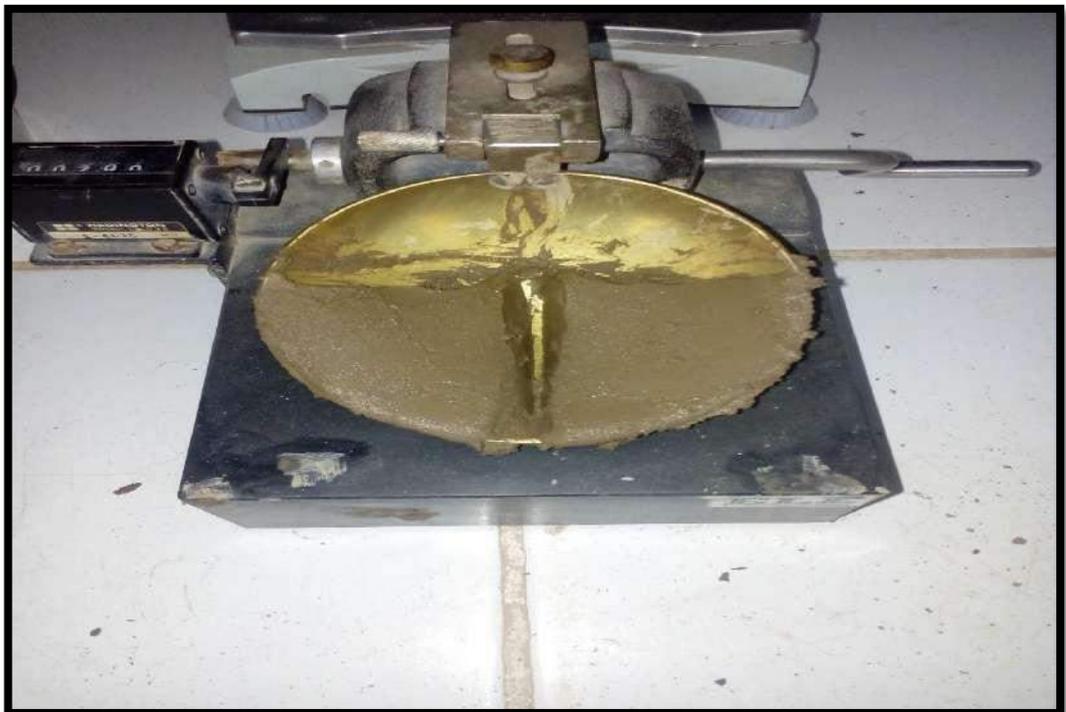


Figura N°43. Límite líquido de muestra de calicata C-01.



Figura N°44. Límite plástico de muestra de calicata C-01.



Figura N°45. Adsorción de coloides en el fondo del biofiltro prototipo.