

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA**



**“PROPUESTA DE DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RIEGO
EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA – UNSCH – 2014”**

Presentado por:

RUBÉN LAPA INGA

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

Ayacucho – Perú

2014

Tesis
IAG46
Lap
Ej. 1

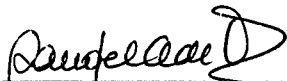
**"PROPUESTA DE DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RIEGO EN
LA CIUDAD UNIVERSITARIA – UNSCH – 2014"**

Recomendado : 10 de diciembre de 2014

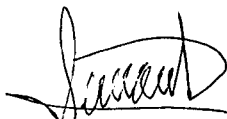
Aprobado : 23 de diciembre de 2014



Ing. EFRAÍN CHUCHÓN PRADO
Presidente del Jurado



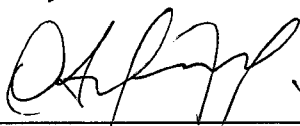
M. Sc. SANDRA DEL AGUILA RIOS
Miembro del Jurado



Ing. JUAN CHARAPAQUI ANCCASI
Miembro del Jurado



Ing. EDUARDO PACORI QUISPE
Miembro del Jurado



Dr. ROMULO AGUSTIN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

Con el más inmenso amor, cariño admiración y gratitud a mi madre Sra. María Magdalena, símbolo eterno de trabajo, esfuerzo y dedicación incesantes para mi formación profesional.

A mi hermano, Reymundo Lapa, por ser como es y permitirme ver el mundo de una forma diferente.

A mis profesores, quienes me brindaron su conocimiento, durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA, por darme la oportunidad de realizar mi formación profesional dentro de sus aulas, permitiendo así mi superación académica y personal.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agrícola y a todos mis profesores, que durante mi estancia en la universidad pues me brindaron valiosos conocimientos que ayudaron a fortalecer mi formación profesional.

A mi asesora de tesis MSc. Ing. SANDRA DEL ÁGUILA RÍOS, por su apoyo en la realización de este trabajo, por su paciencia y tolerancia.

RESUMEN

Las tecnologías de tratamiento de aguas son un conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico, cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación. Los tratamientos de aguas son muy variados según el tipo de contaminación. La aplicación de la cantidad de procesos y operaciones depende del agua que se va a tratar y de la calidad del agua que se quiera obtener, de los usos a que se destinará o la normatividad a cumplir en un caso específico. La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga fundada como segunda universidad del Perú, tiene acceso limitado de recurso hídrico para riego en sus áreas verdes y se utiliza el agua para regar parte del campus.

Por lo tanto esta propuesta tuvo como objetivo, diseñar un humedal artificial como sistema de tratamiento de las aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria – UNSCH, para lo cual se realizó el aforo del caudal de las aguas residuales mediante la medición directa en el colector buzón N° 24, en el AA.HH de Pampa Hermosa, asimismo se llevó a cabo el muestreo de aguas residuales para el análisis físico-químico y biológico en el laboratorio especializado para la determinación de los parámetros necesarios los cuales son primordiales para el diseño del sistema y luego de haber concreto los datos necesarios, se procedió al diseño del sistema de planta de tratamiento del humedal artificial de flujo horizontal por el método descrito en este trabajo, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de este método y así como las características del sitio.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
I.- INTRODUCCIÓN.....	01
1.1 OBJETIVOS	02
1.2 JUSTIFICACIÓN	03
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	04
2.1 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	04
2.1.1 Tratamiento preliminar.....	04
2.1.2 Tratamiento primario	06
2.1.3 Tratamiento secundario.....	08
2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR HUMEDAL ARTIFICIAL.....	09
2.2.2 Humedales de flujo horizontal subsuperficial (FHS)	11
2.2.3 Elementos de un humedal artificial.....	12
2.2.4 Mecanismos y rendimientos en la eliminación de contaminantes	15
2.2.5 Consideraciones de construcción del humedal.....	20
2.2.6 Consideraciones para la selección del sitio	26
2.2.7 Consideraciones en el diseño del proceso del humedal artificial	28
III.- MATERIALES Y METODOS	29
3.1 UBICACIÓN	29
3.2 VIAS DE ACCESO	32
3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARE	32
3.4 METODOLOGIA.....	33

3.4.1 Fase de campo.....	34
3.4.2 Fase gabinete	39
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
4.1 RESULTADOS	80
4.1.1 Resultados de la determinación de volumen del agua residual generados por los AA.HH. de Pampa Hermosa y Señor de Huertos	80
4.1.2 Resultados de los parámetros biológicos del afluente como son: bacterias coliformes fecales (BCF), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y solidos suspendidos totales (SST) de las aguas residuales de los AA.HH. de Señor de Huertos y Pampa Hermosa	102
4.1.3 Resultados del diseño de sistema de humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales ...	105
4.2 DISCUSIÓN	139
V.- CONCLUSIONES.....	141
VI.- RECOMENDACIONES.....	143
VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
VIII.- ANEXOS	148

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01. Proceso y mecanismos de remoción que ocurre en los H.A	16
Cuadro N° 02. Capacidad depuradora de humedales con totora.....	23
Cuadro N° 03. Vías de acceso al proyecto.....	32
Cuadro N° 04. Diagrama de operaciones para la fase del campo	34
Cuadro N° 05. Etiqueta adhesiva para etiquetar los frascos o bolsas de la toma de muestras.....	36
Cuadro N° 06. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo.....	37
Cuadro N° 07. Valores Máximos Admisibles (VMA)	38
Cuadro N° 08. Diagrama de operaciones para determinar la población futura	39
Cuadro N° 09. Diagrama de operaciones para determinar el gasto total	40
Cuadro N° 10. Dotación según conexiones de Saneamiento Básico en Zonas Urbanas.....	46
Cuadro N° 11. Diagrama de operaciones propuesto para el tratamiento de aguas residuales	49
Cuadro N° 12. Velocidad de sedimentación para diferentes tamaños de arenas a una temperatura de 15°C y una eliminación cercana al 90%	55
Cuadro N° 13. Viscosidad cinemática del agua.....	56
Cuadro N° 14. Grado de desarenador (n)	57
Cuadro N° 15. Temperatura y factor de capacidad relativa	64
Cuadro N° 16. El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura	66
Cuadro N° 17. Las constantes de a y b para el cálculo de remoción de DBO y SST.....	68
Cuadro N° 18. El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura	69

Cuadro N° 19. La conductividad hidráulica y la porosidad.....	71
Cuadro N° 20. Calculo de habitabilidad – AA.HH. Pampa Hermosa y Señor de Huertos.....	80
Cuadro N° 21. Datos del censo.....	82
Cuadro N° 22. Cálculo de la población futura.....	83
Cuadro N° 23. Cálculo de la población futura.....	84
Cuadro N° 24. Cálculo de la población futura.....	85
Cuadro N° 25. Cálculo de la población futura.....	86
Cuadro N° 26. Población futura por cada método para el año 2034.....	86
Cuadro N° 27. Población futura estimada para el año 2034.....	87
Cuadro N° 28. Aforo día Martes – 02/09/2014.....	90
Cuadro N° 29. Aforo día Jueves - 04/09/2014.....	91
Cuadro N° 30. Aforo día sábado - 06/09/2014.....	92
Cuadro N° 31. Aforo día domingo - 07/09/2014.....	93
Cuadro N° 32. Caudal aforado del día Martes – Domingo.....	95
Cuadro N° 33. Gasto de caudal por habitantes	96
Cuadro N° 34. Gasto de caudal proyectado para 2034	96
Cuadro N° 35. Dotación según conexiones de Saneamiento Básico en Zona Urbana.....	97
Cuadro N° 36. Gasto de agua residual por los dos métodos	98
Cuadro N° 37. Registro de la Precipitación Mensual (mm).....	99
Cuadro N° 38. Determinación de caudal de lluvia	100
Cuadro N° 39. Caudal adoptado para el diseño de sistema de PTAR.....	102
Cuadro N° 40. Toma de Muestra de agua residual para el análisis	103
Cuadro N° 41. Etiqueta y rotulado de las muestras de agua residual.....	104
Cuadro N° 42. Valores representativos de los Análisis de laboratorio	105
Cuadro N° 43. Gasto de Agua Residual por Método directo.....	106
Cuadro N° 44. Resumen de las dimensiones de cámara de rejillas.....	109
Cuadro N° 45. Velocidades de sedimentación para diferentes tamaños de arenas a una temperatura de 15 °C y una eliminación cercana al 90%.....	110
Cuadro N° 46. Gasto de agua residual por método directo	110
Cuadro N° 47. Resumen de las dimensiones de desarenador	113

Cuadro N° 48. Gasto de Agua Residual por el método directo.....	114
Cuadro N° 49. Temperatura y factor de capacidad relativa	117
Cuadro N° 50. El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura	119
Cuadro N° 51. Las constantes de a y b para el cálculo de remoción de DBO y SST.....	122
Cuadro N° 52. Resumen de las dimensiones de Tanque Imhoff	122
Cuadro N° 53. El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura	123
Cuadro N° 54. Resumen de las dimensiones de lecho de secado	124
Cuadro N° 55. Gasto de agua residual por el método directo.....	125
Cuadro N° 56. La conductividad hidráulica y la porosidad.....	126
Cuadro N° 57. Dimensiones adoptadas para el diseño	132
Cuadro N° 58. Eficiencia de sistemas humedal en la remoción de contaminantes (reducción de contaminantes).....	136
Cuadro N° 59. Grado de Remoción de cada Fase de Tratamiento.....	137
Cuadro N° 60. Cuadro comparativo entre LMP, análisis de laboratorio y resultado de sistema de planta de tratamiento efluente	138

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01. Esquema de cámara de rejillas.....	05
Figura N° 02. Esquema de desarenador	06
Figura N° 03. Esquema de un Tanque Imhoff	08
Figura N° 04. Esquema de un Humedal artificial de flujo horizontal	12
Figura N° 05. Mecanismo de remoción de contaminantes.....	15
Figura N° 06. Transferencia de oxígeno desde las raíces	16
Figura N° 07. Esquema del proceso de aireación de la rizosfera de las Plantas emergentes de los humedales	17
Figura N° 08. Dibujo esquemático de totora	22
Figura N° 09. Dibujo esquemático del carrizo.....	24
Figura N° 10. Esquema entrada de flujo horizontal	25
Figura N° 11. Esquema salida de flujo horizontal	26
Figura N° 12. Mapa de ubicación nacional	30
Figura N° 13. Mapa de ubicación Regional y Provincial	30
Figura N° 14. Mapa de ubicación Distrital	31
Figura N° 15. Mapa de ubicación del proyecto	31
Figura N° 16. Tramo de colector buzón entre buzón	35
Figura N° 17. Flujo en sección de la tubería.....	44
Figura N° 18. Población futura estimada para 2034	87
Figura N° 19. Tendencia de caudal aforado	94
Figura N° 20. Tendencia de la intensidad de la lluvia	101
Figura N° 21. Muestreo de agua residual	104
Figura N° 22. Esquema de borde libre de tanque Imhoff.....	117
Figura N° 23. Esquema de altura mínima de los lodos	186
Figura N° 24. Esquema – fondo del digestor del tanque Imhoff.....	119
Figura N° 25. Forma geométrica del Tanque Imhoff.....	121

I.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se propone que de alguna manera ayudar a reducir la contaminación de los cuerpos de agua, lo que significa depurar las aguas residuales que pasarán por el sistema colector norte de la ciudad Ayacucho (AA.HH. de Pampa Hermosa y Señor de Huertos).

Miglio (2008) Los humedales artificiales son sistemas formados por un complejo ecosistema de sustratos, vegetación y agua, cuyo objetivo es la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual.

Se propone diseñar un sistema de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales compuesto por tratamiento preliminar (cámara de rejillas y desarenador), tratamiento primario (tanque Imhoff) y como tratamiento secundario por humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial, con la finalidad de contribuir con una parte de agua para el riego de áreas verdes dentro de la ciudad universitaria. Además la remoción de contaminantes de agua residual de acuerdo al diseño hidráulico y biológico, cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA), categoría III riego de vegetales de tallos altos y bajos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Proponer un sistema de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria (UNSCH) y así reforzar el compromiso que ésta institución tiene hacia el medio ambiente y la sociedad.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos son:

- Determinar el volumen de agua residual generado por los Asentamientos Humanos de Señor de Huertos y Pampa Hermosa - Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga - Ayacucho.
- Determinar los parámetros biológicos del afluente como son: bacterias coliformes fecales (BCF), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y sólidos suspendidos totales (SST) de las aguas residuales de los Asentamientos Humanos de Señor de Huertos y Pampa Hermosa - Distrito de Ayacucho - Provincia de Huamanga - Ayacucho.
- Diseñar el sistema de humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales de los Asentamientos Humanos de Señor de Huertos y Pampa Hermosa - Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga - Ayacucho.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación será de utilidad en el área de saneamiento básico, en su aspecto general se halla enmarcado dentro del tema de reducción de la Contaminación Ambiental. Esta propuesta, se justifica aún más cuando el agua es escasa y cara, como en el caso de la Ciudad Universitaria que tiene limitadas áreas verdes, debido a que no cuenta con suficientes fuentes de agua para riego.

Para lo cual se realiza “Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la Ciudad Universitaria – UNSCH – 2014” con la finalidad de abastecer agua para el riego de sus áreas verdes.

El humedal artificial es un tratamiento que puede ser utilizado para mejorar la calidad del agua residual, en el cual mediante procesos biológicos se permite la degradación de la materia orgánica. Por medio de éste se pretende llegar a soluciones económicas para el tratamiento de agua residual doméstica y que permita cumplir con los parámetros establecidos D.S. N° 002-2008-MINAM estándares de calidad de agua (Perú) en materia de los límites máximos permisibles de agua tipo categoría III (riego de vegetales de tallos bajos y altos).

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Baca (2012) El principio básico en el tratamiento de las aguas residuales es la separación del líquido de los constituyentes no deseables. Para tal fin se dispone de procesos físicos, biológicos y químicos los cuales integran el sistema de tratamiento.

Cortina y Márquez (2008) El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es la remoción de sustancias contaminantes a fin de evitar efectos negativos en la calidad de los sistemas ambientales receptores y para lograr que la calidad del agua sea la adecuada para las necesidades de uso posteriores.

2.1.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

ONU-HABITAT (2008) El tratamiento preliminar se encarga principalmente de separar la fracción gruesa de los sólidos de la fase líquida. Tiene como misión preparar las aguas residuales entrantes para su posterior tratamiento en el humedal mediante la reducción o remoción de los elementos problemáticos que podrían impedir la operación o incrementar excesivamente los costos de mantenimiento y de los mecanismos de bombeo – en caso de que los haya.

Estos elementos problemáticos típicos suelen ser los sólidos de gran tamaño, los desechos, el polvo, los olores, etc.

Los dispositivos generalmente empleados en los tratamientos preliminares son los siguientes:

- ✓ Cámara de rejas
- ✓ Desarenadores.

a) Cámara de rejas

Mercado Guzmán (2013) Son dispositivos formados por barras metálicas paralelas, del mismo espesor e igualmente separadas. Se destinan a la remoción de sólidos gruesos en suspensión como cuerpos flotantes. Tienen la finalidad de: Proteger los dispositivos de transporte de aguas residuales contra la obstrucción como ser bombas, cámaras de inspección, tuberías, piezas especiales, etc.

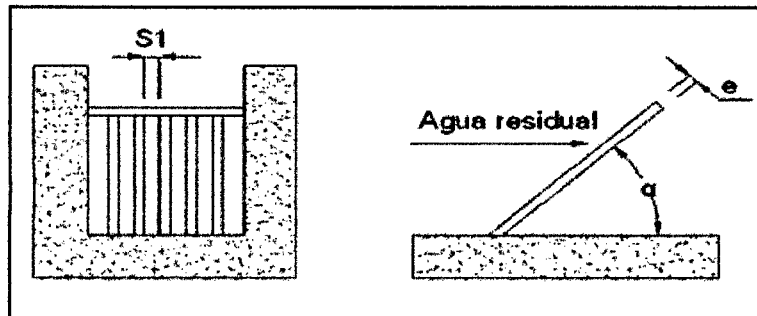


Figura N° 01. Esquema de cámara de rejas

a) Desarenadores

Mercado Guzmán (2013) Los desarenadores son unidades destinadas a retener sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a los que se denomina generalmente como arenas o partículas discretas, que por lo general contienen las aguas residuales.

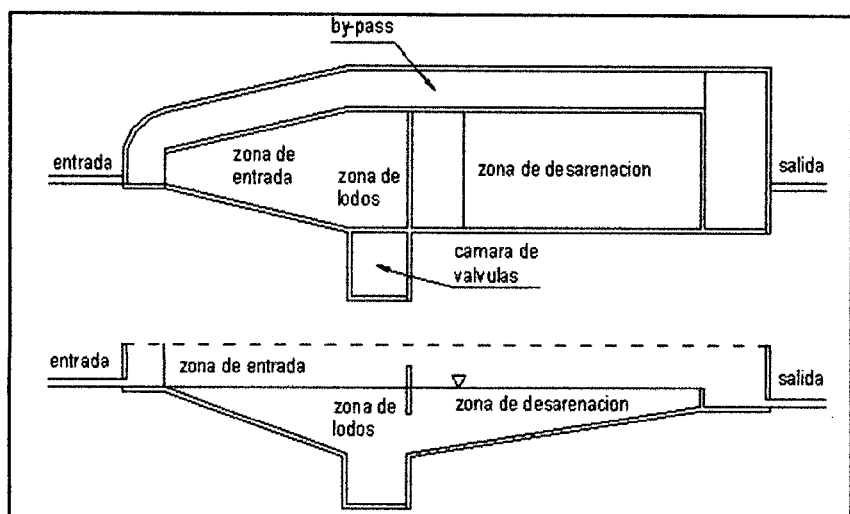


Figura N° 02. Esquema de desarenador

2.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

ONU-HABITAT (2008) El tratamiento primario consiste en la separación de la materia suspendida mediante operaciones físicas, principalmente la sedimentación. Las aguas residuales sin procesar contienen partículas suspensas más pesadas que el agua. Estas partículas tienden a depositarse por influencia de la gravedad, especialmente en condiciones de inactividad. El tratamiento primario reduce la cantidad de sólidos en suspensión y de carga orgánica que pasarían al humedal y equilibra la calidad y el caudal de aguas residuales hasta un cierto límite.

a) Tanque Imhoff

OPS/CEPIS, (2005) El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que

las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

Según

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

Ventajas

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedales
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades Dónde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

Desventajas

- Son estructuras profundas (>6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

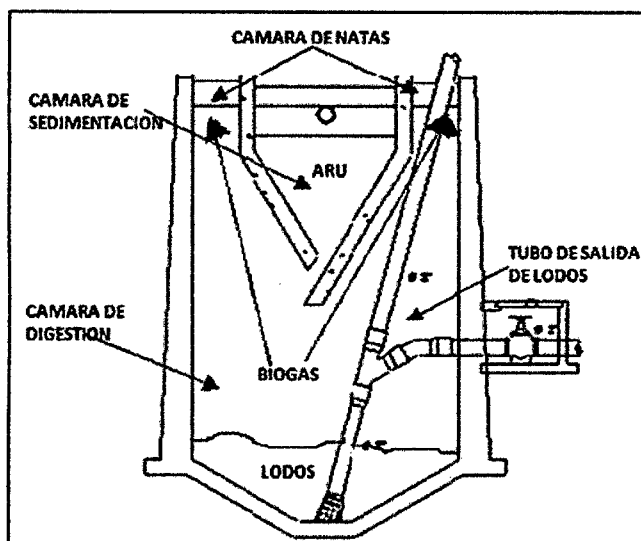


Figura N° 03. Esquema de un Tanque Imhoff

2.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Cortina y Márquez (2008) Esta parte se desarrolla mediante procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos, los cuales pueden lograrse mediante tanques anaerobios, lagunas de estabilización y humedal artificial de flujo Horizontal o vertical. Etc.

El tratamiento secundario, como parte del tratamiento de aguas residuales, consiste en una serie de operaciones y procesos físico-químicos y/o

biológicos al que son sometidas las aguas residuales después de haber pasado por los procesos primarios

➤ **Métodos De Tratamiento De Aguas Residuales**

Existen innumerables métodos de tratamiento para las aguas residuales, de los cuales, cada uno brinda resultados satisfactorios, pero la diferencia más marcada entre ellas es el costo de la infraestructura y la demanda de superficies o espacios para su construcción.

En general, los procesos de tratamiento de las aguas se definen por la presencia o ausencia de oxígeno disuelto, es decir, condiciones aerobias o anaerobias, lo que lleva consigo condiciones de fotosíntesis, movilidad o estabilidad de los microorganismos, etc.

➤ **Tipos De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales**

En cuanto a tipos de plantas para el tratamiento de las aguas residuales, también se conocen varias tecnologías y diferentes técnicas.

- a) **Tratamiento preliminar:** cámara de rejillas, desarenadores, separadores de grasas y aceites.
- b) **Tratamiento primario:** Tanques sépticos, tanques de doble acción (Imhoff), tanques clarificadores, reactores anaerobios.
- c) **Tratamiento secundario:** Lodos activados, lagunas de estabilización (de oxidación), filtros percoladores, humedales artificiales.

2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR HUMEDAL ARTIFICIAL

Miglio (2008) Los humedales artificiales son sistemas formados por un complejo ecosistema de sustratos, vegetación y agua, cuyo objetivo es la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual.

García y Corzo (2008) Los humedales construidos son sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m) plantados con vegetales propios de las zonas húmedas y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna. Los humedales construidos también se denominan humedales artificiales.

Atendiendo el tipo de circulación del agua, los humedales construidos se clasifican en flujo superficial o en flujo subsuperficial

a) El humedal artificial está constituido de:

- Plantas acuáticas: carrizo o caña brava, papiro, junco, totora, achira u otros.
- Material filtrante: gravas y arenas.
- Tubos y codos de PVC.
- Impermeabilización de la poza con geomembrana.

b) Ventajas de los humedales artificiales

Según ONU-HABITAT (2008).

- la construcción de los humedales puede ser más barata que la de otras opciones de tratamiento.
- Toleran una amplia gama de contaminantes.
- la construcción sencilla (se pueden construir con materiales locales),
- operación y mantenimiento sencillos.
- rentabilidad (bajos costos de operación y mantenimiento).
- estabilidad del proceso.

c) Limitaciones de los humedales artificiales

Según ONU-HABITAT (2008).

- requieren un área amplia.
- el tratamiento por medio de humedales puede resultar económico en comparación con otras opciones si existe terreno disponible y asequible.
- Ya que son sistemas naturales, pueden presentar variaciones en su rendimiento debido a los cambios estacionales.
- Limitado control operacional sobre los procesos de tratamiento
- aún falta desarrollar los criterios de diseño para diferentes tipos de aguas residuales y climas.

d) Función

Baca (2012) Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, son estas:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

2.2.2 HUMEDALES DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL (FH)

ONU-HABITAT (2008) Se le denomina humedal FH porque las aguas residuales se descargan a la entrada y fluyen lentamente a través del substrato poroso bajo la superficie del lecho siguiendo una trayectoria más o menos horizontal hasta que alcanzan la zona de salida. Durante este trayecto,

las aguas residuales entran en contacto con una red de zonas anaeróbicas y aeróbicas. Las zonas aeróbicas se encuentran alrededor de las raíces y rizomas de la vegetación del humedal que liberan oxígeno en el sustrato. Durante el paso de las aguas residuales a través de la rizosfera, estas se limpian mediante degradación microbiológica y diferentes procesos físicos y químicos.

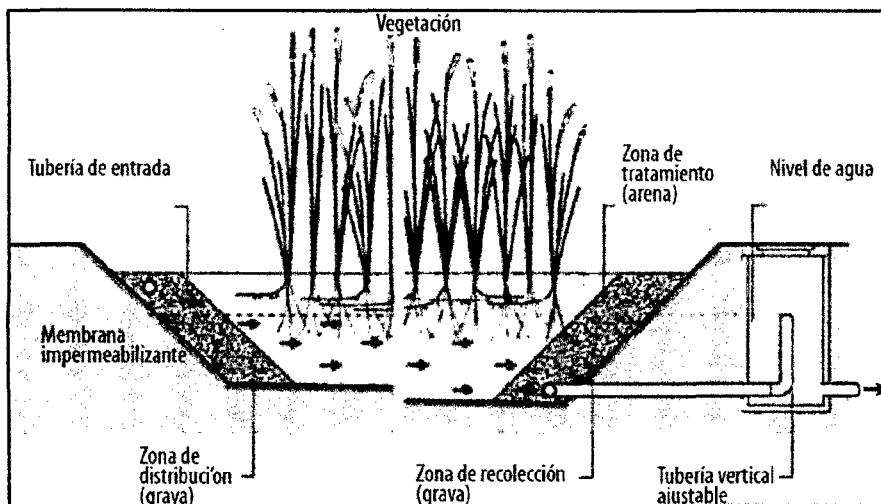


Figura N° 04. Esquema de un Humedal artificial de flujo horizontal

CONTAMINANTES REMOVIDOS EN UN HUMEDAL

- Sólidos en suspensión
- Materia orgánica
- Nitrógeno
- Fósforo
- Microorganismos patógenos
- Metales pesados

2.2.3 ELEMENTOS DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL

Los humedales artificiales consisten en el diseño correcto de una “cubeta” que contiene agua, sustrato, vegetación emergente y otros componentes como los microorganismos e invertebrados acuáticos.

a) AGUA

Mena (2008) El agua es la fase móvil dentro del humedal, la encargada del transporte de los contaminantes y en la cual se van a producir la mayoría de las reacciones responsables de la depuración. Las condiciones hidrológicas son extremadamente importantes para el mantenimiento estructural y funcional del humedal. Éstas afectan a muchos factores abióticos, incluyendo el estado oxidativo del lecho, la disponibilidad de los nutrientes y la salinidad. Estos factores abióticos, a su vez, determinan qué seres vivos van a desarrollarse en el humedal. Finalmente y para completar el ciclo, los componentes bióticos actúan alterando la hidrología y otras características fisicoquímicas del humedal.

b) SUSTRATO, SEDIMENTOS Y RESTOS DE VEGETACIÓN

Osnaya (2012) Los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava y roca. Algunos sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en estos sistemas son importantes por varias razones.

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el pantano.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el pantano. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, la fijación de microorganismos y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el pantano.

c) VEGETACIÓN

Osnaya (2012) La vegetación de un humedal contribuye al tratamiento del agua residual y esorrentía de varias maneras

- Da lugar a velocidades de agua bajas y permite que los materiales suspendidos se depositen.
- Toma el carbono, nutrientes y elementos de traza y los incorpora a los tejidos de la planta.
- Transfiere gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
- Cuando muere y se deteriora da lugar a restos de vegetación.

d) MICROORGANISMOS

Osnaya (2012) Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo. Entre los microorganismos presentes en estos sistemas se incluyen bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes.

La actividad microbiana en un sistema de humedal

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- Altera las condiciones de potencial redox del sustrato y así afecta la capacidad del proceso del pantano.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

Delgadillo (2010) En las zonas del humedal, Dónde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmosfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios y en el resto del sistema predominan los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la eliminación de materia orgánica así como la eliminación de nutrientes y elementos traza.

2.2.4 MECANISMOS Y RENDIMIENTOS EN LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES

Delgadillo, *et al* (2010) En un humedal artificial se desarrolla diferentes mecanismos de remoción de contaminantes del agua residual. Un amplio rango de procesos biológicos, físicos y químicos tienen lugar, por lo tanto la influencia e interacción de cada componente involucrado es bastante compleja.

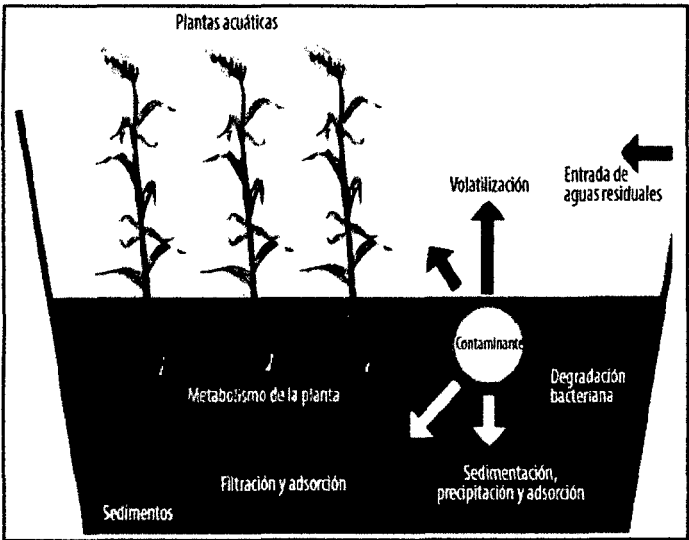


Figura N° 05. Mecanismo de remoción de contaminantes

En la siguiente tabla se muestran los principales procesos y mecanismos de remoción que ocurren en los humedales artificiales.

Cuadro N° 01: Procesos y mecanismos de remoción que ocurren en los H.A.

COMPONENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES	MECANISMOS DE REMOCIÓN
Sólidos en suspensión	✓ Sedimentación ✓ Filtración
Orgánicos solubles	✓ Degradación microbiana aeróbica ✓ Degradación microbiana anaeróbica ✓ Sedimentación/filtración
Patógenos	✓ Sedimentación ✓ Filtración ✓ Degradación natural ✓ Irradiación UV (sistemas de flujo superficial)

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT), *Manual de humedales artificiales* (2008)

- El crecimiento microbial tanto en suspensión como adherido es responsable de la remoción de compuestos orgánicos solubles, que son degradados biológicamente, tanto de forma aeróbica (en presencia de oxígeno disuelto) como anaeróbica (en ausencia de oxígeno disuelto). El oxígeno requerido para la degradación aeróbica es proporcionado directamente desde la atmosfera por difusión o por liberación desde las raíces de las plantas hacia la rizosfera. No obstante, la transferencia de oxigeno desde las raíces es insignificante

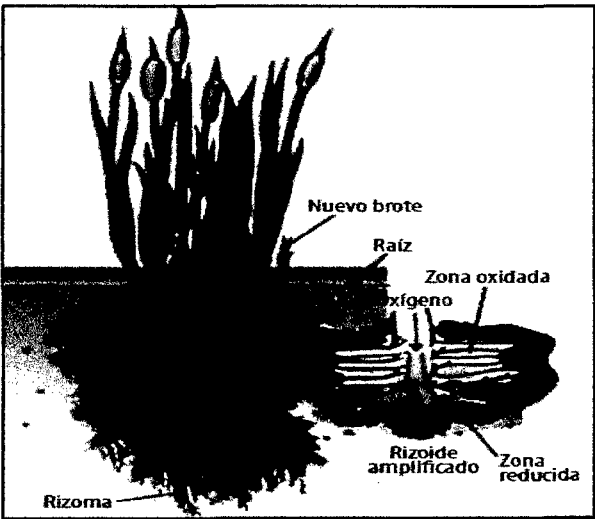


Figura N° 06. Transferencia de oxígeno desde las raíces

Según, Fernández (2013) Las plantas juegan un papel en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizosfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo)
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

La selección de las especies vegetales se debe realizar de acuerdo a la adaptabilidad de las mismas al clima local, su capacidad de transportar oxígeno

desde las hojas hasta la raíz, su tolerancia a concentraciones elevadas de contaminantes, su capacidad asimiladora de los mismos, su tolerancia a condiciones climáticas diversas, su resistencia a insectos y enfermedades y su facilidad de manejo.

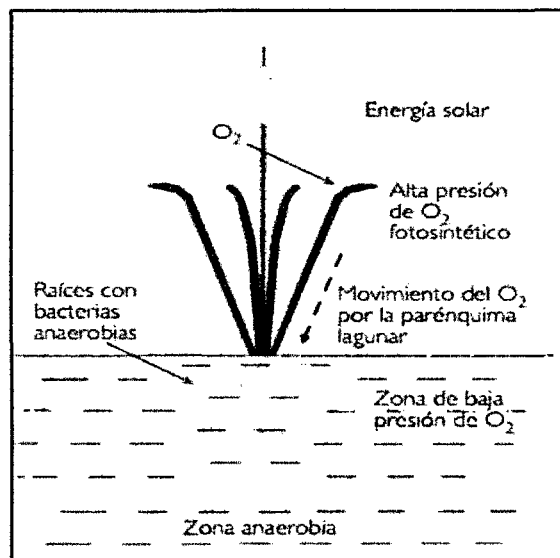


Figura N° 07. Esquema del proceso de aireación de la rizosfera de las plantas emergentes de los humedales

2.2.4.1 REMOCIÓN DE DBO

Zamora y Santiago (2010) Los componentes de carbono juegan un papel primordial en muchos de los procesos que ocurren de forma natural en un humedal. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la forma principal en que se mide el contenido de carbono en sistemas de tratamiento de aguas residuales. El DBO es una medición del consumo de oxígeno por los microorganismos a través de procesos de oxidación de la materia orgánica. Para medir las concentraciones de DBO normalmente se recomienda usar una prueba que dura cinco días, y el resultado se presenta como DBO5. La remoción de DBO5 es entonces la reducción de la demanda de oxígeno necesaria para llevar a cabo los procesos biológicos de descomposición en la columna de agua o en las camas de vegetación sumergida de un humedal u otro subtema acuático.

2.2.4.2 SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Zamora y Santiago (2010) Las zonas con vegetación remueven los sólidos suspendidos totales (SST) mediante el proceso de floculación, sedimentación, absorción, y reacciones anaeróbicas. Los sólidos entran al sedimento como detritus y se descomponen principalmente a través de procesos anaeróbicos. Estos procesos son muy importantes ya que muchos contaminantes están asociados con los sólidos suspendidos del afluente. Floculación es el proceso de aglutinación de partículas pequeñas, menores de una micra de tamaño, los cuales son atrapados y depositados a lo largo del fondo debido al poco movimiento del agua en el humedal. La sedimentación normalmente depende también del tamaño de las partículas, aunque su forma y densidad también son importantes. A su vez, las partículas pueden ser individuales o en grumos.

2.2.4.3 REMOCIÓN DE PATÓGENO

García y Corzo (2008) De cara a garantizar buenas condiciones sanitarias, especialmente si los efluentes se van a reutilizar, es importante eliminar o reducir la concentración de microorganismos fecales.

La eliminación de microorganismos es un proceso de gran complejidad ya que depende de factores como la filtración, la adsorción y la depredación. Se ha observado que tanto en sistemas verticales como horizontales la eliminación es dependiente del tiempo de permanencia y del medio granular

Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales a tratar se eliminan en los Humedales Artificiales por diferentes mecanismos, destacando entre ellos:

- La absorción de los patógenos sobre las partículas del sustrato filtrante.
- La toxicidad que sobre los organismos patógenos ejercen los antibióticos producidos por las raíces de las plantas.
- La acción depredadora de bacteriófagos y protozoos

2.2.4.4 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Para el caso de humedales flujo horizontal, se usa y se recomienda tratamiento preliminar. Este puede estar dado por tanque Imhoff, lagunas, tratamiento preliminar convencional o sistemas similares.

Este tratamiento preliminar tiene por objeto reducir la concentración de los sólidos orgánicos difícilmente degradables que de otra manera se acumularían en la zona de entrada del humedal y que producirían atascamientos, posibles olores y efectos negativos en las plantas de esta zona.

2.2.5 CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN DEL HUMEDAL

Silva y Zamora, (2005) Los aspectos más importantes a tener en cuenta para la construcción de humedales son básicamente, la impermeabilización de la capa superficial del terreno, la selección y colocación del medio granular para el caso de los sistemas SSF, el establecimiento de la vegetación y las estructuras de entrada y salida.

2.2.5.1 IMPERMEABILIZACIÓN

Osnaya (2012) La impermeabilización es uno de los factores más importantes en la construcción de los humedales. Consiste en colocar una barrera impermeable (capa de arcilla, bentonita, asfalto, membranas o algún tipo de fibra sintética) para aislar la contaminación del suelo y de aguas subterráneas. El fondo del humedal deberá ser compactado y nivelado con una ligera pendiente para asegurar el drenaje además de proporcionar las condiciones necesarias para el flujo del sistema.

2.2.5.2 MEDIO GRANULAR

Delgadillo, *et al* (2010) En los humedales, el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico.

La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos. El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.

García y Corzo (2012) En las zonas de entrada y salida se colocan piedras que permiten diferenciar estas zonas de lo que es el medio granular principal. El conjunto medio granular/biopelícula/plantas debe ser considerado como el principal constituyente de los humedales.

En el medio granular ocurren múltiples procesos como la retención y sedimentación de la materia en suspensión, la degradación de la materia orgánica, la transformación y asimilación de los nutrientes, y la inactivación de los microorganismos patógenos.

Una característica muy importante del medio granular es su conductividad hidráulica, ya que de esta propiedad depende la cantidad de flujo de agua que puede circular a través de él. Durante el diseño debe tenerse en cuenta que la conductividad hidráulica disminuirá con el paso del tiempo.

2.2.5.2 VEGETACIÓN

García y Corzo (2012) La selección de la vegetación que se va a usar en un sistema de humedales debe tener en cuenta las características de la región dónde se realizará el proyecto, así como las siguientes recomendaciones:

- Las especies deben ser colonizadoras activas, con eficaz extensión del sistema de rizomas.

- Deben ser especies que alcancen una biomasa considerable por unidad de superficie para conseguir la máxima asimilación de nutrientes.
- La biomasa subterránea debe poseer una gran superficie específica para potenciar el crecimiento de la biopelícula.
- Deben disponer de un sistema eficaz de transporte de oxígeno hacia las partes subterráneas para promover la degradación aeróbica y la nitrificación.
- Se debe tratar de especies que puedan crecer fácilmente en las condiciones ambientales del sistema proyectado.
- Debe tratarse de especies con una elevada productividad.

Delgadillo, *et al* (2010) Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales incluyen.

Totora

Se ubica en distribución robusta, capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, tienen una penetración de las raíces en grava de 0.30 a 0.80 m, por lo que es recomendable para sistemas FWS.

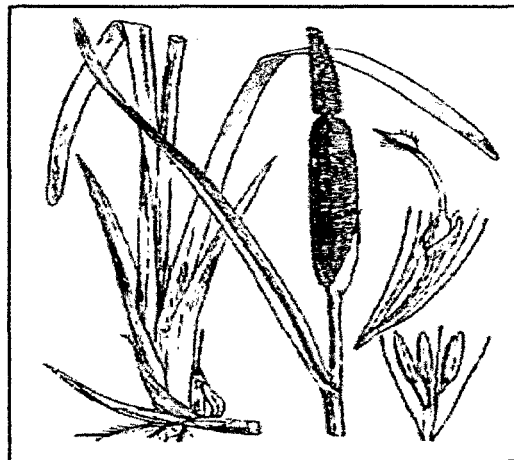


Figura N° 08. Dibujo esquemático de totora

Adaptación de la totora

Las especies helófitas tienen un gran rango de adaptación, por ello es que constituyen las especies dominantes en lugares donde las condiciones restringen las posibilidades de desarrollo de otras especies.

Son plantas de climas templados que prosperan en posiciones soleadas, tolerando un amplio rango de pH (4 - 9). La temperatura medía óptima para su desarrollo está dentro del intervalo de 16 °C a 27 °C. Se utilizan principalmente en humedales artificiales de flujo subsuperficial (lecho de grava/arena), ya que su tolerancia a la inundación permanente es poca cuando la capa de agua es profunda. Prospera muy bien en medios acuáticos de profundidad somera como lagunas o zonas de inundación.

Capacidad depuradora de la totora

Se tiene referencia de algunos estudios sobre la capacidad depuradora de los humedales con totora.

Cuadro N°02: Capacidad depuradora de humedales con totora

Parámetros:	Metales pesados	Nitrógeno	Fosfato	Fósforo	Coliformes y bacterias
Ujang et al (2004)	85% *				
Soto et al (1999)		22 a 33% *	30% *	20% *	99.9% *

Fuente: Delgadillo, Camacho y Pérez (2010), depuración de aguas residuales por medio de H.A

Carrizo

Es una planta perenne con altos y extensos rizomas. Los sistemas que utilizan carrizos pueden ser más eficaces en la transferencia de oxígeno por los rizomas que penetran más profundamente de forma vertical que las espadañas pero menos que los juncos 0.4 m, esta especie posee poco valor alimenticio por lo cual no son atacadas por animales.

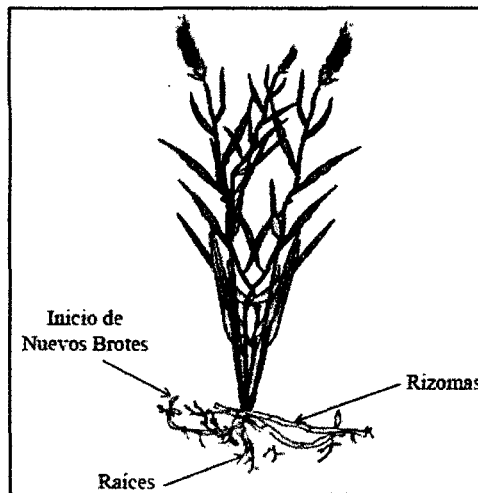


Figura N° 09. Dibujo esquemático del carrizo

2.2.5.1 ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

ONU-HABITAT (2008) Las estructuras de entrada y salida distribuyen el caudal y controlan su trayectoria a través del humedal, así como la profundidad del agua. Las múltiples estructuras de entrada y salida ubicadas a cada extremo del humedal son esenciales para asegurar la distribución uniforme del afluente a través del humedal. Estas estructuras ayudan a evitar las “zonas muertas” Dónde el nivel de intercambio de agua es bajo, dando como resultado tiempos de detención de las aguas residuales mucho menores que los señalados en teoría.

La estructura de entrada debe diseñarse para minimizar el posible la obstrucción de los suelos así como para maximizar la distribución constante del caudal,

mientras que la estructura de salida debe diseñarse para minimizar el posible corto circuito, maximizar la recolección constante del caudal y permitir que el operario varié el nivel hídrico operativo, pudiendo así drenar el lecho.

ENTRADA FH

En los humedales FH, el propósito es lograr una distribución uniforme a través de toda el área transversal del borde de entrada del lecho. En la mayoría de los lechos, el flujo se distribuye hacia una zona de entrada de roca, compuesta por rocas de granulometría graduada.

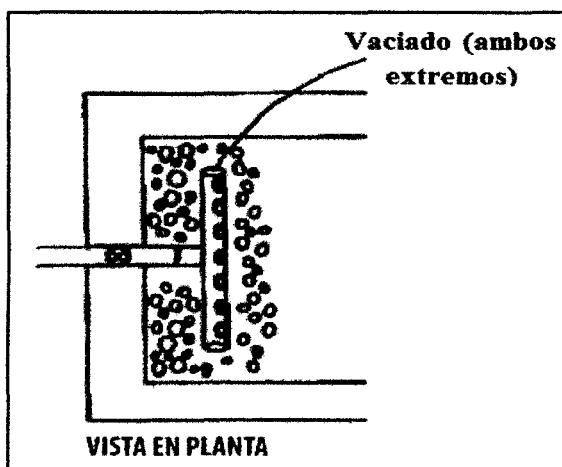


Figura N° 10. Esquema entrada de flujo horizontal

SALIDA DE FH

Las estructuras de salida ayudan a mantener uniforme el caudal a través del humedal así como a controlar la profundidad operativa. El diseño de humedales de flujo superficial debe permitir una inundación controlada a 15 cm para promover un crecimiento deseable de plantas y controlar la maleza. El uso de una estructura de salida ajustable recomendado para mantener un gradiente hidráulico adecuado en el lecho – puede beneficiar significativamente tanto la operación como el mantenimiento del humedal.

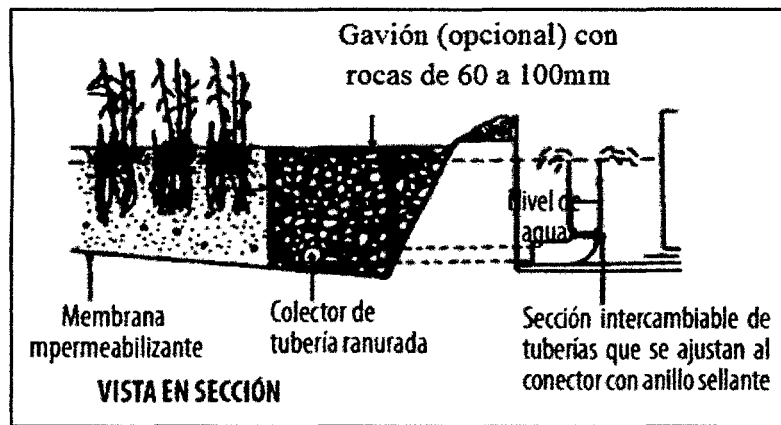


Figura N° 11. Esquema salida de flujo horizontal

2.2.6 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO

La elección de un sitio adecuado para el desarrollo del sistema de humedales puede ahorrar significativos costos de construcción. La selección del sitio debe considerar los siguientes parámetros: topografía, permeabilidad del suelo, uso actual y acceso al terreno, recursos ambientales del sitio y los posibles efectos que a ellos pueda ocasionar. Un sitio adecuado para una construcción de humedales es aquel que se encuentra convenientemente ubicado en la fuente de las aguas residuales.

- Tiene una pendiente suave, de modo que el agua pueda fluir a través del sistema por gravedad.
- Posee suelos que pueden ser lo suficientemente compactados para reducir al mínimo la filtración a las aguas subterráneas.
- Está por encima del nivel freático.
- No se encuentra en una llanura propensa a inundaciones.
- No posee especies amenazadas o en peligro de extinción.
- No posee recursos arqueológicos o históricos.

2.2.6.4 TOPOGRAFIA

Silva y Zamora (2005) El terreno apto para la instalación de un sistema de humedales es uno que posea una topografía uniforme horizontal o en ligera pendiente. Esto se debe a que los sistemas de flujo libre se suelen diseñar con depósitos o canales horizontales y que los sistemas de flujo subsuperficial se suelen diseñar y construir con pendientes del 1% o superiores. A pesar de que es posible construir depósitos en terrenos de más pendiente y con topografía más irregular, el movimiento necesario de tierras aumentara los costos de construcción del sistema. En consecuencia los sistemas de terrenos pantanosos se suelen construir con pendientes inferiores al 5%.

2.2.6.5 USO ACTUAL Y ACCESO AL TERRENO

Osnaya (2012) El sitio Dónde será construido el humedal deberá ser accesible para el personal, la entrada de vehículos y equipos necesarios para la construcción y el mantenimiento del sistema. El uso actual, futuro y los valores de la tierra también afectará a la aptitud de un sitio la construcción de los humedales. Las opiniones de los residentes de la zona y la de los grupos de interés ambiental y público deben ser consideradas al momento de elegir.

2.2.7.4 PERMEABILIDAD DEL SUELO

Osnaya (2012) Algunas veces es posible no tener que impermeabilizar la zona Dónde se construirá el humedal, para ello es necesario que el sitio posea suelos con bajas permeabilidades, lo cual impedirá la filtración del agua hacia capas más profundas.

Un suelo con arcillas de arena y arcillas limosas puede ser adecuado cuando se ha de compactar.

2.2.7.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación y el mantenimiento se pueden clasificar en términos de puesta en marcha, rutina y largo plazo. Hay importantes diferencias entre los tres; los requisitos para la puesta en marcha varían de acuerdo a los emplazamientos, los detalles del diseño influyen en las operaciones rutinarias y las operaciones a largo plazo dependen de la carga. Además, se deben hacer revisiones minuciosas al menos dos veces al año para garantizar la operación efectiva del humedal. La operación y el mantenimiento en el tratamiento primario son de gran importancia para el funcionamiento eficaz del humedal.

Los momentos críticos en los que la intervención del operario es necesaria son:

- Ajustar los niveles de agua
- Mantenimiento de la uniformidad de caudal (estructuras de entrada y salida).
- manejo y cuidado de la vegetación.
- Control del olor.
- Mantenimiento de las bermas (muros)

2.2.7 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DEL PROCESO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Dentro de los criterios importantes del diseño están:

- El tiempo de retención hidráulica
- El área superficial requerida
- Las tasas de carga de DBO y
- Sólidos y la profundidad del medio, etc.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

La ciudad Universitaria San Cristóbal de Huamanga, se encuentra ubicada en la zona norte de la Ciudad de Ayacucho.

a) Ubicación Política

Región	: Ayacucho
Departamento	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Distrito	: Ayacucho
Lugar	: Ciudad Universitaria (UNSCH)

b) Ubicación Geográfica

Longitud	: 74°, 79' w
Latitud Sur	: 13°, 08' s
Altitud	: 2760 m.s.n.m.



Figura N° 12. Mapa de ubicación nacional

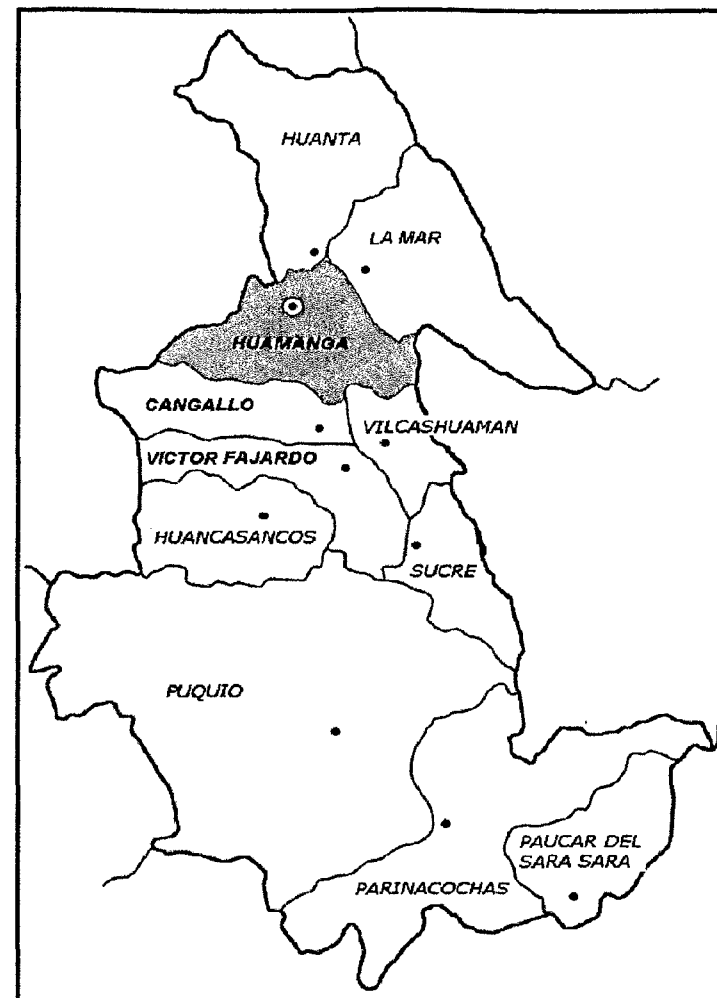


Figura N° 13. Mapa de ubicación Regional y Provincial

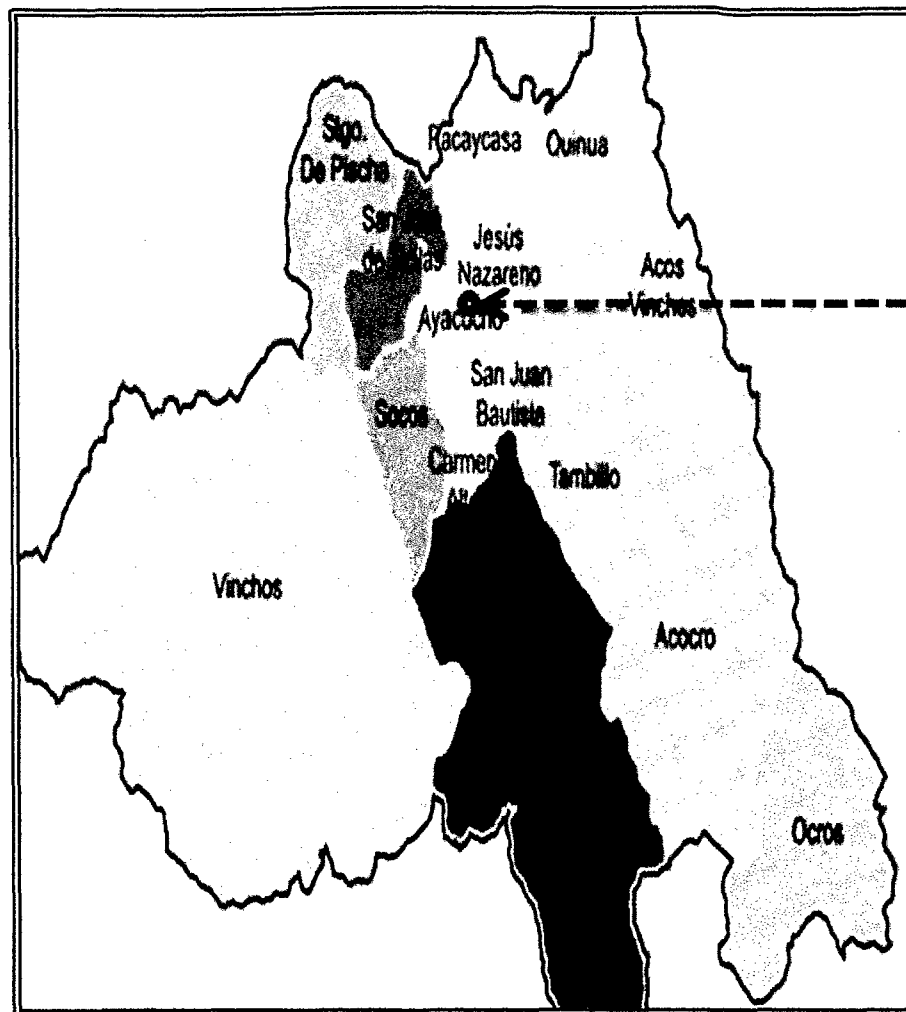


Figura N° 14. Mapa de ubicación Distrital

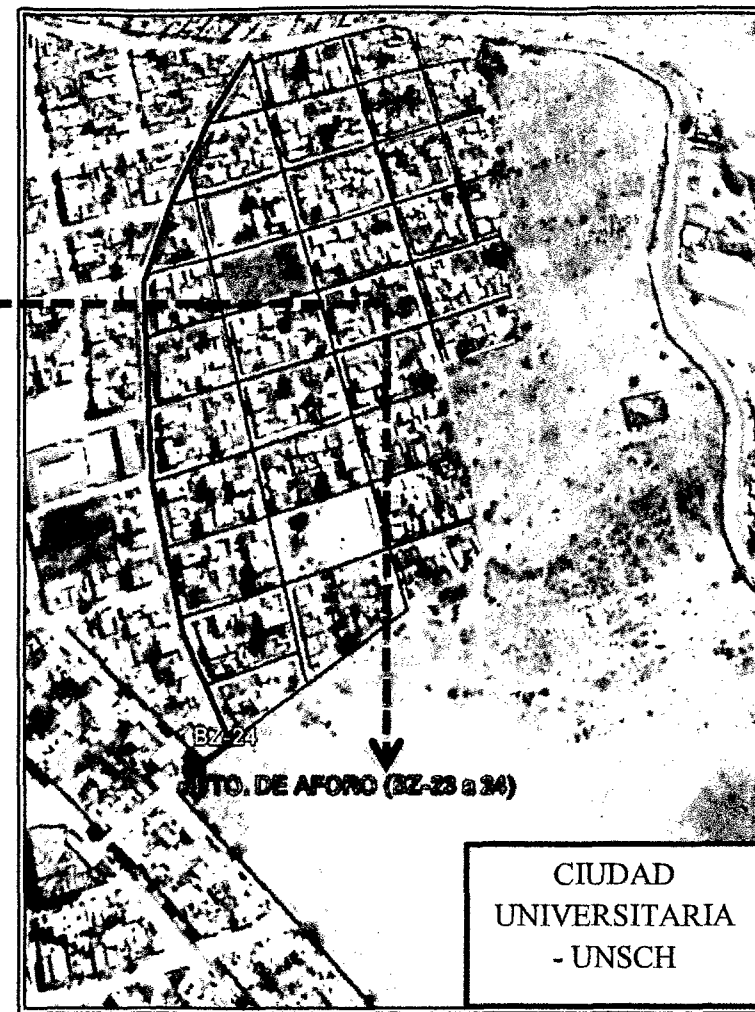


Figura N° 15. Mapa de ubicación del proyecto

3.2 VIAS DE ACCESO

A la zona de estudio se tiene acceso vía carretera asfaltada como referencia de la plaza principal hasta la ciudad universitaria de 0.5 km aproximadamente, el tiempo de viaje es de 15 minutos.

Cuadro N° 03: Vías de acceso al proyecto

Desde	Hasta	Distancia (Km)	Tiempo (Hras, Min.)	Tipo de Vía	Estado
Plaza Sucre (Plaza principal)	Ciudad Universitaria	0.5	00:15	Asfaltada	Regular

Fuente: Elaboración propia

3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARE

3.3.1 MATERIALES

- Material bibliográfico
- Investigaciones científicas (tesis)
- Redes y/o Internet
- Carta nacional digitalizada
- Plano de planta – UNSCH
- Papel bond
- Libreta de campo
- linterna

3.3.2 EQUIPOS

- Computadora
- Impresora
- Plotter
- GPS
- Estación total y nivel topográfico
- Cámara fotográfica
- Wincha, flexómetro

3.3.3 SOFTWARE

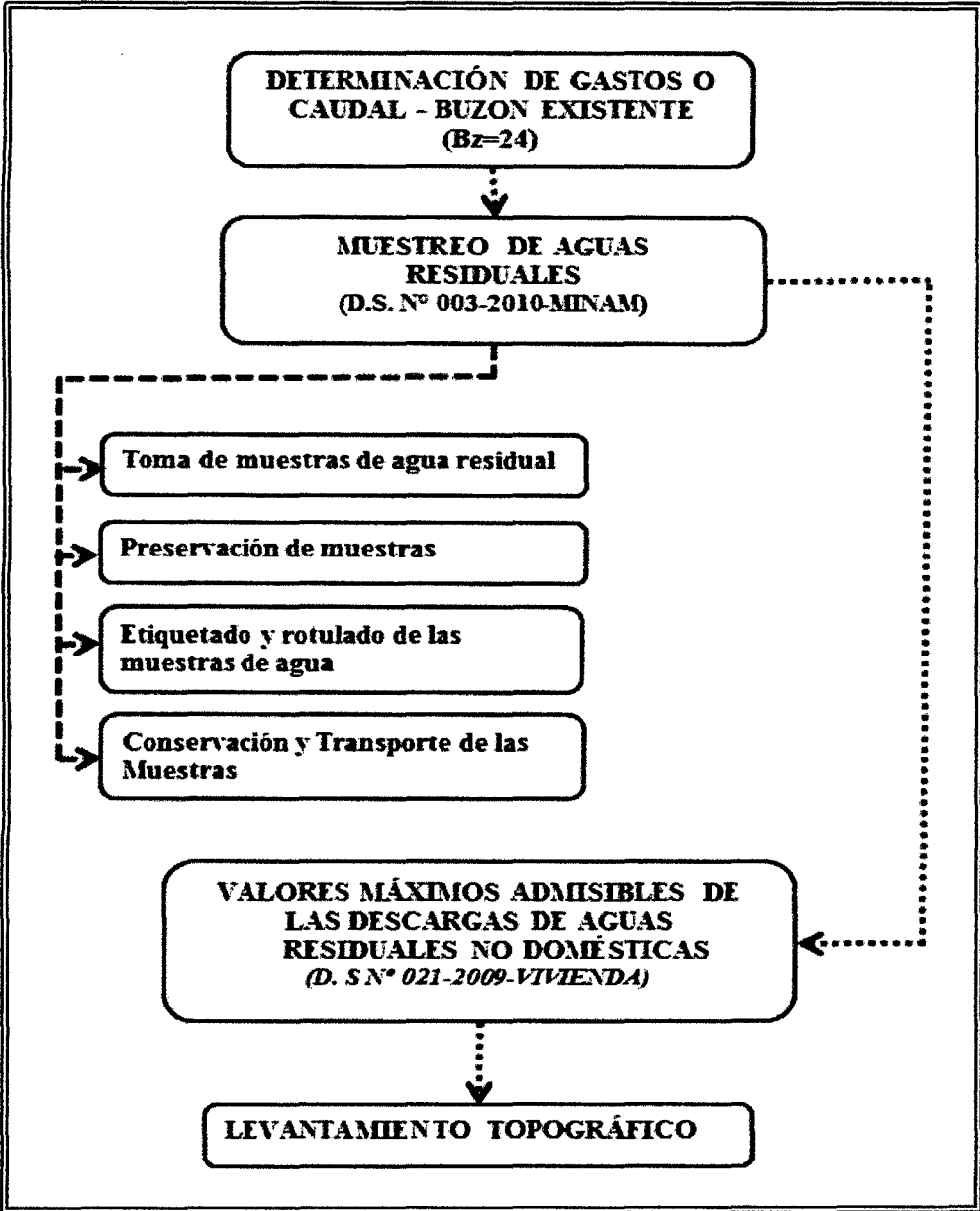
- Software: AUTODESK CIVIL 3D 2014, AUTODESK AUTOCAD 2015
- Excel 2010
- Office 2010
- Google Earth
- Hojas de cálculo. etc.

3.4 METODOLOGIA

Una vez revisada y examinada la bibliografía necesaria, se desarrolla la propuesta de un sistema de planta de tratamiento de aguas residuales por humedal artificial. Para ello fue fundamental conocer la calidad de las aguas en el afluente a tratar mediante muestras en campo y estudios de laboratorio, para posteriormente determinar las características y condiciones del terreno, y abordar el tema de cálculo y diseño, y otros aspectos relevantes.

3.4.1 FASE DE CAMPO

Cuadro N° 04: Diagrama de Operaciones para la fase del campo



Fuente: Elaboración propia

**a) DETERMINACIÓN DE GASTOS O CAUDAL - BUZON EXISTENTE
(Bz N° 24)**

Para determinar el volumen de agua residual en el colector, se procedió de la siguiente manera:

1. Se seleccionó un tramo del colector entre dos buzones continuos, que no reciban descargas de otros colectores, que no tengan cambios de pendiente pronunciadas ni buzones que tengan diferencia de cota entre la tubería de ingreso y salida. La finalidad es que la vena del flujo sea lo más uniforme posible.
2. Se midió el diámetro de la tubería en el punto Dónde se realizará el aforo.
3. Se determinó la pendiente topográfica del tramo escogido.
4. Para la obtención de los gastos en el colector se procedió a medir y anotar los tirantes de agua en la tubería cada 2.00 horas desde 1.00am hasta el siguiente 1.00 am del día siguiente, durante 24 horas continuas como mínimo
5. Los datos obtenidos son volcados en una hoja para su registro y procesamiento en gabinete.

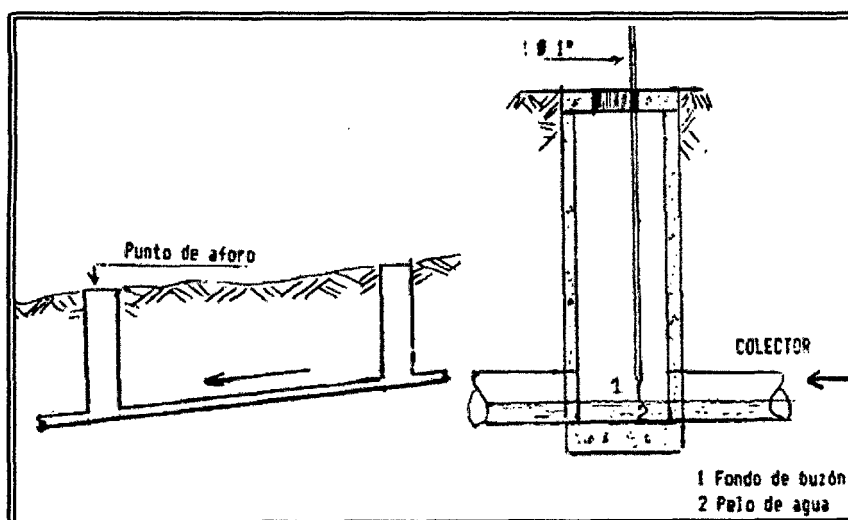


Figura N° 16. Tramo de colector buzón entre buzón

**** MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES**

Según: D.S. N° 003-2010-MINAM, El objetivo del muestreo es tomar una muestra representativa del afluente, para analizar los parámetros establecidos. Al llegar al punto de monitoreo, se deben realizar las acciones que se describen a continuación.

Toma de muestras de agua residual

Las características de los recipientes, volumen requerido (dependerá del laboratorio). Y tipo de reactivo para preservación de la muestra se contemplan en el cuadro N° 05

Preservación de muestras

Una vez tomada la muestra, se deberá incorporar, en caso que el parámetro lo requiera, el reactivo de preservación que se agregaría preferentemente in-situ después de la toma de la muestra de agua. Ver el cuadro N° 05.

Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

Los frascos deben ser etiquetados y rotulados, con letra clara y legible. De preferencia debe usarse plumón de tinta indeleble y cubrir la etiqueta con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información como se ve en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 05: Etiqueta adhesiva para etiquetar los frascos o bolsas de la toma de muestras

Nombre de la PTAR:	
Denominación del punto de monitoreo (afluente o efluente):	
No. de muestra(ordén de toma de muestra)	
Fecha y hora	
Ensayo físico químico	☐ DBO ☐ DQO ☐ AyG ☐ SST
Ensayo microbiológico	☐ CTT
Otros parámetros	
Otros parámetros	
Preservación	
Operador del muestreo	

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM

Nota: Los laboratorios acreditados ante INDECOPI pueden utilizar su propia etiqueta para muestras de agua residual.

Conservación y Transporte de las Muestras

Las muestras de agua residual recolectadas, preservadas y rotuladas, deben colocarse en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante, para cumplir con la recomendación de temperatura indicada en el siguiente cuadro. En el caso de utilizar hielo, colocar éste en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua.

Cuadro N° 06: Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅ (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM

**** No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.**

Leyenda

P = frasco de plástico o equivalente;

V = frasco de vidrio

**** VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS**

Según: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento (D. S N° 021-2009-VIVIENDA).

- ✓ Aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario.
- ✓ Su exceso causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Causo influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Cuadro N° 07: Valores Máximos Admisibles (VMA)

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESION	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Solidos Suspendidos Totales (S.S.T)	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	A y G	100

Fuente: D. S N° 021-2009-VIVIENDA

b) LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En este caso se hizo levantamiento topográfico, para proponer el diseño de sistema de planta de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales.

Se procedió de la siguiente manera:

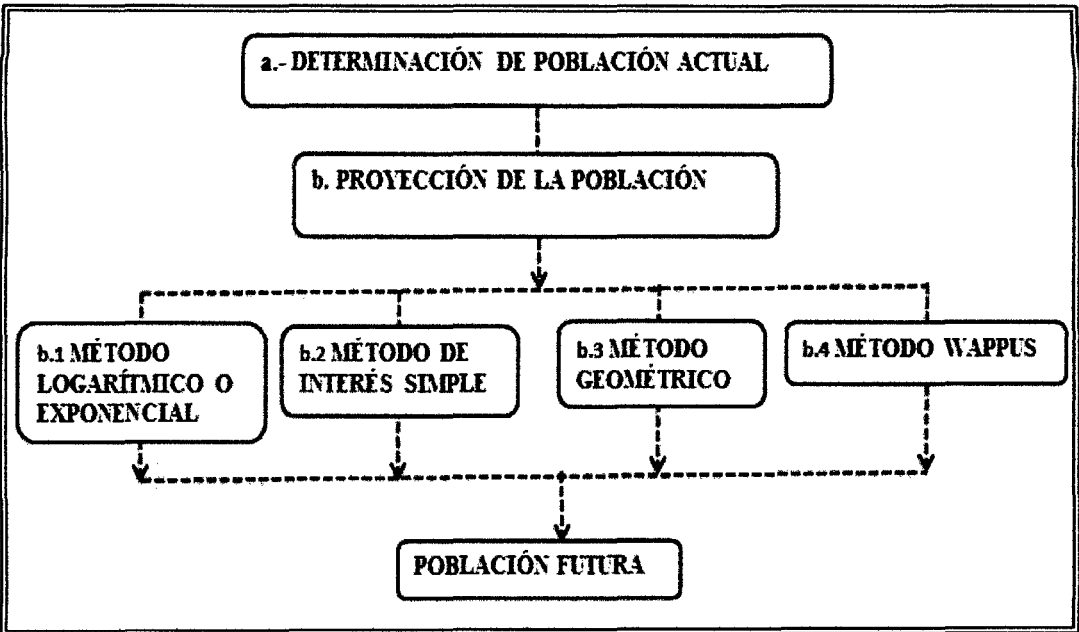
- Realizó reconocimiento del terreno en la ciudad universitaria- UNSCH

- Se instaló el equipo de estación total y prepararla para las observaciones o mediciones anotando las alturas del instrumento y prisma.
- Inició con el levantamiento topográfico, haciendo el control y verificar las cotas y coordenadas del terreno.
- Finalmente con los puntos obtenidos en el gabinete se procedió a plasmar con el uso de software civil 3D 2014 y se obtuvo la superficie del terreno real y las curvas de nivel.

3.4.2 FASE GABINETE

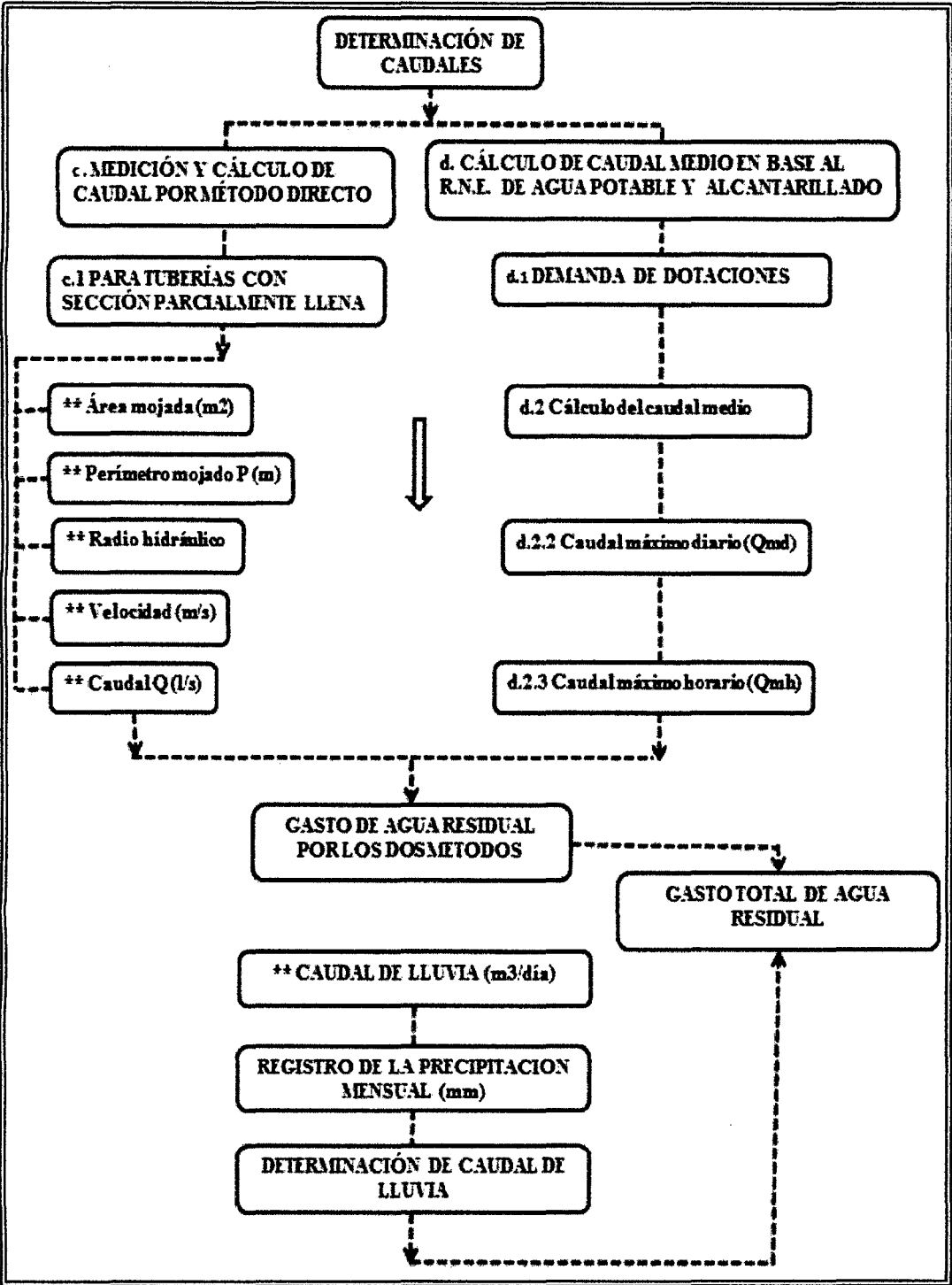
3.4.2.1 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL GENERADOS POR LOS AA.HH. DE PAMPA HERMOSA Y SEÑOR DE HUERTOS

Cuadro N° 08: Diagrama de Operaciones para determinar la población futura



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 09: Diagrama de Operaciones para determinar el gasto total



Fuente: Elaboración propia

** Para determinar el gasto de agua residual se realizara por dos métodos:

- Método de la medición directa y método por según el reglamento nacional de edificaciones (RNE)

a. DETERMINACION DE POBLACIÓN ACTUAL

Para poder determinar la población actual se hará en base a los planos proporcionados por el cofopri, lo cual se determinará la cantidad de lotes que existe en la zona del proyecto y número de habitantes por familia.

$$P_{act.} = N^{\circ}_{lotes} * N^{\circ}_{hab/familia}$$

b. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

En el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario determinar la población futura de la localidad al final del periodo de diseño, ya que será esta la población a utilizar en el cálculo de factores que serán empleados para el dimensionamiento del sistema de humedal artificial.

La relación de los elementos con el periodo de diseño es importante ya que este tiene relación directa con el rendimiento del sistema así como implicaciones de tipo económico.

La proyección de la población se realizará utilizando los métodos que se describen a continuación. Una vez llevado a cabo el cálculo de la población futura, por cada uno de los métodos, se elegirá la proyección que se considere más realista y acorde con el proyecto.

b.1 MÉTODO LOGARÍTMICO O EXPONENCIAL

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_o e^{r(t_f - t_o)} \quad r = \frac{\ln P_{i+n} - \ln P_i}{t_{i+n} - t_i}$$

Dónde:

Pf : Población a calcular

Po : Población inicial

r : Razón de crecimiento

Tf : Tiempo futuro

Ti : Tiempo inicial

e : 2.718282 (número de Euler)

b.2 MÉTODO DE INTERÉS SIMPLE

Este método consiste en determinar la población futura en zonas rurales y urbanas marginales. El cálculo de la población futura se hará en base a índice adoptado del histórico crecimiento poblacional intercensal de la provincia a la que pertenece la localidad.

$$P = P_o * [1 + r(t - t_o)] \quad r = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i (t_{i+1} - t_i)}$$

Dónde:

P : Población a calcular

Po : Población inicial

r : Razón de crecimiento

T : Tiempo futuro

To : Tiempo inicial

b.3 MÉTODO GEOMÉTRICO

El crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta.

En este caso el patrón de crecimiento es el mismo al de interés simple compuesto, el cual se expresa como:

$$P = P_0 (1 + r)^{(t_f - t_o)} \qquad r = \sqrt[t_{i+1} - t_i]{\frac{P_{i+1}}{P_i}} - 1$$

Dónde:

P : Población a calcular
 Po : Población inicial
 r : Razón de crecimiento
 T : Tiempo futuro
 To : Tiempo inicial

b.4 MÉTODO WAPPUS

Es otro de los métodos que se encuentran en función de la tasa de crecimiento anual y el período de diseño, y viene dado por la siguiente expresión:

$$P_f = P_o \left(\frac{200 + r(T - T_o)}{200 - r(T - T_o)} \right) \qquad r = \frac{200 * (P - P_o)}{(T - T_o) * (P + P_o)}$$

Dónde:

Pf : Población a calcular
 Po : Población inicial
 r : Razón de crecimiento
 T : Tiempo futuro
 To : Tiempo inicial

c. MEDICIÓN Y CÁLCULO DE CAUDAL POR MÉTODO DIRECTO

La medición directa, nos brinda información veraz y puntual sobre las características del volumen de descarga del agua residual del lugar, para el cual será diseñado el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para lo cual se ha utilizado la fórmula empírica de Manning y la ecuación de la continuidad es la más práctica para la determinación del caudal mediante aforo tiene la siguiente expresión:

**** Continuidad**

$$Q=V*A$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s)

V : Velocidad (m/s).

A : Área (m²)

**** Velocidad**

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

Dónde:

V : Velocidad (m/s).

n : Coeficiente de rugosidad (adimensional).

R : Radio hidráulico (m).

S : Pendiente (m/m).

c.1 PARA TUBERÍAS CON SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA

El grado central θ en radianes

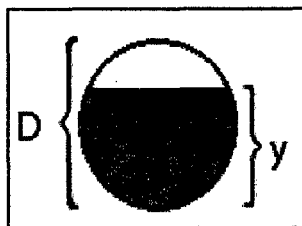


Figura N° 17. Flujo en sección de la tubería

$$\phi = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2 * y}{D}\right)$$

Dónde:

y : tirante del flujo de red alcantarilla (cm)

D : diámetro de la tubería (m)

Ø : en radíanes

**** Área mojada (m2)**

$$A_{mojada} = \frac{D^2}{8} (\phi - \text{seno}\phi)$$

Dónde:

Am : área mojada (m2)

D : diámetro de la tubería (m)

**** Perímetro mojado P (m)**

$$P_{mojada} = \phi * \frac{D}{2}$$

D: diámetro de la tubería (m)

**** Radio hidráulico**

$$R_H = \frac{A_{mojada}}{P_{mojada}}$$

Dónde:

Am : área mojada (m2)

Pm : perímetro mojada (m)

**** Velocidad (m/s)**

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

Dónde:

R : radio hidráulico

S : pendiente (m/m)

n : Rugosidad de Manning (n=0.013)

**** Caudal Q (l/s)**

$$Q = V * A_{mojada} * 1000$$

Dónde:

Q : Caudal (l/s)

V : Velocidad (m/s).

A : área mojada (m2)

d. CÁLCULO DE CAUDAL MEDIO EN BASE AL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

d.1 Demanda de dotaciones

Cuadro N° 10: Dotación según conexiones de Saneamiento Básico en Zonas Urbanas

DESCRIPCION	DOTACION DE AGUA (lt/hab/día)			fuente NORMATIVA
	COSTA	SIERRA	SELVA	
Conexiones domiciliarias	50 - 80	120 - 180	150 - 220	RNE
Piletas	50	30 - 50	50	RNE

Fuente: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento 2012

d.2 Cálculo del caudal medio (Qm)

$$Q_m = \left(\frac{P_f * Dot}{1000} \right) * \%Cctr$$

Dónde:

Qm : consumo promedio (m3/día)

Dot : dotación (lt/hab/día)

Pf : población futura (hab)

% Cctr: contribución (factor de retorno = 80%), Según RNE

d.2.2 Caudal máximo diario

$$Q_{md} = Q_m * K_1$$

K1 = 1.3 según RNE

d.2.3 Caudal máximo horario

$$Q_{md} = Q_m * K_2 \quad \sim \quad K2 = 2.5 \text{ según RNE}$$

** CAUDAL DE LLUVIA (me/día)

El caudal de lluvia se determinara en función de los datos de la precipitación del Pampa del Arco.

Procedimiento

- Promedio de la precipitación en (mm)
- Precipitación en metros cúbicos (PP). En m3
- Área total del Asentamiento Humano de Pampa hermosa y Señor de Huertos (Área total)
- Área total de los techos del AA.HH (Área techos)
- Área eficiencia, Área techos /Área total
- Volumen total de la precipitación en (m3.ha), se determinará PP (m3) x Área total
- Volumen total de agua en los techos (m3.ha), este se determinará PP (m3) x Área techos

Volumen de agua que va a los redes de alcantarillado en (lts/seg)

$$V_{\text{agua.que.va.a.la.red}} = \frac{V_{\text{agua.en.techos}} * 1000 \text{ lts}}{N^{\circ}_{\text{días}} * 86400} \text{ lts / seg}$$

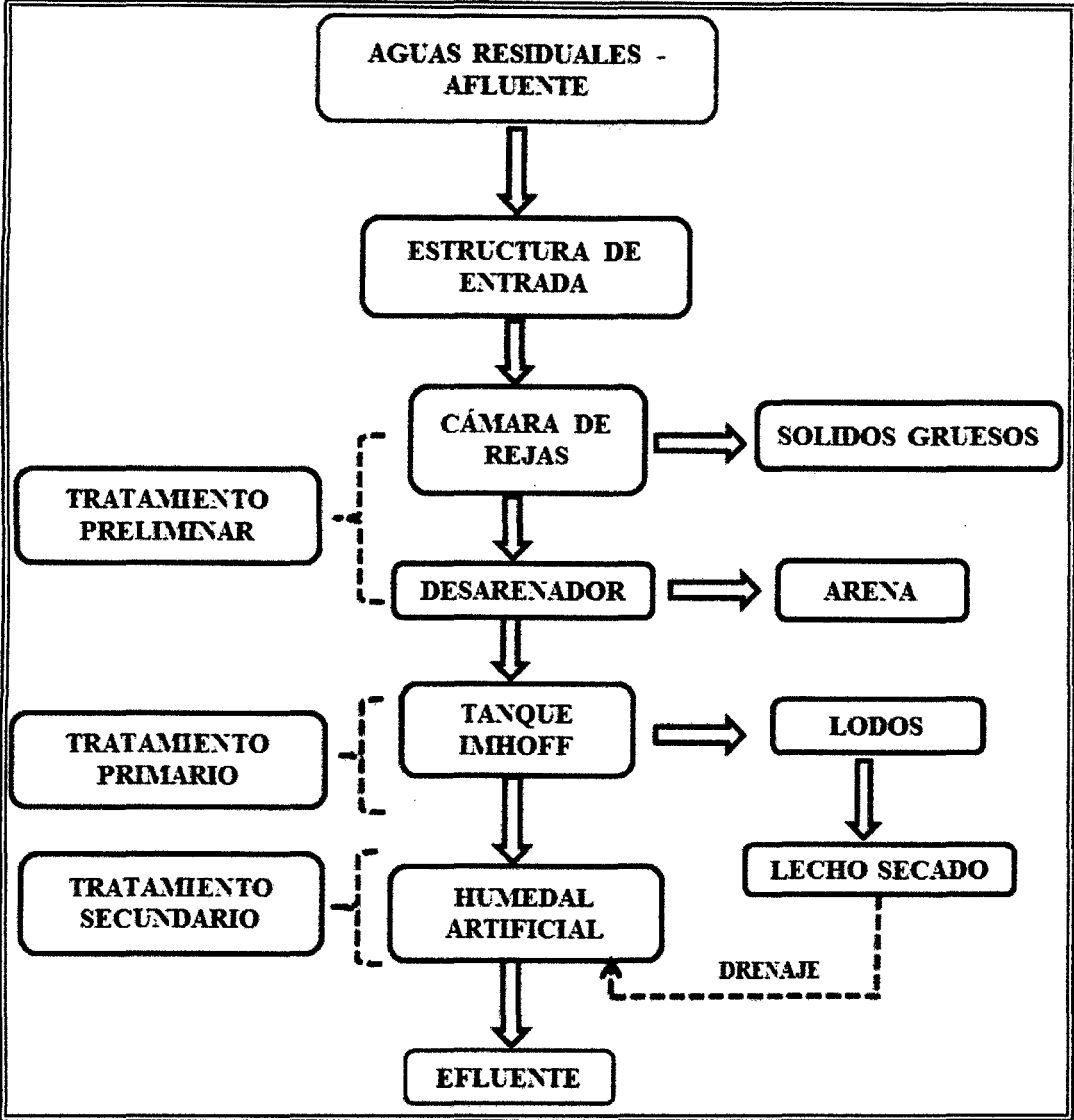
3.4.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL AFLUENTE COMO SON: BCF, DBO5 Y SST, DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE SEÑOR DE HUERTOS Y PAMPA HERMOSA.

➤ Características Biológicas de las aguas residuales

Para el diseño de las unidades de tratamiento de las aguas residuales de esta tesis, utilizaremos como parámetro, los resultados de exámenes de laboratorio en la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga 2014, lo cual los muestreos se realizan en el AA.HH. de Pampa hermosa en el buzón N° 24. En las coordenadas de N = 8547105 y E = 583910.

3.4.2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL PARA EL TRTAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA – UNSCH

Cuadro N° 11: Diagrama de Operaciones Propuesto para el Tratamiento de Agua Residual



Fuente: Elaboración propia

A. TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar se encarga principalmente de separar la fracción gruesa de los sólidos de la fase líquida. Tiene como misión preparar las aguas residuales entrantes para su posterior tratamiento en el humedal mediante la reducción o remoción de los elementos problemáticos que podrían impedir la operación o incrementar excesivamente los costos de

mantenimiento. Dentro de las unidades más importantes son los que se detallan a continuación:

- Cámara de rejas
- Desarenador

A.1 CÁMARA DE REJAS

El primer paso en el tratamiento preliminar del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más corriente, es hacer pasar el agua residual influente a través de rejas o tamices.

Clasificación por el grado de tratamiento

Collazos (2008) En atención a un orden de gradualidad, un proceso de tratamiento se puede implementar secuencialmente de la siguiente manera, Preliminar (5%), Primario (30-50%), Secundario (80 – 95%).

A.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

- Temperatura mes más frío en la zona
 - Periodo de diseño
 - Caudal Máximo horario, en m³/día
- ✓ Para el siguiente diseño se asumirá el caudal máximo horario determinado por el método de medición directa.

A.1.2 DISEÑO DE CÁMARA DE REJAS

** Cálculo del área efectiva (A_u)

$$A_u = \frac{Qmh(m^3 / s)}{V_{reja.obstruida(m/s)}}$$

Dónde:

Qmh: caudal máximo horario (m³/s)

Vrej.: Velocidad entre rejas (m/s)

✓ Para una velocidad entre rejas (Vr) de 0.6m/s , según RNE

**** Cálculo de eficiencia (%E)**

$$E = \frac{a}{a + e} (\%)$$

Dónde:

e: Espesor de barras propuestas < 5-15 > (1/4" = 10 mm), según RNE

a : Separación libre entre cada barra < 25- 50 > (1" = 25 mm), según RNE

E : la eficiencia varía entre 0.60 a 0.85. Según RNE

**** Área del caudal a nivel del agua (S), en m²**

$$S = \frac{A_u}{E} (m^2)$$

Dónde:

Au: Área efectiva (m²)

E: % de eficiencia

**** Cálculo de tirante (y), en m**

$$y = \frac{S}{B} (cm)$$

Dónde:

S : Área del caudal a nivel del agua (m²)

B : Ancho del canal de entrada a considerar (0.40 m)

**** Área total de la cámara rejas (At), en m2**

$$A_t = \frac{Q_{mh} * t_r}{y_{tirante}} (m^2)$$

Dónde:

Q_{max hor}: Caudal máximo horario (m3/seg)

Tr : Tiempo de retención (10 seg), OPS/CEPIS

y : Tirante (m)

**** Longitud de la cámara rejas (L), en m**

$$L = \frac{A_t}{B} (m)$$

Dónde:

At : Área total de cámara de rejas (m2)

B : Ancho del canal de entrada (0.40)

**** Nivel máximo de agua en la cámara de rejas (dmax)**

$$d_{max} = \frac{Q_{maxh}}{V.B}$$

Dónde:

d_{max}: nivel máximo de agua en cámara de rejas (m)

Q_{max hor}: Caudal Máximo horario (m/seg)

V : velocidad a través de reja limpia (0.6 m/s), Según RNE

B : Ancho de canal para rejas (0.4 m)

**** Longitud sumergida de la reja (Ls)**

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen}\theta} (m)$$

Dónde:

L_s : longitud sumergida de la reja (m)

d_{max} : nivel máximo de agua (m)

Angulo de inclinación de las barras (60°), Según RNE

**** Número de barras que conforman la reja**

$$N^{\circ}_{barras} = \frac{(B - a)}{(a + e)}$$

Dónde:

B : Ancho de canal para rejas (0.40 m)

e : Espesor de barras propuestas < 5-15 > (1/4" = 10 mm), según RNE

a : Separación libre entre cada barra < 25- 50 > (1" = 25 mm), según RNE

**** Cálculo del radio hidráulico (R) se tiene**

$$R = \frac{B * d_{\max}}{B + 2d_{\max}}$$

Dónde:

R : radio hidráulico (m)

B : Ancho de canal para rejas (0.40 m)

dmax : nivel máximo de agua (m)

**** Pendiente de la plantilla del canal (S)**

De Cheezy – Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots(ec :1)$$

De la ecuación (1) se obtiene:

$$S = \left(\frac{V * n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Dónde:

V : Velocidad de reja limpia = 0.6 m/seg. Según RNE

n : Coeficiente de rugosidad = 0.013, Según NRE

S : Pendiente (%)

R : Radio Hidráulico (m)

**** Velocidad de aproximación (Va)**

Según la norma (NT.S.010); < 0.3-0.6> m/s

$$V_a = V_r * E$$

Dónde:

Va : Velocidad de aproximación (m/s)

Vr : Velocidad de reja (0.60m/s)

E : Eficiencia

**** Velocidad con colmatación (Vb)**

$$V_b = 2 * V_r$$

Dónde:

Vb : Velocidad con colmatación (m/s)

Vr : Velocidad de rejas (0.6m/s), según RNE

**** Pérdida de carga**

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{V_b^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

Dónde:

Hf : Pérdida de carga (m)

Vb : Velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de reja (m/s)

Va : Velocidad de aproximación del fluido hacia la rejas (m/s)

g : aceleración de la gravedad (m/s²)

K: (1/0.7) Coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación

de remolinos

✓ Según RNE (Hf<15cm)

A.2. CANAL DE DESARENADOR

Seguidamente después de cámara de rejillas, se instala un canal desarenador, con el objeto de retener las arenas, fragmentos de metal, cáscaras, etc. y otros materiales inertes que son arrastrados por el agua residual, evitando así daños en las siguientes etapas del tratamiento, del mismo modo se presentan los cálculos para su respectivo diseño

A.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para partículas de 0,200 mm de diámetro y peso específico de 2,65 la velocidad crítica de barrido es 0,25 m/s, adoptándose en la práctica a efectos de diseño una velocidad de 0,30 m/s. Manteniendo esta velocidad, se consigue que las arenas extraídas tengan un contenido en materia orgánica menor del 5%.

Si el peso de la arena es sustancialmente menor de 2,65 deben usarse velocidades de sedimentación inferiores, tal como se muestra en el cuadro.

Cuadro N° 12: Velocidades de sedimentación para diferentes tamaños de arenas a una temperatura de 15 °C y una eliminación al 90%.

Diámetro de las partículas eliminadas	Velocidad de sedimentación
0,150 mm	40-50 m/h
0,200 mm	65-75 m/h
0,250 mm	85-95 m/h
0,300 mm	105-120 m/h

*Fuente: Fuentes, René. Melgar y pineda - Universidad de Oriente
Facultad de Ingeniería y Arquitectura departamento de
Ingeniería Civil (2011)*

**** Caudal máximo horario (m3/día)**

Para el siguiente diseño se asumirá el caudal máximo horario determinado por el método de medición directa.

A.2.2 .DISEÑO DE DESARENADOR

**** Velocidad de sedimentación de las partículas $d_s = 0.2\text{mm}$**

Cuadro N° 13: Viscosidad cinemática del agua

Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática (cm ² /s)	Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática (cm ² /s)
0	0,01792	18	0,01059
2	0,01763	20	0,01007
4	0,01537	22	0,00960
6	0,01473	24	0,00917
8	0,01386	26	0,00876
10	0,01308	28	0,00839
12	0,01237	30	0,00804
14	0,01172	32	0,00772
15	0,01146	34	0,00741
16	0,01112	36	0,00713

Fuente: López Cualla Ricardo Alfredo, elementos de diseño para alcantarillados escuela colombiana de ingeniería, 2004

$$V_s = \frac{g(P_s - P) * d^2}{18 * u}$$

Dónde:

g : Gravedad (9.81 m/s²)

Ps : Peso específico de la partícula arenas (2.65)

P : Peso específico del fluido (1.1)

d : Diámetro de las partículas (0.2 mm)

u : Viscosidad cinemática del fluido (0.01146 cm²/seg)

**** Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo (Ttarda)**

$$T_{tarda} = \frac{H}{V_s}$$

Dónde:

H : Profundidad (La profundidad a considerar es 100 cm)

Vs : Velocidad de Sedimentación

Cuadro N° 14: Grado de desarenador (n)

	NÚMERO DE HAZEN							
	Remocion (%)							
condiciones	87.5	80	75	70	65	60	55	50
n=1	7.00	4.00	3.00	2.30	1.80	1.50	1.30	1.00
n=3	2.75		1.66					0.76
n=4	2.37		1.52					0.73
maximo teorico	0.88		0.75					0.50

Fuente: López Cualla Ricardo Alfredo, elementos de diseño para alcantarillados escuela colombiana de ingeniería, 2004

**** Tiempo de retención hidráulica (Tr)**

$$T_r = n * T_{tarda}$$

Dónde:

Tr : tiempo de retención hidráulica (seg)

n : Grado de desarenador (3)

Eficiencia de remoción (75%)

**** Volumen del Desarenador:**

$$V = T_r * Q$$

Dónde:

V : Volumen del Desarenador (m3)

Tr : Tiempo de retención. (seg)

Q : Caudal máximo horario (m3/seg)

**** Área del Desarenador:**

$$A_d = \frac{V}{H}$$

Dónde:

Ad : área del desarenador (m2)

V : volumen de desarenador (m3)

H : Profundidad Útil (1 m)

**** Ancho del Desarenador:**

$$B = \sqrt{\frac{A_d}{X}}$$

Dónde:

B : ancho del desarenador (m)

Ad : Área de desarenador.

X : Relación de Largo – Ancho (5:1)

**** Largo del desarenador:**

$$L = X * B$$

Dónde:

L : Largo del desarenador (m)

B : Ancho del desarenador

X : Relación de Largo - Ancho

**** Longitud adicional por turbulencia:**

$$L_a = 0.25 * L$$

Dónde:

La : longitud adicional por turbulencia (m), según RNE - 25%

V : Longitud del desarenador (m)

**** cálculo de carga hidráulica superficial (Cs)**

$$C_s = \frac{Q(m^3 / seg)}{L(m) * B(m)}$$

Dónde:

Cs: cálculo de carga hidráulica superficial (m³/m².hora)

Qmax: caudal máximo (m³/seg.)

L : longitud de desarenador (m)

B : ancho del desarenador (m)

- ✓ Según: García y Corzo, la Carga superficial será <70m³/m².hora:
depuración con humedales construidos, 2008
- Previendo su retiro o limpieza cada 5 días se determina la altura que se profundizara el fondo de las cajas para el almacenamiento de la arena.

$$h = \frac{5 * vol.arena}{b * L} (cm)$$

B. TRATAMIENTO PRIMARIO

La segunda etapa del tratamiento consiste en la remoción de los sólidos sedimentables que el agua residual transporta, disminuyendo así la carga orgánica del agua a través de los procesos físicos. Dentro de las unidades más importantes a considerar en el proyecto es.

- ✓ Tanque Imhoff

B.1 TANQUE IMHOFF.

El tanque imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

- a) Cámara de sedimentación.
- b) Cámara de digestión de lodos.
- c) Área de ventilación y cámara de natas.

B.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

**** Periodo de diseño**

**** Caudal medio, en m³/día**

- ✓ Para el siguiente diseño se asumirá el caudal medio determinado por el método de medición directa.

B.1.2 DISEÑO DE TANQUE IMHOFF

B.1.2.1 DISEÑO DE CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

El área requerida para el proceso de sedimentación se determinara con una carga superficial de 1m³/m²/h, calculado en base al caudal medio

**** Caudal medio (Q_m), en m³/día**

Q_m = se asumirá del método de la medición directa (m³/día)

**** Área del Sedimentador**

El área requerida para el proceso se determinará con una carga superficial de 1m³/m²/h, calculado en base al caudal medio. Según OPS/CEPIS.

$$A_s = \frac{Q_m}{C_s}$$

Dónde:

As : área del sedimentador (m²)

Qm : caudal medio (m³/hora)

Cs : carga superficial (1.0 m³/m².hora), según RNE

**** Volumen del Sedimentador**

$$V_s = Q_m * R$$

Dónde:

Vs : Volumen del Sedimentador (m³)

Qm : caudal medio (m³/hora)

R : periodo retención Hidráulica, Según RNE (1.50-2.50 horas),
recomendable 2.0 horas.

**** Profundidad del sedimentador**

$$H_o = C_s * R$$

Dónde:

Ho : profundidad del sedimentador (m)

Cs : carga superficial (m³/m²*hr)

R : periodo retención Hidráulica, Según RNE (1.50-2.50 horas),
recomendable 2.0 horas

**** Ancho de la zona del sedimentador**

Relación largo/ancho de (6 a 1)

$$L=6B$$

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{6}}$$

Dónde:

B : Ancho de la zona del sedimentador (m)

As : área de sedimentador (m³/m² *hr.)

**** Largo de la zona del sedimentador**

$$L = B \times L/B$$

Dónde:

L: longitud de sedimentador (m)

L/B: relación largo/ancho (m)

B: ancho de la sedimentador (m)

**** Fondo del sedimentador**

Será de sección transversal en forma de "V" y la pendiente de los lados respecto a la horizontal será:

$$H_1 = \frac{B}{2} \tan \varnothing$$

Dónde:

H1: fondo del sedimentador (m)

B : ancho de la sedimentador (m)

$\varnothing$: ángulo de fondo de sedimentador, Según RNE (50° - 60°).

**** Espesor del sedimentador (e)**

Se asumirá e=0.20cm, según RNE

**** Longitud mínima del vertedero de salida**

$$L_v = \frac{Q_{\max}}{C_{hv}}$$

Dónde:

Lv: Longitud mínima del vertedero de salida (m)

Qmaxh: Caudal maximo horario (m³/día)

Chv: Carga hidráulica sobre el vertedero (Chv), en m³/(m*día), estará entre 125 a 500 m³/(m*día), (recomendable 250 m³/(m*día).

Según OPS/CEPIS

B.1.2.2 ÁREA DE VENTILACIÓN Y CÁMARA DE NATAS

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

**** El espaciamiento libre**

será de 1,0 m como mínimo, para el siguiente Cálculo se asumera de 1.80m.
Según OPS/CEPIS

**** Ancho del Tanque Imhoff**

$$A = B + 2N + 2e$$

Dónde:

A : Ancho del Tanque Imhoff (m)

B : ancho del sedimentador (m)

N : espaciamiento libre (m)

e : espesor del sedimentador (m)

**** La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.**

$$\%Sup.libre = \frac{A_{cam.natas}}{A_{T.Imhoff}}$$

$$A_{c.natas} = 2.L.N$$

$$A_{T.Imhoff} = A.L$$

Dónde:

Ac : area de cámara de natas (m2)

At. imhoff: area total de tanque imhoff (m2)

N : espaciamento libre (m)

L : longitud de sedimentador (m)

**** El borde libre (bl), en m**

será como mínimo de 0,30 cm. Según OPS/CEPIS

B.1.2.3 DISEÑO DE LA CÁMARA DE DIGESTIÓN DE LODOS

**** Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en m3)**

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

$$V_d = \frac{V_o P \cdot f_{cr}}{1000}$$

Dónde:

Vo : Volumen de digestión (l/hab) a 15°C, según RNE

fcr : Factor de Capacidad Relativa de la tabla N° 15, según RNE

P : Poblacion futura (Hab)

Cuadro N° 15: temperatura y factor de capacidad relativa

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA (fcr)
5	2.00
10	1.40
15	1.00
20	0.70
>25	0.50

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

**** La altura mínima de los lodos(H2)**

Deberá estar a 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador. según OPS/CEPIS

$$H_2 = 0.50\text{m}$$

**** Altura de la Cámara de Digestión**

$$H_3 = \frac{V_d}{L.A}$$

Dónde:

H3 : Altura de la Cámara de Digestión (m)

Vd : Volumen de almacenamiento y digestión (m³)

L : longitud de sedimentador (m)

A : ancho del tanque imhoff (m)

**** Altura del fondo del digestor (H4)**

El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos. Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal, para el siguiente diseño se asumirá de 15°.

$$H_4 = \frac{(A - B_1)}{2} \tan(\varnothing_1)$$

Dónde:

H4 : Altura del fondo del digestor (m)

A : ancho del tanque imhoff (m)

∅ : ángulo de inclinación de la tolva

B1: El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertido (tolva de lodos) : 0.60m, según OPS/CEPIS

**** Altura Total de Tanque Imhoff (H)**

$$H = H_o + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + bl$$

Dónde:

H : Altura Total de Tanque Imhoff (m)

H_o : profundidad del sedimentador (m)

H₁ : fondo del sedimentador (m)

H₂ : la altura maxima de los lodos (m)

H₃ : altura de cámara de digestión (m)

H₄ : altura de fondo el digestor (m)

bl : borde libre (m)

**** Tiempo requerido para digestión de lodos**

- ✓ El tiempo requerido para la digestión de lodos varia con la temperatura, para esto se empleara del siguiente cuadro.

Cuadro N° 16: El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura

EMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTION (DIAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

**** Frecuencia del retiro de lodos**

- ✓ Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la tabla N° 16.
- ✓ La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempos referenciales, considerando que existira una mezcla de

lodos frescos y lodos digeridos; estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

B.1.2.4 EXTRACCIÓN DE LODOS

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m. según OPS/CEPIS.

B.1.2.5 CÁLCULO DE LAS TASAS DE REMOCIÓN DE DBO Y SST A CAUDALES MEDIO Y MÁXIMO.

Melgar, Fuentes, Pineda (2011) Información habitual a cerca de la eficiencia en la remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración afluente y el tiempo de retención usando la siguiente expresión.

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Donde:

R : % de remoción esperado

t : tiempo nominal de retención en horas 1.5 – 2.5 horas

a,b: constantes empíricas

Las constantes empíricas de la ecuación se toman los siguientes valores a una temperatura de 20 °C.

Cuadro N° 17: las constantes de a y b para el Cálculo de remoción de DBO y SST

Variable	a,h	b
DBO	0.018	0.02
SST	0.0075	0.014

Fuente: Fuentes, Rene, Melgar, Pineda. Diseño de planta de tratamineto de aguas residuales (2011)

**** Calculando la remoción de la DBO**

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

**** Calculando la remoción de la SST**

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

C. DISEÑO DE LECHO DE SECADO

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos).

**** Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C), en Kg de SS/día**

$$C = 0.0864Q.SS$$

Dónde:

SS : Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, (mg/l).

Q : Caudal promedio de aguas residuales (m3/día)

**** Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd), en Kg SS/día**

$$M_{sd} = (0.175 * C) + (0.15 * C)$$

Dónde:

C: Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C), en Kg de SS/día

**** Volumen diario de lodos digeridos (Vld), en litros/día**

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} (\%desolidos / 100)}$$

Dónde:

ρ_{lodo} : Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l, según OPS/CEPIS.

% de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%, según OPS/CEPIS, Recomendable: 10%

**** Volumen de lodos a extraerse del tanque**

**Cuadro N° 18: El tiempo requerido para la digestión de lodos
varía con la temperatura**

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTION (DIAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

$$V_{el} = \frac{V_{ld} T_d}{1000}$$

Dónde:

V_{el} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m3)

V_{ld} : Volumen diario de lodos digeridos en litros/día.

T_d : tiempo de digestión, en días ,55 días (ver tabla).

**** Área del lecho de secado**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Dónde:

Als : Área del lecho de secado (m²)

Vel : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³)

Ha : Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m, asumiendo 0.40m, según OPS/CEPIS

**** Dimensiones del lecho de secado**

$$Als = Ancho * L$$

$$L = \frac{A_{ls}}{ancho}$$

Dónde:

L: longitud del lecho de secado (m)

Als : área de lecho secado(m²)

Ancho del lecho asumido, 13m

Altura del lecho asumiendo, 1.00 m

Nota: Según OPS/CEPIS

- ✓ El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3.0 a 6.0 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

D. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario, como parte del tratamiento de aguas residuales, consiste en una serie de operaciones y procesos físico-químicos y/o biológicos al que son sometidas las aguas residuales después de haber pasado por los procesos primarios.

Para lo cual se plantea como tratamiento secundario el diseño del humedal artificial ya que son sistemas formados por un complejo ecosistema de sustratos, vegetación y agua, cuyo objetivo es la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual

D.1 HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL

D.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

- Periodo de diseño
- Temperatura del agua
- Población futura
- Caudal de ingreso (m3/día)

CONSIDERACIONES:

- Como caudal se recomienda tomar el caudal medio para asegurarse de que el sistema trabaje correctamente.
- se considera que el DBO5 en el Tanque Imhoff, ésta se redujo en un 35%, e considera para obtener un efluente con concentración menor a 15 mg/L para cumplir con los parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto, según los Estándares de calidad ambiental (ECA).
- La conductividad hidráulica y la porosidad se adoptan a partir del siguiente cuadro.

Cuadro N° 19: La conductividad hidráulica y la porosidad

TIPO DE SUSTRATO	DIAMETRO EFECTIVO D10 (mm)	POROSIDAD n (%)	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Ks (m3/m2.día)
Arena gruesa graduada	2	32	1,000
Arena gravosa	8	35	5,000
Grava fina	16	38	7,500
Grava media	32	40	10,000
Piedra gruesa	128	45	100,000

Fuente: García y Corzo - Depuración con humedales construidos

García y Corzo (2008) La profundidad del sustrato típico es de 0.4m a 1.00 m. entre más profundo se encuentre el sustrato, mayor será la carga que el sistema puede procesar, pero si el sustrato es demasiado profundo, las

condiciones en el fondo llegan a ser anaeróbicas y pueden resultar en la eliminación reducida del DBO y de nutrientes.

- Caudal de ingreso (m³/día)
- DBO₅ del afluente (mg/día)
- DBO₅ requerida en el efluente (mg/l)
- Material de relleno
- Conductividad hidráulica (ks m³/ (m².día)
- Porosidad (n%)
- Pendiente del fondo del pantano (%)
- Profundidad del humedal (d)
- Borde libre (bl)
- Especie acuática a usarse

D.1.2 DIMENSIONAMIENTO BIOLÓGICO E HIDRÁULICO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

**** Cálculo del área transversal (At)**

$$At = \frac{Q}{(K_s * S)}$$

Dónde:

At : area transversal (m²)

Ks: conductividad hidráulica (m³/m². día)

S : Pendiente del fondo del pantano (%)

**** Cálculo del ancho del pantano (w)**

$$w = \frac{At}{d}$$

Dónde:

w : ancho del pantano (m)

At : area transversal (m²)

d : profundidad del humedal (m)

**** Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DBO5**

Según ONU-HABITAT - Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Manual de humedales artificiales, (2008), una fuente de información bien establecida, estima un K20 de 1.1 día-1

$$K_t = K_{20} * \left(1.06^{(T^0 - 20)}\right)$$

Dónde:

Kt : constante de velocidad de reacción (día-1)

T° : temperatura (°c)

**** Cálculo de tiempo de retención hidráulico (t):**

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{As * d * n}{Q(m^3 / dia)}$$

Dónde:

t: tiempo de retención hidráulica (días), Es el tiempo que el agua debe de

quedarse en el sistema para alcanzar el nivel de DBO deseado con la

ecuacion.

As: area superficial requerida para remover la carga organica (m2)

d: propundidad del humedal (1.00 m)

n: prorosidad de sustrato para humedales de flujo superficial (35%)

- ✓ Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), el valor de retención Hidráulica es de 1 a 6 días en HA

**** Determinación de la longitud del humedal (l)**

$$L = \frac{A_s}{w}$$

Dónde:

L: longitud del humedal (m)

w: ancho del pantano (m)

D.1.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TÍPICOS DE DISEÑO PARA HUMEDALES

**** Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso (As)**

Según: Delgadillo, *et al* (2010), depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

$$A_s = \frac{Q * LN\left(\frac{C_0}{C_e}\right)}{K_t * d * n}$$

Dónde:

As: área superficial (m², has)

Q: caudal de ingreso (m³/día)

Co: DBO5 del afluente del humedal (mg/l)

Ce: DBO5 del efluente del humedal (mg/l)

Kt: constante de velocidad de reacción, Según ONU - HABITAT (2008),

una fuente de información bien establecida, estima un K20 de 1.1 día-1

d: Profundidad del humedale (1.00 m)

n: Porosidad (n = 35%)

**** Cálculo de la carga hidráulica aplicada (Qh)**

$$Qh = \frac{Q}{As}$$

Dónde:

Qh: carga hidráulica (m³/m³.día)

Q: caudal de ingreso (m³/día)

As: área superficial (m², has)

Nota: No hay una norma nacional para poder evaluar los parámetros de diseño, lo cual se evaluará según la bibliografía citada:

- Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), señala el valor de Qh está en (3 - 20 cm/día).

**** Cálculo del área o superficie específica (Se)**

$$Se = \frac{1}{Qh}$$

Dónde:

Se: superficie específica (m²/m³.día)

Qh: carga hidráulica (m³/m³.día)

- Según: Arias y Brix (2003) , el valor de" Se" oscila entre 5 y 20 m²/m³/día

**** Cálculo de la carga orgánica aplicada (C)**

$$C = \frac{Q * \left(\frac{Co - Ce}{1000} \right)}{As}$$

Dónde:

C: carga orgánica aplicada (kg DBO/(Ha. Día)

Q: caudal de ingreso (m³/día)

Ce: DBO5 requerido en el efluente (mg/l)

Co: DBO5 del afluente (mg/l)

As: área superficial (m², has)

- Según: Arias y Brix (2003), el valor de C no debe superar los 150 kg DBO/(Ha.día)

D.1.4 ADOPTANDO LAS DIMENSIONES DE ACUERDO A LA BIBLIOGRAFÍA

Conociendo los valores de largo y ancho podemos deducir la relación que existe entre estos valores resultantes, esta relación será asumida dentro de los rangos establecidos (2:1 - 7:1), Según: Oscar Delgadillo (2010), depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

$$L : W = \frac{L}{W}$$

Donde:

L: longitud del Humedal (m)

W: ancho del Humedal (m)

D.1.5 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA OXÍGENO EN HUMEDALES ARTIFICIALES

- Según: LARA, J. (1999), depuración de aguas residuales mediante HA

Carga de DBO5 efluente (Ce)

$$C_e = C_o * e^{(-K_t * T_{ret. hidraulica})}$$

Dónde:

Ce : DBO5 en el efluente (mg/l)

Co : DBO5 en el afluente (mg/l)

Kt : constante de velocidad de reacción (día-1)

Trh: tiempo de retención Hidráulica (días)

e : número de Euler (2.718282)

Eficiencia de remoción de Humedal artificial (Ef)

$$R_{em, DBO5} = \frac{(C_{0, afluente} - C_{e, efluente})}{C_{0, afluente}} * 100$$

Dónde:

RemDBO5 (%)

Ce : DBO5 en el efluente (mg/l)

Co : DBO5 en el afluente (mg/l)

- ✓ Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), el valor de remoción de DBO5 debe ser 80 - 98% de eficiencia en HA

D.1.6 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) EN HUMEDALES ARTIFICIALES

Zambrano y Saltos (2008) Para los humedales artificiales se pueden esperar rendimientos similares en lo que respecta a remoción de DBO. La remoción de SST está influida por la producción de materiales orgánicos residuales que pueden aparecer en el efluente final, por lo cual se debe esperar una remoción de 90%.

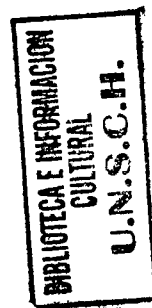
$$C_e = C_o(0.1139 + 0.00213CH)$$

Dónde:

Ce : SST en el efluente (mg/l)

Co : SST en el afluente (Co=426.82 mg/l)

CH : carga hidráulica. (CH=12.59cm/día)



Remoción SST en Humedal artificial es:

Se calculó la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y se comprueba el buen rendimiento de este sistema en la remoción de los mismos con la siguiente ecuación:

$$R_{em.SST} = \frac{(C_{0.afluente} - C_{e.efluente})}{C_{0.afluente}} * 100$$

Dónde:

RemSST : Sólidos Suspendidos Totales en (%)

Ce: SST : Sólidos Suspendidos Totales en el efluente (mg/l)

Co: SST : Sólidos Suspendidos Totales en el afluente (mg/l)

- ✓ Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), el valor de remoción debe ser 80 - 90% de eficiencia en HA

D.1.7 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALIS EN HUMEDALES ARTIFICIALES

- ✓ Capacidad de remoción BCF del Tanque Imhoff es de 60% según CEPIS
- ✓ RNE considera remoción de BCF de 0 - 90% en Sedimentadores
- ✓ Según Saúl A. Chuchón Martínez y Carlos A. Aybar Escobar en la investigación realizada: sobre la *EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES FECALIS (BCF) Y DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "LA TOTORA", AYACUCHO, PERÚ (2005)*. Se ha determinado que la capacidad de remoción de BCF en los Tanques Imhoff está en el rango de 63.75 a 98.25% con un promedio de 85%.

Por tanto en caso de este estudio se considera el promedio de eficiencias de remoción determinadas en la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá - Ayacucho, siendo un buen indicador por presentar cercanía y

condiciones climáticas similares a la zona del proyecto. La remoción de BCF en el tratamiento primario del Tanque Imhoff proyectado se considera en 85%

NOTA: Eficiencia de remoción de BCF en Tanque Imhoff se asumirá: 85%

$$C_e = C_o * (1 - Ef)$$

Dónde:

Ce: coliformes a la salida del tanque imhoff (NMP/100 ml)

Co: coliformes a la entrada del tanque Imhoff (NMP/100 ml)

Ef: Eficiencia de remoción de BCF en Tanque Imhoff (%)

D.1.7.1 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN HUMEDALES ARTIFICIALES

Según Martin Gauss y Vidal Cáceres, OPS (Organización Panamericana de la Salud, 2005), la remoción de coliformes fecales es del orden de 2.5 - 3 unidades logarítmicas. Significa que la remoción de coliformes fecales es en orden de 99.90%.

❖ **Eficiencia de remoción de BCF en Laguna artificial según M. Gauss y Vidal Cáceres.**

$$Ef. = 99.90\%$$

❖ **Coliformes a la salida del humedal artificial.**

$$C_e = C_o * (1 - Ef)$$

Dónde:

Ce : coliformes a la salida del tanque imhoff (NMP/100 ml)

Co : coliformes a la entrada del tanque Imhoff (NMP/100 ml)

Ef : Eficiencia de remoción de BCF en Tanque Imhoff (%)

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RESULTADOS

El diseño del humedal artificial se realiza con la finalidad de contar con la propuesta de un sistema que permita dar tratamiento a las aguas residuales generadas por los AAHH de Pampa hermosa y Señor de Huertos. Los resultados obtenidos son:

4.1.1 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DEL AGUA RESIDUAL GENERADOS POR LOS AA.HH. DE PAMPA HERMOSA Y SEÑOR DE HUERTOS

a. DETERMINACION DE POBLACIÓN ACTUAL

Cuadro N° 20: Cálculo de habitabilidad – AA.HH. Pampa Hermosa y Señor de Huertos

LOTIZACION POR MANZANAS - PAMPA HERMOSA			
Manzana	N° lotes	N° Hab/fam	N° Familias
A3	14	6	84
B3	14	6	84
C3	12	6	72
D3	6	6	36
E3	16	6	96
F3	14	6	84
G3	12	6	72
H3	12	6	72
I3	7	6	42
J3	1	0	0
POBLACION ACTUAL			642

Fuente: Elaboración propia

Hab.

LOTIZACION POR MANZANAS - SEÑOR DE HUERTOS

Manzana	Nº lotes	Nº Hab/fam	Nº Familias	
A	10	6	60	
B	12	6	72	
C	12	6	72	
D	8	6	48	
E	12	6	72	
F	12	6	72	
G	12	6	72	
H	9	6	54	
I	8	6	48	
J	1	0	0	
K	12	6	72	
L	8	6	48	
LL	4	6	24	
M	6	6	36	
N	8	6	48	
Ñ	12	6	72	
O	6	6	36	
P	5	6	30	
Q	11	6	66	
R	14	6	84	
S	9	6	54	
T	9	6	54	
U	6	6	36	
V	9	6	54	
W	13	6	78	
X	4	6	24	
POBLACION ACTUAL			1386	<i>Hab.</i>
TOTAL POBLACION ACTUAL			2028	<i>Hab.</i>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se puede observar la cantidad de población que existe en el AA.HH de Pampa Hermosa y Señor de Huertos, lo cual se ha determinado en función de los planos proporcionados por el cofopri, de tal forma se ha determina el número de lotes que existe en estos AA.HH. y número de habitantes por familia y con el producto de estos dos datos (Nº de lotes x Nº de hab/fam.) se logra el número de familias por lote y por último se logra determinar la población total actual como se muestra en al cuadro anterior.

b. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Cuadro N° 21: Datos del censo

Año	Poblacion (Hab)	
2010	1,839	
2011	1,884	
2012	1,930	
2013	1,977	
2014	2028	<i>P.actual</i>
2034	?	

Fuente: Establecimiento – C.S. Licenciados

b.1 MÉTODO LOGARÍTMICO O EXPONENCIAL

$$P_f = P_o e^{r(t_f - t_o)} \quad r = \frac{\ln P_{i+n} - \ln P_i}{t_{i+n} - t_i}$$

$$r = \frac{\ln(1884) - \ln(1839)}{2011 - 2010}$$

r= 0.024

- ✓ Para determinar la población futura se asumirá el tasa de crecimiento promedio

$$P_f = 2028 \times 2.718282^{0.024(2034-2014)}$$

rprom. = 0.024

Pf = 3277hab

El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 22: Cálculo de la población futura

Año	Poblacion	r
2010	1839	-
2011	1884	0.024
2012	1930	0.024
2013	1977	0.024
2014	2028	0.025
	rprom.	0.024

Pf=	3277	hab
------------	-------------	------------

Fuente: Elaboración propia

b.2 MÉTODO DE INTERÉS SIMPLE

$$P = P_o * [1 + r(t - t_o)] \quad r = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i(t_{i+1} - t_i)}$$

$$r = \frac{(1884 - 1839)}{1839(2011 - 2010)}$$

$$r = 0.024$$

- ✓ Para determinar la población futura se asumirá el tasa de crecimiento promedio

$$P_f = 2028 * [1 + 0.025(2034 - 2014)]$$

$$rprom. = 0.025$$

$$Pf = 3042 \text{ hab.}$$

El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 23: Cálculo de la población futura

$P_{i+1} - P_i$	$P_i (t_{i+1} - t_i)$	r
45	1839	0.024
46	1884	0.024
47	1930	0.024
51	1977	0.026
rprom =		0.025

Pf =	3042	hab
-------------	-------------	------------

Fuente: Elaboración propia

b.3 MÉTODO GEOMÉTRICO

$$P = P_0 (1 + r)^{(t_f - t_o)}$$

$$r = \sqrt[t_{i+1} - t_i]{\frac{P_{i+1}}{P_i}} - 1$$

$$r = \sqrt[2011 - 2010]{\frac{1884}{1839}} - 1$$

r=0.024

- ✓ Para determinar la población futura se asumirá el tasa de crecimiento promedio

$$P = 2028 (1 + 0.025)^{(2034 - 2014)}$$

rprom.= 0.025

Pf=3323 hab.

El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 24: Cálculo de la población futura

Año	Poblacion	Δt	r
2010	1,839	-	-
2011	1,884	1	0.024
2012	1,930	1	0.024
2013	1,977	1	0.024
2014	2,028	1	0.026
rprom =			0.025

Pf =	3323	hab
-------------	-------------	------------

Fuente: Elaboración propia

b.4 MÉTODO WAPPUS

$$P_f = P_o \left(\frac{200 + r(T - T_o)}{200 - r(T - T_o)} \right) \quad r = \frac{200 * (P - P_o)}{(T - T_o) * (P + P_o)}$$

$$r = \frac{200 * (2028 - 1839)}{(2014 - 2010) * (2028 + 1839)}$$

r= 2.444%

- ✓ Para determinar la población futura se asumirá el tasa de crecimiento promedio

$$P_f = 2028 \left(\frac{200 + 2.480(2034 - 2014)}{200 - 2.480(2034 - 2014)} \right)$$

rprom.= 2.480

Pf=3366hab.

El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 25: Cálculo de la población futura

Año	Poblacion	r
2010	1,839	2.444
2011	1,884	2.454
2012	1,930	2.476
2013	1,977	2.547
2014	2,028	-
2034	rprom=	2.480

Pf =	3366	hab
-------------	-------------	------------

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 26: Población futura por cada método para el año 2034

METODO	POBLACION ESTIMADA
logaritmica exponencial	3277
Método interes simple	3042
Método geométrico	3323
Método wappus	3366
Pf(prom) =	3252

hab

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 27: Población futura estimada para el año 2034

METODO	logaritmico o exponencial	Int. Simple	Crecimiento Geometrico	Wappus
Año	Poblacion (hab)	Poblacion(hab)	Poblacion (hab)	Poblacion (hab)
2010	1,839	1,839	1,839	1,839
2011	1,884	1,884	1,884	1,884
2012	1,930	1,930	1,930	1,930
2013	1,977	1,977	1,977	1,977
2014	2,028	2,028	2,028	2,028
2015	2077	2079	2079	2079
2016	2128	2129	2131	2131
2017	2179	2180	2184	2185
2018	2232	2231	2239	2240
2019	2287	2282	2294	2296
2020	2342	2332	2352	2354
2021	2399	2383	2411	2414
2022	2457	2434	2471	2475
2023	2517	2484	2533	2538
2024	2578	2535	2596	2602
2025	2641	2586	2661	2669
2026	2705	2636	2727	2737
2027	2771	2687	2796	2807
2028	2838	2738	2866	2880
2029	2907	2789	2937	2955
2030	2977	2839	3011	3032
2031	3050	2890	3086	3111
2032	3124	2941	3163	3193
2033	3200	2991	3242	3278
2034	3277	3042	3323	3366

Fuente: Elaboración propia

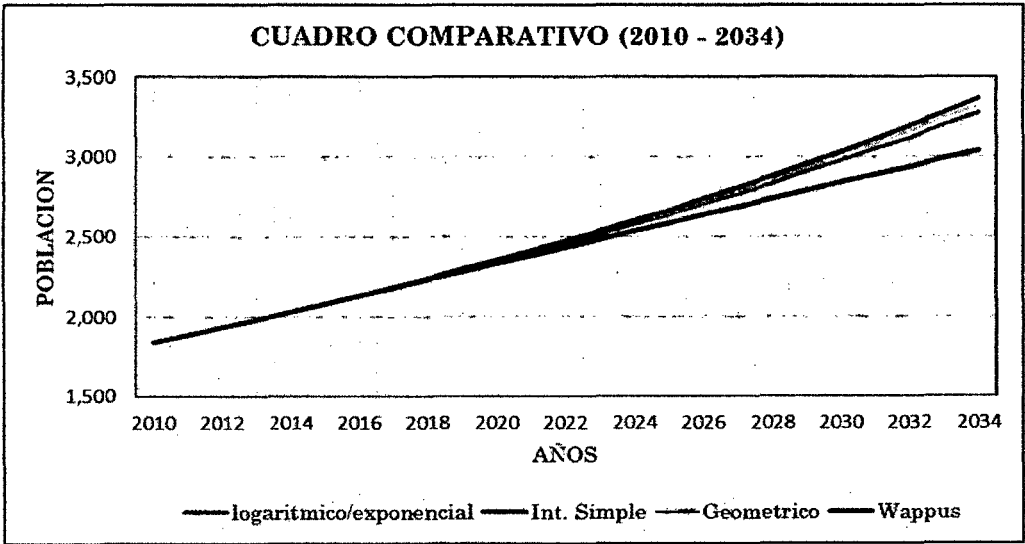


Figura N° 18. Población futura estimada para 2034

En la gráfica nos muestra que el crecimiento poblacional de los AAHH Pampa hermosa y Señor de Huertos en el periodo de 2010 – 2034 presenta una tendencia exponencial, sin embargo, esto se debe a que la población sigue en crecimiento constante.

c. MEDICIÓN Y CÁLCULO DE CAUDAL POR MÉTODO DIRECTO

c.1 PARA TUBERÍAS CON SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA

El grado central θ en radianes

$$\phi = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2 * y}{D}\right)$$

$$\phi = 2 * \arccos\left(1 - \frac{2 * 0.052}{0.20}\right)$$

$$\phi = 2.140 \text{ rad}$$

** Área mojada (m2)

$$A_{mojada} = \frac{D^2}{8} (\phi - \text{seno}\phi)$$

$$A_{mojada} = \frac{0.20^2}{8} (2.140 - \text{seno}(2.140))$$

$$A_{mojada} = 0.006 \text{ m}^2$$

* Perímetro Mojado P (m)

$$P_{mojada} = \phi * \frac{D}{2}$$

$$P_{mojada} = 2.140 * \frac{0.20}{2}$$

$$P_{mojada} = 0.214 \text{ m}$$

* Radio Hidráulico (m)

$$R_H = \frac{A_{mojada}}{P_{mojada}}$$

$$R_H = \frac{0.006}{0.214}$$

$$R_H = 0.030 \text{ m}$$

**** Velocidad (m/s)**

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

$$V = \frac{1}{0.013} * 0.030^{2/3} * 0.01^{1/2}$$

$$V = 0.748 \text{ m/s}$$

**** Caudal Q (l/s)**

$$Q = V * A_{mojada} * 1000$$

$$Q = 0.748 * 0.00649 * 1000$$

$$Q = 4.855 \text{ lts/seg}$$

$$Q = 419.472 \text{ m}^3/\text{día}$$

El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 28: Aforo día Martes – 02/09/2014

ANEXO 1

MATRIZ PARA EL CALCULO DE AFORO EN COLECTORES

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Tiempo	Periodo (hrs)	Tirante "y" (cm)	Tirante "y"(m)	Diametro D (m)	Pendiente m/m	Rugosidad manning (n)	Angulo Ø (Rad)	Area mojada (m2)	Perimetro Mojada (m)	Radio medio Hidraulico (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (l/seg)	Caudal en Volumen (m3/dia)
DATO	DATO	DATO	d/100	DATO	DATO	DATO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO
1:00am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00am	2	1.40	0.014	0.2	0.01	0.013	1.071	0.001	0.107	0.009	0.333	0.322	27.821
5:00am	4	2.80	0.028	0.2	0.01	0.013	1.534	0.003	0.153	0.017	0.517	1.382	119.405
7:00am	6	5.00	0.050	0.2	0.01	0.013	2.094	0.006	0.209	0.029	0.732	4.493	388.195
9:00am	8	4.80	0.046	0.2	0.01	0.013	2.001	0.005	0.200	0.027	0.697	3.805	5.000
11:00am	10	4.50	0.045	0.2	0.01	0.013	1.977	0.005	0.198	0.027	0.688	3.642	314.669
1:00pm	12	4.35	0.044	0.2	0.01	0.013	1.941	0.005	0.194	0.026	0.675	3.402	293.933
3:00pm	14	3.80	0.038	0.2	0.01	0.013	1.804	0.004	0.180	0.023	0.623	2.588	223.603
5:00pm	16	4.28	0.043	0.2	0.01	0.013	1.924	0.005	0.192	0.026	0.668	3.293	284.515
7:00pm	18	4.00	0.040	0.2	0.01	0.013	1.855	0.004	0.185	0.024	0.642	2.872	248.141
9:00pm	20	3.80	0.038	0.2	0.01	0.013	1.804	0.004	0.180	0.023	0.623	2.588	223.603
11:00pm	22	1.83	0.018	0.2	0.01	0.013	1.229	0.001	0.123	0.012	0.396	0.568	49.075
1:00am	24	1.00	0.010	0.2	0.01	0.013	0.902	0.001	0.090	0.007	0.268	0.158	13.651
24:00 HRS	← TIEMPO TOTAL DE AFORO →									Σ =	6.862	29.113	2191.611
	SUMATORIA TOTAL									PROM =	0.572	2.426	182.634

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 29: Aforo día Jueves - 04/09/2014

ANEXO 2

MATRIZ PARA EL CALCULO DE AFORO EN COLECTORES

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Tiempo	Periodo (hrs)	Tirante "y" (cm)	Tirante "y" (m)	Diametro D (m)	Pendiente m/m	Rugosidad manning (n)	Angulo Ø (Rad)	Area mojada (m2)	Perimetro Mojada (m)	Radio medio Hidraulico (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (l/seg)	Caudal en Volumen (m3/dia)
DATO	DATO	DATO	d/100	DATO	DATO	DATO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO
1:00am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00am	2	1.34	0.013	0.2	0.01	0.013	1.047	0.001	0.105	0.009	0.324	0.294	25.402
5:00am	4	2.75	0.028	0.2	0.01	0.013	1.520	0.003	0.152	0.017	0.511	1.332	115.085
7:00am	6	5.10	0.051	0.2	0.01	0.013	2.117	0.006	0.212	0.030	0.740	4.672	403.661
9:00am	8	4.55	0.046	0.2	0.01	0.013	1.989	0.005	0.199	0.027	0.693	3.723	321.667
11:00am	10	4.60	0.046	0.2	0.01	0.013	2.001	0.005	0.200	0.027	0.697	3.805	328.752
1:00pm	12	4.30	0.043	0.2	0.01	0.013	1.929	0.005	0.193	0.026	0.670	3.324	287.194
3:00pm	14	3.40	0.034	0.2	0.01	0.013	1.700	0.004	0.170	0.021	0.582	2.063	178.243
5:00pm	16	4.27	0.043	0.2	0.01	0.013	1.921	0.005	0.192	0.026	0.667	3.277	283.133
7:00pm	18	4.35	0.044	0.2	0.01	0.013	1.941	0.005	0.194	0.026	0.675	3.402	293.933
9:00pm	20	3.76	0.038	0.2	0.01	0.013	1.794	0.004	0.179	0.023	0.619	2.533	218.851
11:00pm	22	1.82	0.018	0.2	0.01	0.013	1.226	0.001	0.123	0.012	0.394	0.561	48.470
1:00am	24	1.00	0.010	0.2	0.01	0.013	0.902	0.001	0.090	0.007	0.268	0.158	13.651
24:00 HRS	← TIEMPO TOTAL DE AFORO →									Σ =	6.841	29.144	2518.042
	SUMATORIA TOTAL									PROM =	0.570	2.429	209.837

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 30: Aforo día Sábado - 06/09/2014

ANEXO 3

MATRIZ PARA EL CALCULO DE AFORO EN COLECTORES

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Tiempo	Periodo (hrs)	Tirante "y" (cm)	Tirante "y" (m)	Diametro D (m)	Pendiente m/m	Rugosidad manning (n)	Angulo Ø (Rad)	Area mojada (m ²)	Perimetro Mojada (m)	Radio medio Hidraulico (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (l/seg)	Caudal en Volumen (m ³ /dia)
DATO	DATO	DATO	d/100	DATO	DATO	DATO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO
1:00am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00am	2	1.65	0.017	0.2	0.01	0.013	1.165	0.001	0.117	0.011	0.371	0.457	39.485
5:00am	4	3.70	0.037	0.2	0.01	0.013	1.778	0.004	0.178	0.022	0.613	2.452	211.853
7:00am	6	7.00	0.070	0.2	0.01	0.013	2.532	0.010	0.253	0.039	0.880	8.624	745.114
9:00am	8	5.50	0.055	0.2	0.01	0.013	2.208	0.007	0.221	0.032	0.772	5.421	468.374
11:00am	10	4.60	0.046	0.2	0.01	0.013	2.001	0.005	0.200	0.027	0.697	3.805	328.752
1:00pm	12	4.68	0.047	0.2	0.01	0.013	2.020	0.006	0.202	0.028	0.704	3.939	340.330
3:00pm	14	4.45	0.045	0.2	0.01	0.013	1.965	0.005	0.196	0.027	0.684	3.561	307.670
5:00pm	16	4.50	0.045	0.2	0.01	0.013	1.977	0.005	0.198	0.027	0.688	3.642	314.669
7:00pm	18	4.25	0.043	0.2	0.01	0.013	1.916	0.005	0.192	0.025	0.666	3.246	280.454
9:00pm	20	4.15	0.042	0.2	0.01	0.013	1.892	0.005	0.189	0.025	0.656	3.094	267.322
11:00pm	22	2.45	0.025	0.2	0.01	0.013	1.430	0.002	0.143	0.015	0.476	1.047	90.461
1:00am	24	1.30	0.013	0.2	0.01	0.013	1.031	0.001	0.103	0.008	0.318	0.275	23.760
24:00 HRS	← TIEMPO TOTAL DE AFORO						SUMATORIA TOTAL			Σ =	7.525	39.563	3418.244
										PROM =	0.627	3.297	284.854

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 31: Aforo día Domingo - 07/09/2014

ANEXO 4

MATRIZ PARA EL CALCULO DE AFORO EN COLECTORES

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Tiempo	Periodo (hrs)	Tirante "y" (cm)	Tirante "y"(m)	Diametro D (m)	Pendiente m/m	Rugosidad manning (n)	Angulo Ø (Rad)	Area mojada (m2)	Perimetro Mojada (m)	Radio medio Hidraulico (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (l/seg)	Caudal en Volumen (m3/dia)
DATO	DATO	DATO	d/100	DATO	DATO	DATO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO	CALCULO
1:00am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00am	2	1.72	0.017	0.2	0.01	0.013	1.191	0.001	0.119	0.011	0.381	0.498	43.027
5:00am	4	3.83	0.038	0.2	0.01	0.013	1.812	0.004	0.181	0.023	0.626	2.630	227.232
7:00am	6	7.00	0.070	0.2	0.01	0.013	2.532	0.010	0.253	0.039	0.880	8.624	745.114
9:00am	8	6.00	0.060	0.2	0.01	0.013	2.319	0.008	0.232	0.034	0.810	6.423	554.947
11:00am	10	4.85	0.049	0.2	0.01	0.013	2.060	0.006	0.206	0.029	0.719	4.229	365.386
1:00pm	12	4.32	0.043	0.2	0.01	0.013	1.933	0.005	0.193	0.026	0.672	3.355	289.872
3:00pm	14	4.10	0.041	0.2	0.01	0.013	1.879	0.005	0.188	0.025	0.652	3.019	260.842
5:00pm	16	4.85	0.049	0.2	0.01	0.013	2.060	0.006	0.206	0.029	0.719	4.229	365.386
7:00pm	18	4.42	0.044	0.2	0.01	0.013	1.958	0.005	0.196	0.026	0.681	3.513	303.523
9:00pm	20	4.36	0.044	0.2	0.01	0.013	1.943	0.005	0.194	0.026	0.676	3.418	295.315
11:00pm	22	2.53	0.025	0.2	0.01	0.013	1.455	0.002	0.145	0.016	0.486	1.120	96.768
1:00am	24	2.00	0.020	0.2	0.01	0.013	1.287	0.002	0.129	0.013	0.419	0.685	59.184
24:00 HRS	← TIEMPO TOTAL DE AFORO →									Σ =	7.719	41.743	3606.596
	SUMATORIA TOTAL									PROM =	0.643	3.479	300.550

Fuente: Elaboración propia

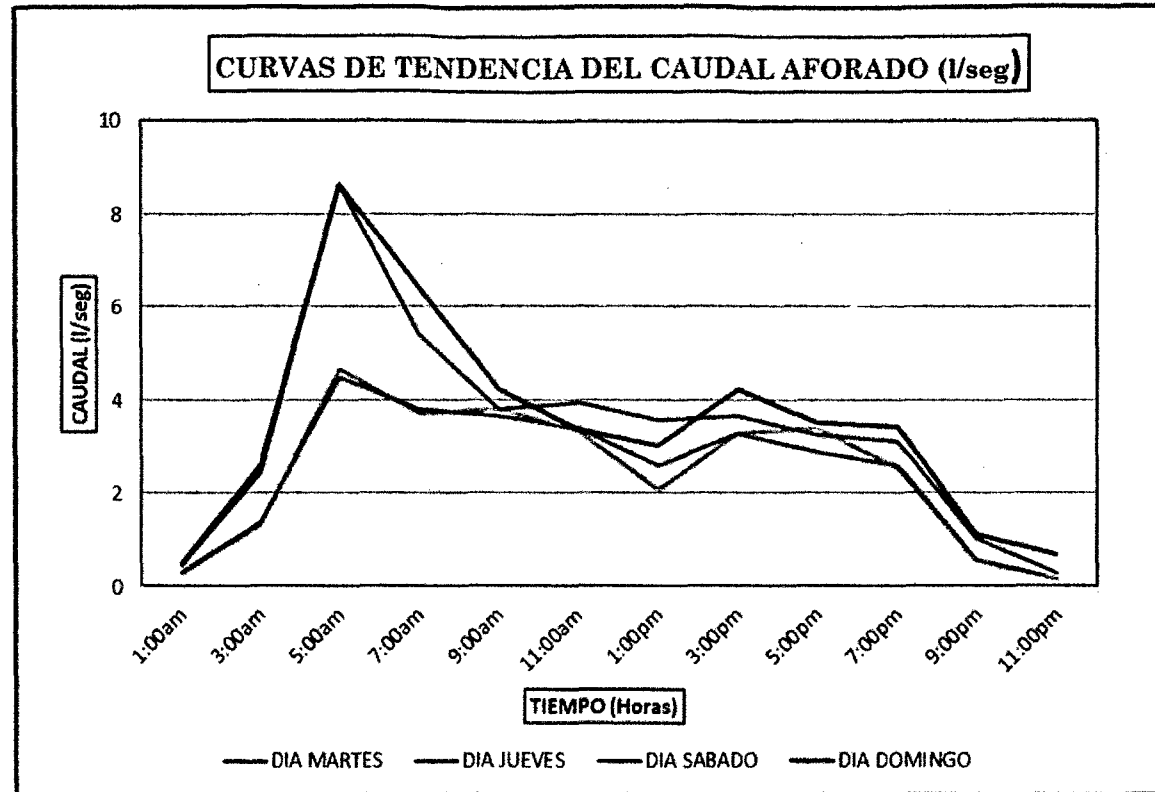


Figura N° 19. Tendencia de caudal aforado

- ✓ En la gráfica nos muestra la variación de caudal, en un punto, durante el periodo de muestreo. Los valores más altos corresponden a los días sábado y domingo, estos valores proporcionan un margen de versatilidad aceptable al gasto promedio ya que este valor será en cierta medida más representativo del caudal máximo que pueda llegar a tratarse.

GASTO DE AGUA RESIDUAL POR MEDICION DIRECTA

Cuadro N° 32: Caudal aforado del día Martes – Domingo

GASTO	DIA MARTES (m3/dia)	DIA JUEVES (m3/dia)	DIA SABADO (m3/dia)	DIA DOMINGO (m3/dia)	total (m3/dia)
Gasto minimo (Qmin)	13.651	13.651	23.760	59.184	27.562
Gasto maximo(Qmax)	388.195	403.661	745.114	745.114	570.521
Gasto medio (Qmedio)	182.634	209.837	284.854	300.550	244.469

Fuente: Elaboración propia

* GASTO DE AGUA RESIDUAL POR (hab/día)

Poblacion Actual (Po) =	2028 hab
-------------------------	----------

$$Q_{\min} = \frac{13.651}{2028}$$

$$Q_{\min} = 0.007 \text{ m}^3/\text{hab/día}$$

- ✓ El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes tanto para gasto mínimo, máximo y medio lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 33: Gasto de caudal por habitantes

GASTO	DIA MARTES (m3/hab/dia)	DIA JUEVES (m3/hab/dia)	DIA SABADO (m3/hab/dia)	DIA DOMINGO (m3/hab/dia)	General (m3/hab/dia)
Gasto minimo (Qmin)	0.007	0.007	0.012	0.029	0.014
Gasto maximo(Qmax)	0.191	0.199	0.367	0.367	0.281
Gasto medio (Qmedio)	0.090	0.103	0.140	0.148	0.121

Fuente: Elaboración propia

*** GASTO DE AGUA RESIDUAL PARA (2034)**

Poblacion futura (Pf)	3252 hab
-----------------------	-----------------

$$Q_{\min} = 0.007 \times 3252$$

$$Q_{\min} = 22.764 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{día}$$

- ✓ El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos correspondientes tanto para gasto mínimo, máximo y medio lo cual en siguiente cuadro se resume todo el cálculo.

Cuadro N° 34: Gasto de caudal proyectado para 2034

GASTO	DIA MARTES (m3/hab/dia)	DIA JUEVES (m3/hab/dia)	DIA SABADO (m3/hab/dia)	DIA DOMINGO (m3/hab/dia)	General (m3/hab/dia)
Gasto minimo (Qmin)	22.764	22.764	39.024	94.308	45.528
Gasto maximo(Qmax)	621.132	647.148	1193.484	1193.484	913.812
Gasto medio (Qmedio)	292.680	334.956	455.280	481.296	393.492

Fuente: Elaboración propia

d. CÁLCULO DE CAUDAL MEDIO EN BASE AL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

d.1 Demanda de dotaciones

Cuadro N°35: Dotación según conexiones de Saneamiento Básico en Zona Urbana

DESCRIPCION	DOTACION DE AGUA (lt/hab/dia)			fuente NORMATIVA
	COSTA	SIERRA	SELVA	
Conexiones domiciliarias	50 - 80	120 - 180	150 - 220	RNE
Piletas	50	30 - 50	50	RNE

Fuente: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento 2012

d.2 CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO (Qm)

* Población futura (Pf) = 3252 hab

% Cctr: contribución (factor de retorno) = 80%

Dot: 150Lt/hab/día

d.2.1 Caudal medio diario (Qm)

$$Q_m = \left(\frac{*P_f * Dot}{1000} \right) * \%Cctr$$

$$Q_m = \left(\frac{3252hab * 150lt / hab.dia}{1000} \right) * 0.80$$

$$Q_m = 390.240 \text{ m}^3/\text{día}$$

d.2.2 Caudal máximo diario

$$Q_{md} = Q_m * K_1$$

$$K_1 = 1.3 \text{ según RNE}$$

$$Q_{md} = 390.240 * 1.3 \sim 507.312 \text{ m}^3/\text{día}$$

d.2.3 Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = Q_m * K_2$$

$$K_2 = 2.5 \text{ según RNE}$$

$$Q_{mh} = 390.240 * 2.5 \sim 975.60 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cuadro N°36: Gasto de agua residual por los dos métodos

Gasto	Medicion Directa (m3/dia)	Según Manual (m3/dia)
Gasto minimo (Qmin)	45.528	-
Gasto máximo(Qmax)	913.812	975.60
Gasto medio (Qmedio)	393.492	390.24

Fuente: Elaboración propia

NOTA:

- ✓ Se observa que el gasto promedio no presenta una diferencia notable entre los dos métodos como sucede con los gastos mínimos y máximos.
- ✓ En el método de medición directa los valores mínimo y máximo son puntuales es decir, son el valor más bajo y el valor más alto. El gasto promedio, como su nombre dice es el promedio de todos.
- ✓ Siguiendo el procedimiento del Manual, el primer valor en calcularse es el gasto promedio a partir del cual se deducen los gastos mínimo y máximo. Este procedimiento se podría aplicar para el caudal promedio calculado por medición directa lo cual arrojaría valores similares en los gastos mínimo y máximo.
- ✓ Tomando en cuenta lo anterior y observando que el valor base (Gasto promedio) no presenta grandes diferencias, podemos utilizar cualquiera de los dos valores en el diseño del sistema de planta de tratamiento mediante humedales artificiales.

**** CAUDAL DE LLUVIA (me/día)**

El caudal de lluvia se ha determinado en función de los datos de la precipitación del Pampa del Arco.

Cuadro N°37: Registro de la Precipitación Mensual (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1990	76.6	1.7	2.7	11.4	5.6	0.0	0.0	8.0	11.1	7.0	142.0	143.0
1991	60.2	57.9	107.0	98.7	17.5	26.0	10.5	16.5	15.0	40.0	53.6	15.5
1992	0.0	64.2	53.5	17.0	0.0	10.0	6.0	26.0	13.0	24.0	28.5	25.5
1993	125.0	100.0	94.0	34.5	8.0	7.0	15.0	16.5	26.0	22.0	75.0	116.0
1994	115.5	140.0	102.0	30.0	6.5	3.0	0.0	6.5	9.8	19.4	49.3	88.0
1995	157.4	128.9	123.3	12.5	16.5	0.5	2.0	5.6	9.7	34.3	78.7	48.5
1996	75.2	126.8	99.0	43.8	0.0	0.0	0.0	16.7	25.3	20.8	22.3	61.9
1997	136.8	122.6	78.1	25.4	2.9	0.0	2.0	20.2	38.7	25.4	75.3	98.9
1998	117.4	109.5	95.9	7.2	0.4	6.2	0.0	3.9	19.6	46.2	32.4	42.6
1999	107.3	144.7	91.5	29.0	2.6	0.6	4.8	0.0	57.7	13.2	91.6	59.3
2000	130.2	176.0	91.5	6.0	14.6	10.8	55.8	12.7	4.4	66.0	26.9	79.2
2001	161.9	101.9	86.5	23.0	23.2	4.4	24.3	12.6	7.7	31.9	62.6	80.9
2002	105.7	141.8	91.0	21.0	15.1	5.7	25.8	19.3	42.8	22.5	58.6	102.0
2003	76.6	164.9	121.5	77.5	20.6	0.0	0.0	30.6	27.2	11.6	28.0	83.8
2004	69.9	149.1	83.0	29.8	11.3	10.7	26.3	7.5	16.1	26.6	39.7	162.0
2005	46.7	69.8	78.4	11.7	0.2	0.0	2.6	0.0	5.4	47.2	29.7	87.4
2006	107.4	102.3	151.5	21.3	1.2	13.2	0.2	23.0	18.1	47.1	72.1	108.0
2007	71.2	69.6	151.5	38.4	2.5	0.0	6.4	1.0	13.6	37.7	74.0	105.0
2008	116.8	104.1	94.1	6.8	0.4	5.8	0.0	3.9	19.6	56.3	32.4	42.6
2009	107.1	144.3	91.5	29.0	4.0	0.6	0.0	4.2	20.3	50.3	25.6	68.6
2010	105.6	123.6	99.8	26.9	12.3	5.2	0.2	3.6	15.4	50.1	68.9	95.4
2011	69.9	149.1	83.0	29.8	11.3	10.7	26.3	7.5	16.1	26.6	39.7	162.0
2012	46.7	69.8	78.4	11.7	0.2	0.0	2.6	0.0	5.4	47.2	29.7	87.4
MEDIA	95.1	111.4	93.4	27.9	7.7	5.2	9.2	10.7	19.0	33.6	53.8	85.4

Fuente: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales con fines de riego de las áreas verdes en la ciudad universitaria - unsch. Ayacucho, 2013

CUADRO N°38: Determinación de caudal de lluvia

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL (AÑO)
Nº de días	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
PP Promedio (mm)	95.10	111.40	93.40	27.90	7.70	5.20	9.20	10.70	19.00	33.60	53.80	85.40	552.40
PP (m3)	951.00	1114.00	934.00	279.00	77.00	52.00	92.00	107.00	190.00	336.00	538.00	854.00	5524.00
Area total AAHH (has)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Area - Techo (has)	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30
Area Eficiencia	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
VOLUMEN TOTAL (m3/ha)	7608	8912	7472	2232	616	416	736	856	1520	2688	4304	6832	44192
Vol. Agua en techo (m3/ha)	4087	4787	4014	1199	331	223	395	460	817	1444	2312	3670	23739
Vol - Alcantarilla (m3/día)	131.84	170.98	129.48	39.97	10.67	7.45	12.75	14.83	27.22	46.58	77.07	118.39	65.04
Vol. Alcantarilla (lts/seg)	1.5259	1.9789	1.4986	0.4626	0.1235	0.0862	0.1476	0.1717	0.3150	0.5391	0.8920	1.3702	0.75

Fuente: Elaboración Propia

PROCEDIMIENTO:

- PP (m3) = $95.10 \times 10 = 951\text{m}^3$
- Área total de AA.HH (has) = 8 has, dato
- Área de techo (has) = 4.30 has, dato
- Área Eficiencia = $4.30/8 = 0.54 \sim 54\%$
- Volumen Total (m3.ha) = $951 \times 8 = 7608 \text{ m}^3/\text{ha}$
- Volumen de agua en Techo (m3.ha) = $951 \times 4.30 = 4087 \text{ m}^3/\text{ha}$
- Vol. que va a la red (m3/día) = $4087/31 = 131.84 \text{ m}^3/\text{día}$
- Vol. que va a la red (lts/seg) = $(131.84 \times 1000/86400) = 1.52 \text{ lts/seg}$

** El procedimiento es lo mismo para los siguientes cálculos.

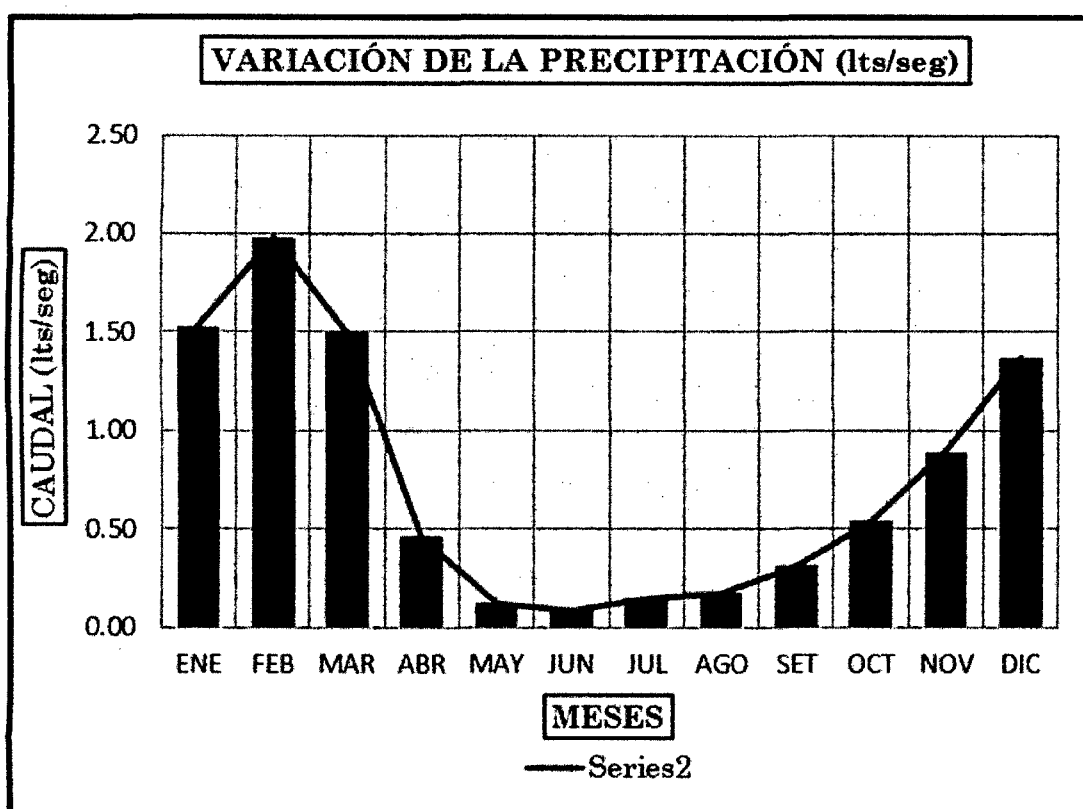


Figura N° 20. Tendencia de la intensidad de la lluvia

- ✓ En la gráfica nos muestra la variación de caudal en función de la precipitación de la zona de estudio. Los valores más altos corresponden a los meses de enero, febrero, marzo y diciembre y estos valores indican que en los meses mencionados tienden a tener intensidad de lluvias muy altos y los meses restantes existen poca intensidad de lluvia.

****CAUDAL DE LLUVIA:** 65.04 m3/día
0.70 lts/seg

Cuadro N° 39. Caudal adoptado para el diseño de sistema de PTAR por método directo

GASTO TOTAL = (Qmax + Qlluvia), m3/día	
Caudal máximo (Qmax)	978.852
Caudal medio (Qm)	393.492

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS DEL AFLUENTE COMO SON: BACTERIAS COLIFORMES FECAL (BCF), DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO5) Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE SEÑOR DE HUERTOS Y PAMPA HERMOSA.

a. PROCEDIMIENTO DE LA MUESTRA REALIZADA PARA EL ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL EN EL Bz N° 24 – PAMPA HERMOSA

En este trabajo de investigación las muestras de aguas que se colectaron para ser enviados y analizados en un laboratorio, se efectuaron con base al D.S. N° 003-2010-MINAM, en la que se indican la frecuencia y número de muestras necesarias. Se utilizaron frascos esterilizados con capacidades de un litro con sus debidas etiquetas, en el siguiente cuadro se muestra los parámetros a determinar, tipo de recipientes que se ha utilizado, la cantidad muestra y el tiempo máximo que se ha tenido para el traslado de la muestras.

Cuadro N° 40: Toma de muestra de agua residual para el análisis

Determinacion /parámetros	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y Concentración	tiempo Máximo de duración
Físicoquímico				
Temperatura	P	1000ml	No es posible	10 min
DBO	P	1000ml	-	10 min
Solidos suspendidos totales (SST)	P	1000ml	-	10 min
Micriobiológico				
Coliformes Fecales (NMP)	P. esterilizado	1000ml	-	10 min

Fuente: Elaboración propia - D.S. N° 003-2010-MINAM

Leyenda:

P = frasco de plástico de un litro

- ❖ Los análisis de las aguas residuales en el laboratorio fueron limitados a los parámetros más importantes entre los que destacan son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales que para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales por humedales artificiales son primordiales.

a.1 ETIQUETADO Y ROTULADO DE LAS MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL

Los frascos han sido etiquetados y rotulados, con letras claras y legibles y se ha cubierto la etiqueta con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- ✓ Nombre del punto de muestreo
- ✓ Número de muestra (referido al orden de toma de muestra)
- ✓ Fecha y hora de la toma de muestra.
- ✓ Operador del muestreo.

Cuadro N°41: Etiquetado y rotulado de las muestras de agua residual

Tipo de gasto: Agua Residual	
Buzon N° 24 - Pampa Hermosa	
N° de muestras (orden de toma de muestra)	3.00
Fecha	07/09/2014
Hora	06.00am, 12.30 pm y 6.00pm
Opreador de muestreo	R. Iapa

Fuente: Elaboración propia - D.S. N° 003-2010-MINAM

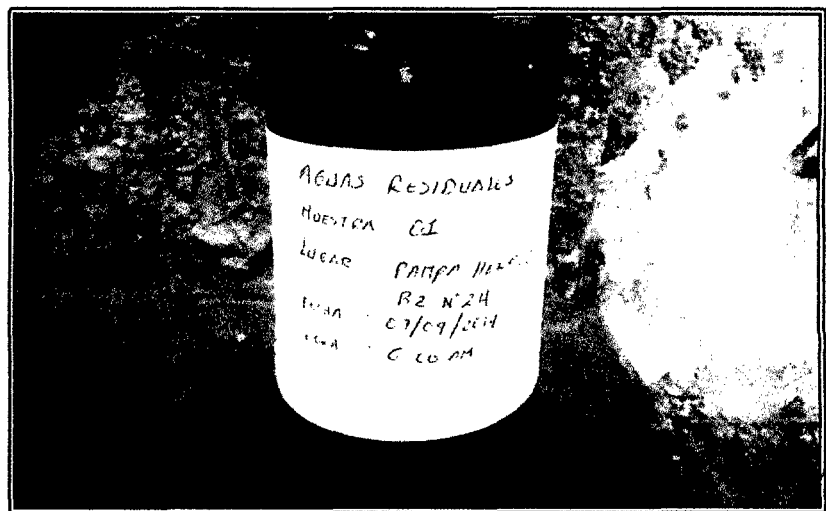


Figura N° 21. Muestreo de agua residual

a.2 Transporte de las Muestras

Las muestras de agua residual recolectada y rotulada se han colocado en una bolsa hermética, lo cual han sido traslado al laboratorio especializado de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia – Laboratorio de Análisis Físico Químico de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, el traslado ha sido en un tiempo de 10 minutos aprox.

➤ **Características Fisicoquímicas - Biológico de las aguas residuales.**

Para el diseño de las unidades de tratamiento de las aguas residuales de esta tesis, utilizaremos como parámetro, los resultados de exámenes de laboratorio de aguas residuales, ya que los muestreos se realizaron en el

AA.HH. de Pampa Hermosa en el buzón N° 24. Los resultados de los análisis son presentados en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 42: Valores representativos de los Análisis de laboratorio

N°	PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	RESULTADO	D.S.W-002-2008-MINAM
	ANÁLISIS FISICO QUIMICO			
01	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	1150.12	150

N°	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	UNIDAD	RESULTADO	D.S.W-002-2008-MINAM
01	DBO5	mg/L	120.3	15
02	COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	2.74E+06	1000

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, 2014(Informe de Ensayo N° 204)

4.1.3 RESULTADOS DEL DISEÑO DE SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

A. TRATAMIENTO PRELIMINAR

A.1 CÁMARA DE REJAS

A.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

** Periodo de diseño: 20 años

** Caudal Máximo horario, en m3/día

Para el siguiente diseño se asumirá el caudal máximo horario determinado por el método de medición directa.

Cuadro N° 43: Gasto de Agua Residual por Método directo

GASTO TOTAL = (Qmax + Qlluvia), m3/dia	
Caudal máximo (Qmax)	978.852
Caudal medio (Qm)	393.492

Fuente: Elaboración propia

$$Q_{mh} = 978.85/86400 \sim 0.0113 \text{ m}^3/\text{seg}$$

A.1.2 DISEÑO DE CÁMARA DE REJAS

** Cálculo del área efectiva (Au)

$$A_u = \frac{Q_{mh}(m^3 / s)}{V_{reja.obstruida(m/s)}}$$

$$A_u = \frac{0.0113m^3 / s}{0.6m / s}$$

$$A_u = 0.0189m^2$$

** Cálculo de eficiencia (%E)

$$E = \frac{a}{a + e}(\%)$$

$$E = \frac{25mm}{25mm + 10mm}$$

$$E = 0.71 \sim 71\%$$

** Área del caudal a nivel del agua (S)

$$S = \frac{A_u}{E}(m^2)$$

$$S = \frac{0.0189m^2}{0.714}$$

$$S = 0.026 m^2$$

**** Cálculo de tirante (y)**

$$y = \frac{S}{B} (cm)$$

$$y = \frac{0.026m^2}{0.40m}$$

$$Y = 0.07 \text{ m} \sim 7 \text{ cm}$$

**** Área total de la cámara rejas**

$$A_t = \frac{Qmh * t_r}{y_{tirante}} (m^2)$$

$$A_t = \frac{0.0113m^3 / seg * 10seg}{0.07m}$$

$$At = 1.62 \text{ m}^2$$

**** Longitud de la cámara rejas**

$$L = \frac{A_t}{B} (m)$$

$$L = \frac{1.62m^2}{0.40m}$$

$$L = 4.00m$$

**** Nivel máximo de agua en la cámara de rejas (dmax)**

$$d_{\max} = \frac{Q_{\max h}}{V.B}$$

$$d_{\max} = \frac{0.0113m^3 / seg}{0.6m/s * 0.40m}$$

$$d_{\max} = 0.05m \sim 5cm$$

**** Longitud sumergida de la reja (Ls)**

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\sin\theta} (m)$$

$$L_s = \frac{0.05m}{\sin(60^\circ)}$$

$$L_s = 0.06m \sim 6cm$$

**** Número de barras que conforman la reja**

$$N^\circ_{\text{barras}} = \frac{(B-a)}{(a+e)}$$

$$N^\circ_{\text{barras}} = \frac{(400mm-25mm)}{(25mm+10mm)}$$

$$N^\circ \text{ barras} = 10.71 \sim 11 \text{ barras}$$

**** Cálculo del radio hidráulico (R) se tiene**

$$R = \frac{B * d_{\max}}{B + 2d_{\max}}$$

$$R = \frac{0.40m * 0.05m}{0.40m + 2(0.05m)}$$

$$R = 0.04m$$

**** Pendiente de la plantilla del canal (S)**

De Cheezy – Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (\text{ec: 1})$$

De la ecuación (1) se obtiene:

$$S = \left(\frac{V * n}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{0.6m/s * 0.013}{0.04^{2/3}} \right)^2$$

$$S = 0.0047 * 100 \sim 0.50\%, \text{ para el siguiente diseño se asumirá el } 1.00\%$$

**** Velocidad de aproximación (Va)**

Según la norma (NT.S.010); < 0.3-0.6> m/s

$$V_a = V_r * E$$

$$V_a = 0.6 \text{ m/s} * 0.714$$

$$V_a = 0.430 \text{ m/s}$$

**** Velocidad con colmatación. (Vb)**

$$V_b = 2 * V_r$$

$$V_b = 2 * 0.6 \text{ m/s}$$

$$V_b = 1.20 \text{ m/s}$$

**** Pérdida de carga**

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{V_b^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{1.20^2 \text{ m/s} - 0.430^2 \text{ m/s}}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

Hf = 0.091m, según RNE (Hf<15cm), por lo cual cumple con el parámetro de diseño.

Cuadro N° 44: Resumen de las dimensiones de cámara de rejas

RESUMEN	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)
Camara de rejas	0.40	4.00	0.60

Fuente: Elaboración propia

A.2. CANAL DE DESARENADOR

A.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Cuadro N° 45: Velocidades de sedimentación para diferentes tamaños de arenas a una temperatura de 15 °C y una eliminación al 90%

Diámetro de las partículas eliminadas	Velocidad de sedimentación
0,150 mm	40-50 m/h
0,200 mm	65-75 m/h
0,250 mm	85-95 m/h
0,300 mm	105-120 m/h

Fuente: Fuentes, Rene, Melgar, Pineda. Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales (2011).

** Temperatura mes más frío en la zona: $t = 15^{\circ}\text{C}$

** Periodo de diseño: 20 años

** Caudal Máximo horario, en m³/día

Cuadro N°46: Gasto de agua residual por método directo

GASTO TOTAL = (Q_{max} + Q_{lluvia}), m ³ /día	
Caudal máximo (Q_{max})	978.852
Caudal medio (Q_{m})	393.492

Fuente: Elaboración propia

✓ Para el siguiente diseño se asumirá el caudal máximo horario determinado por el método de medición directa

$$Q_{\text{mh}} = 978.852 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{mh}} = 978.852/86400 \sim 0.0113 \text{ m}^3/\text{seg}$$

A.2.2 DISEÑO DE DESARENADOR

** Velocidad de sedimentación de las partículas $d_s = 0.2\text{mm}$

- ✓ Según OPS/CEPIS - Hazen Stokes: su modelo de sedimentación de partículas se resume en la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{g(P_s - P) * d^2}{18 * u}$$

Dónde:

g: Gravedad (9.81m/s^2) $\sim 981\text{cm/s}^2$

P_s : Peso específico de la partícula arenas (2.65)

P: Peso específico del fluido (1.1)

d: Diámetro de las partículas (0.2 mm) $\sim 0.02\text{cm}$

u: Viscosidad cinemática del fluido ($0.01112\text{ cm}^2/\text{seg}$)

$$V_s = \frac{981\text{cm} / \text{s}^2 (2.65 - 1.1) * (0.02\text{cm})^2}{18 * 0.01146\text{ cm}^2 / \text{s}}$$

$$V_s = 2.949\text{ cm/seg} \sim 3.00\text{ cm/seg}$$

** Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo (T_{tarda})

$$T_{tarda} = \frac{H}{V_s}$$

$$T_{tarda} = \frac{100\text{cm}}{2.949\text{cm} / \text{s}}$$

$$T_r = 33.92\text{seg}$$

** Tiempo de retención hidráulica (T_r)

$$T_r = n * T_{tarda}$$

$$T_r = 3 * 33.92\text{seg}$$

$$T_r = 101.75\text{seg} \sim 2.00\text{ min.}$$

**** Volumen del Desarenador:**

$$V = T_r * Q$$

$$V = 101.72 \text{seg} * 0.0113 \text{m}^3 / \text{s}$$

$$\text{Vol.} = 1.15 \text{m}^3$$

**** Área del Desarenador:**

$$A_d = \frac{V}{H}$$

$$A_d = \frac{1.15 \text{m}^3}{1 \text{m}}$$

$$A_d = 1.15 \text{ m}^2$$

**** Ancho del Desarenador:**

Relación largo: ancho (5:1)

$$A_s = 5B^2 \quad \sim \quad B = \sqrt{\frac{A_d}{5}}$$

$$B = \sqrt{\frac{1.15 \text{m}^2}{5}}$$

$$B = 0.48 \text{ m} \sim \text{por criterio técnico se usará } 0.60 \text{ m}$$

**** Largo del desarenador:**

$$L = X * B$$

$$L = 5 \text{m} * 0.60 \text{m}$$

$$L = 3.00 \text{ m}$$

**** Longitud adicional por turbulencia:**

$$L_a = 0.25 * L$$

$$L_a = 0.25 * 3.00 \text{m}$$

$$L_a = 0.75\text{m}$$

Longitud total a diseñar será:

$$L_{\text{tota}} = 3.00 + 0.75 = 3.80 \text{ m.}$$

**** cálculo de carga hidráulica superficial (Cs)**

$$C_s = \frac{Q(m^3 / \text{seg})}{L(m) * B(m)}$$

$$C_s = \frac{0.0113(m^3 / \text{seg})}{3.75\text{m} * 0.60\text{m}}$$

$$C_s = 18.13 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hora}$$

- ✓ Según: García y Corzo, la Carga superficial será $<70 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hora}$: depuración con humedales construidos, 2008.

**** Cálculo de volumen de arena depositada en el canal desarenador (m³/día):**

- ✓ Previendo su retiro o limpieza cada 5 días se determina la altura que se profundizara el fondo de las cajas para el almacenamiento de la arena.

$$h = \frac{5 * vol.arena}{b * L} \text{ (cm)}$$

$$h = \frac{5 * 0.029 \text{ m}^3 / \text{día}}{0.60\text{m} * 3.75\text{m}}$$

$$h = 0.065\text{m} \sim 6.5\text{cm/día}$$

Cuadro N° 47: Resumen de las dimensiones de desarenador

Resumen	Ancho	Longitud	Alto
desarenador de 2 undes - paralelo	0.60	3.80	1.00

Fuente: Elaboración propia

B. TRATAMIENTO PRIMARIO

B.1 TANQUE IMHOFF.

B.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

- ** Temperatura mes más frío en la zona: $t = 15^{\circ}\text{C}$
- ** Periodo de diseño: 20 años
- ** Caudal medio, en $\text{m}^3/\text{día}$

Cuadro N°48: Gasto de Agua Residual por el método directo

GASTO TOTAL = $(Q_{\text{max}} + Q_{\text{lluvia}})$, $\text{m}^3/\text{día}$	
Caudal máximo (Q_{max})	978.852
Caudal medio (Q_m)	393.492

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Para el siguiente diseño se asumirá el caudal medio determinado por el método de medición directa.

B.1.2 DISEÑO DE TANQUE IMHOFF

B.1.2.1 DISEÑO DE CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

- ** Caudal medio (Q_m), en $\text{m}^3/\text{día}$

$$Q_m = 393.492 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_m = 393.492/24 = 16.40 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- ** Área del Sedimentador (A_s)

$$A_s = \frac{Q_m}{C_s} \quad \sim \quad A_s = \frac{16.40 \text{ m}^3 / \text{hora}}{1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hora}}$$

$$A_s = 16.40 \text{ m}^2$$

**** Volumen del Sedimentador (Vs)**

$$V_s = Q_m * R$$

$$V_s = 16.40m^3 / hora * 2 \text{ horas}$$

$$V_s = 32.79 \text{ m}^3$$

**** Profundidad del Sedimentador (Ho)**

$$H_o = C_s * R$$

$$H_o = 1m^3 / (m^2 \cdot hora) * 2 \text{ horas}$$

$$H_o = 2.00 \text{ m}$$

**** Ancho de la zona del sedimentador (B)**

Relación largo/ancho de (6 a 1)

$$L=6B \quad \sim \quad A_s = 6B^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{6}}$$

$$B = \sqrt{\frac{16.40m^2}{6m}}$$

$$B = 1.70 \text{ m}$$

**** Largo de la zona del sedimentador (L)**

$$L = 6 \times 1.70$$

$$L = 6(1.70)$$

$$L = 10.20 \text{ m}$$

**** Fondo del sedimentador (H1)**

$$H_1 = \frac{B}{2} \tan \theta$$

$$H_1 = \frac{1.70m}{2} \tan(50^\circ)$$

$$H_1 = 0.85 \text{ m} \sim 1.00 \text{ m}$$

**** Espesor del sedimentador (e).**

Se asumirá $e=0.20\text{cm}$, según RNE

**** Longitud mínima del vertedero de salida (L_v , en m)**

$$L_v = \frac{Q_{\max}}{C_{lv}}$$

$$L_v = \frac{978.85 \text{ m}^3 / \text{dia}}{250 \text{ m}^3 / (\text{m} \cdot \text{dia})}$$

$$L_v = 3.92 \text{ m}$$

B.1.2.2 ÁREA DE VENTILACIÓN Y CÁMARA DE NATAS

**** El espaciamiento libre**

será de 1,0 m como mínimo, para el siguiente Cálculo se asumirá 1.80m.

Según OPS/CEPIS

**** Ancho del Tanque Imhoff (A)**

$$A = B + 2N + 2e$$

$$A = 1.70\text{m} + 2(1.80\text{m}) + 2(0.20\text{m})$$

$$A = 5.70 \text{ m}$$

**** La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.**

$$\% \text{Sup.libre} = \frac{A_{\text{cam.natas}}}{A_{T.\text{Imhoff}}}$$

$$A_{\text{c.natas}} = 2.L.N$$

$$Ac.natas = 2(10.20)(1.80) = 36.72 \text{ m}^2$$

$$A_{T.Imhoff} = A.L$$

$$At imhoff = 5.70(10.20) = 58.14 \text{ m}^2$$

$$\%Sup.libre = \frac{36.72m^2}{58.14m^2}$$

$$\%Sup.Libre = 0.63 \sim 63\%$$

** El borde libre (bl)

será como mínimo de 0,30 cm. Según OPS/CEPIS

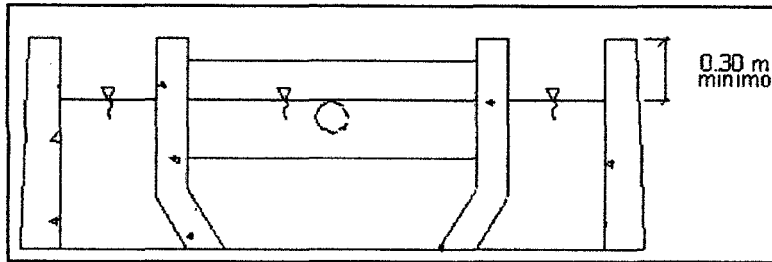


Figura N° 22. Esquema de borde libre de tanque Imhoff

B.1.2.3 DISEÑO DE LA CÁMARA DE DIGESTIÓN DE LODOS

** Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en m3)

Cuadro N° 49: temperatura y factor de capacidad relativa

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA (fcr)
5	2.00
10	1.40
15	1.00
20	0.70
>25	0.50

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

$$V_d = \frac{V_o P \cdot f_{cr}}{1000}$$

** $V_o = 70 \text{ lts/hab}$, según RNE

** $F_{cr} = 1.00$ de la tabla, según RNE

** $P_f = 3252 \text{ hab}$

$$V_d = \frac{70 \text{ lts/hab} * 3252 \text{ hab} * 1.00}{1000}$$

$$V_d = 227.64 \text{ m}^3$$

**** La altura máxima de los lodos(H2)**

Deberá estar a 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador. según OPS/CEPIS

$$H_2 = 0.50 \text{ m}$$

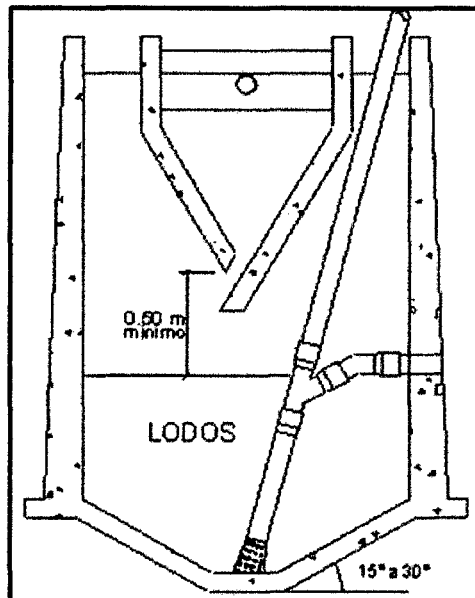


Figura N° 23. Esquema de altura mínima de los lodos

**** Altura de la Cámara de Digestión - lodos (H3)**

$$H_3 = \frac{V_d}{L.A} \quad \sim \quad H_3 = \frac{227.64 \text{ m}^3}{10.20 \text{ m} * 5.70 \text{ m}}$$

$$H_3 = 3.90 \text{ m}$$

**** Altura del fondo del digestor (H4)**

$$H_4 = \frac{(A - B_1)}{2} \tan(\phi_1)$$

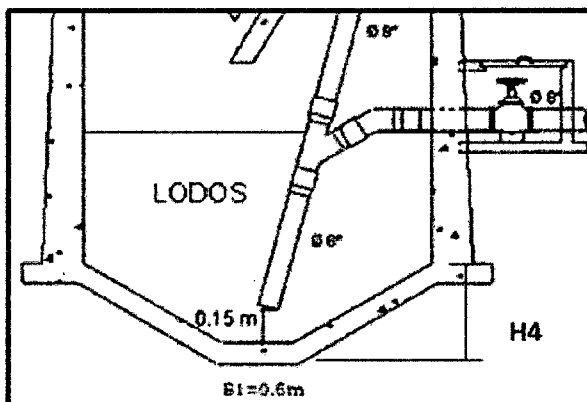


Figura N° 24. Esquema – fondo del digestor del tanque Imhoff

$$H_4 = \frac{(5.70 \text{ m} - 0.60 \text{ m})}{2} \tan(15^\circ)$$

$$H_4 = 0.70 \text{ m}$$

**** Altura Total de Tanque Imhoff (H)**

$$H = H_o + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + bl$$

$$H_{\text{total}} = 8.40 \text{ m}$$

**** Tiempo requerido para digestión de lodos**

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleara la siguiente tabla:

Cuadro N° 50: El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura

EMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTION (DIAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

**** Frecuencia del retiro de lodos**

- ✓ Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la tabla 42.
- ✓ La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempos referenciales, considerando que existira una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos; estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

B.1.2.4 EXTRACCIÓN DE LODOS

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

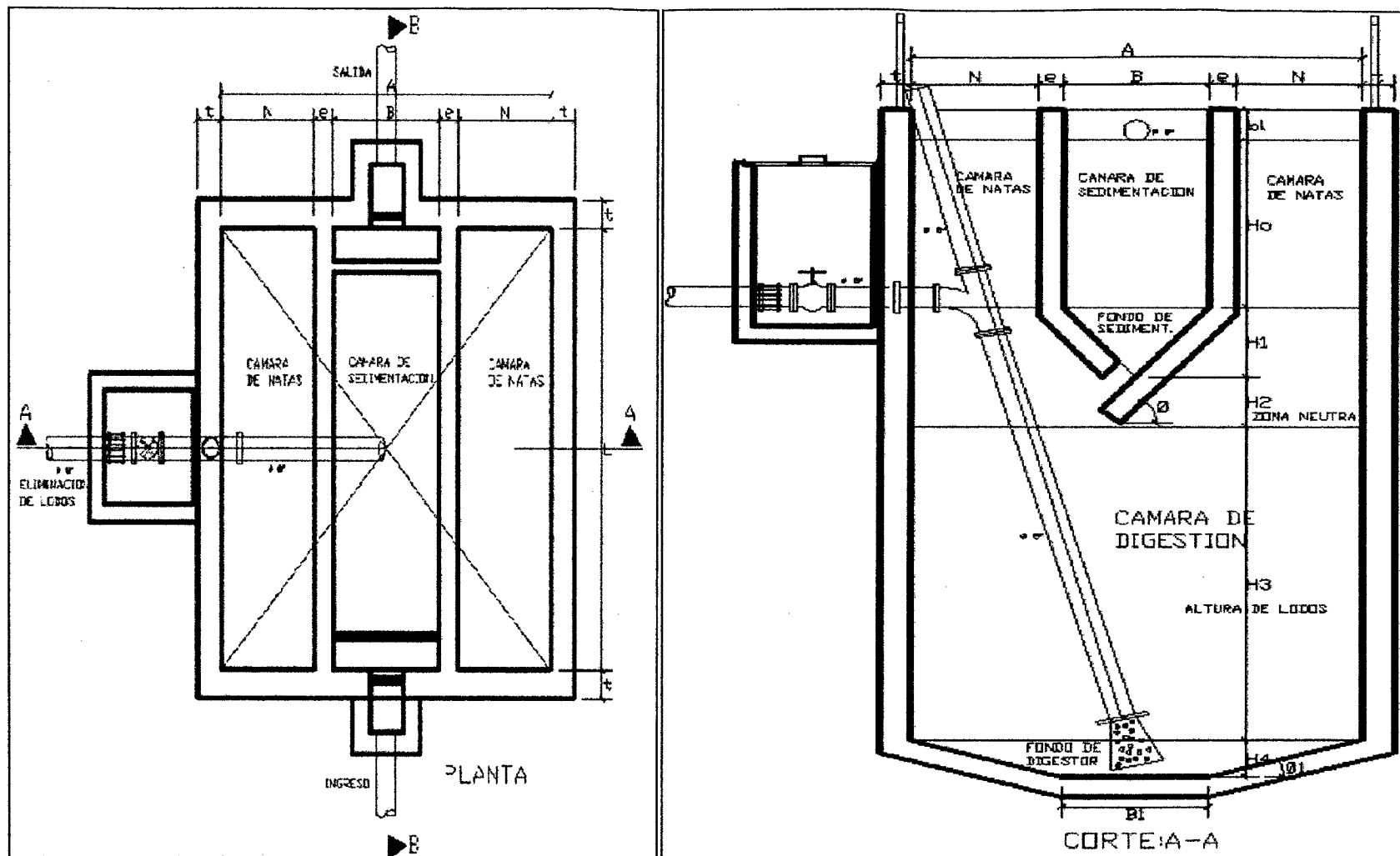


Figura N° 25. Forma geométrica del Tanque Imhoff

B.1.2.5 CÁLCULO DE LAS TASAS DE REMOCIÓN DE DBO Y SST A CAUDALES MEDIO Y MÁXIMO.

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Cuadro N° 51: Las constantes de a y b para el Cálculo de remoción de DBO y SST

Variable	a,h	b
DBO	0.018	0.02
SST	0.0075	0.014

Fuente: Melgar, Fuentes, Pineda. Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales (2011)

**** Calculando la remoción de la DBO**

$$R = \frac{2}{0.018 + 0.02(2)}$$

$$R = 34.50 \%$$

**** Calculando la remoción de la SST**

$$R = \frac{2}{0.0075 + 0.014(2)}$$

$$R = 56.34 \%$$

Cuadro N° 52: Resumen de las dimensiones de Tanque Imhoff

resumen	ancho	largo	altura
sedimentador	1.70	10.20	3.30
tanque	5.70	10.20	8.40

Fuente: Elaboración propia

C. DISEÑO DE LECHO DE SECADO

**** Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C), en Kg de SS/día**

$$C = 0.0864Q.SS$$

$$C = 0.0864 * 4.55m / seg * 1150.12mg / lt$$

$$C = 452.14 \text{ Kg de SST/día}$$

**** Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd), en Kg SS/día**

$$M_{sd} = (0.175 * C) + (0.15 * C)$$

$$M_{sd} = (0.175 * 452.14 \text{ Kg.sst/ día}) + (0.15 * 452.14 \text{ Kg.sst / día})$$

$$Msd = 146.94 \text{ Kg de sst/día}$$

**** Volumen diario de lodos digeridos (Vld), en litros/día**

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} (\% \text{desolidos} / 100)}$$

$$V_{ld} = \frac{146.94 \text{ Kg.sst / día}}{1.04 \text{ Kg / lt} * (10 / 100)}$$

$$Vld = 1412.92 \text{ lts/día}$$

**** Volumen de lodos a extraerse del tanque**

Cuadro N° 53: El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTION (DIAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

$$V_{el} = \frac{V_{ld} T_d}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{1412.92 \text{ Kg / día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 77.71 \text{ m}^3$$

**** Área del lecho de secado (Als), en m2**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Dónde:

Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m, asumiendo 0.40m, según OPS/CEPIS

$$A_{ls} = \frac{77.71m^3}{0.40m}$$

$$A_{ls} = 194.28 \text{ m}^2$$

**** Dimensiones del lecho de secado (largo), en m**

$$Area = Ancho * Largo$$

$$Largo = \frac{A_{ls}}{ancho}$$

$$Largo = \frac{194.28m^2}{13m}$$

$$Largo = 14.94 \text{ m}$$

$$Ancho = 13 \text{ m}$$

$$Alto = 1.00 \text{ m} \sim 1.20 \text{ m}$$

Nota: Según OPS/CEPIS

- ✓ El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3.0 a 6.0 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

Cuadro N° 54: Resumen de las dimensiones de lecho de secado

resumen	ancho (m)	largo (m)	altura (m)
Lecho de Secado	13.00	14.94	1.20

Fuente: Elaboración propia

D. TRATAMIENTO SECUNDARIO

D.1 HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL

D.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

- Periodo de diseño: 20años
- Temperatura del agua: 17°C asumir época más fría
- Población futura: 3252hab.
- Caudal de ingreso (m3/día)

Cuadro N° 55: Gasto de agua residual por el método directo

GASTO TOTAL = (Q _{max} + Q _{lluvia}), m3/dia	
Caudal máximo (Q _{max})	978.852
Caudal medio (Q _m)	393.492

Fuente: Elaboración propia

CONSIDERACIONES:

- Como caudal se recomienda tomar el medio diario para asegurarse de que el sistema funcione correctamente.
- se considera que el DBO5 en el Tanque Imhoff, ésta se redujo en un 35%, e considera para obtener un efluente con concentración menor o igual al 15 mg/L para cumplir con los parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto, según los Estándares de calidad ambiental (ECA).

La conductividad hidráulica y la porosidad se adoptan a partir del siguiente cuadro.

Cuadro N° 56: La conductividad hidráulica y la porosidad

TIPO DE SUSTRATO	DIAMETRO EFECTIVO D10 (mm)	POROSIDAD n (%)	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA Ks (m3/m2.día)
Arena gruesa graduada	2	32	1,000
Arena gravosa	8	35	5,000
Grava fina	16	38	7,500
Grava media	32	40	10,000
Piedra gruesa	128	45	100,000

Fuente: García y Corzo - Depuración con humedales construidos

García y Corzo (2008) La profundidad del sustrato típico es de 0.4m a 1.00 m. entre más profundo se encuentre el sustrato, mayor será la carga que el sistema puede procesar, pero si el sustrato es demasiado profundo, las condiciones en el fondo llegan a ser anaerobicas y pueden resultar en la eliminación reducida del DBO y de nutrientes.

**** Caudal de ingreso: 393.492 m3/día**

**** DBO5 del afluente: 120.30 mg/L**

**** Eficiencia de remoción en cámara de rejillas y desarenador : 5%**

$$C_e = (1 - Ef_1) * DBO_5$$

Dónde:

Ce = DBO5 en el efluente (mg/l)

Ef: Eficiencia de remoción (%)

$$C_e = (1 - 0.05) * 120.30 \text{ mg} / \text{l}$$

$$C_e = 114.29 \text{ mg/l de DBO5}$$

**** Eficiencia de remoción en Tanque Imhoff : 35%**

$$C_e = (1 - 0.35) * 114.29 \text{ mg} / \text{l}$$

$$C_e = 74.29 \text{ mg/l}$$

**** DBO5 del afluente en el humedal (Co): 74.29 mg/l**

DBO5 requerida en el efluente (Ce): 15mg/l

Según estándares de calidad de agua (ECA)

** Temperatura del agua (T)	: 17°c
** Material de relleno	: arena gravosa
** Conductividad hidráulica (ks)	: 5000m3/(m2.día)
** Porosidad (n)	: 35%
** Pendiente del fondo del pantano (s)	:1.00%
** Profundidad del humedal (d)	: 1.00 m
** Borde libre (bl)	: 0.30m
** Especie acuática a usarse	: Totora/carrizo

D.1.2 DIMENSIONAMIENTO BIOLÓGICO E HIDRÁULICO HUMEDAL ARTIFICIAL

**** Cálculo del área transversal (At)**

$$At = \frac{Q}{(K_s * S)}$$

$$At = \frac{393.492m^3 / día/}{(5000m^3 / (m^2 . día) * 0.01)}$$

$$At = 7.87 m^2$$

**** Cálculo del ancho del pantano (w)**

$$w = \frac{At}{d}$$

$$w = \frac{7.87m^2}{1.00m}$$

$$W= 7.87 m$$

**** Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DBO5**

$$K_t = K_{20} * \left(1.06^{(T^0-20)}\right)$$

$$K_t = 1.1 \text{dia}^{-1} * \left(1.06^{(17-20)}\right)$$

$$K_t = 0.92 \text{día}^{-1}$$

**** Cálculo de tiempo de retención hidráulico (t):**

$$t = \frac{A_s * d * n}{Q(m^3 / \text{dia})}$$

$$t = \frac{1947 \text{ m}^2 * 1.00 \text{ m} * 0.35}{393.49 \text{ m}^3 / \text{dia}}$$

$$t = 1.73 \text{días}$$

- Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), el valor de retención Hidráulica es de 1 a 6 días en HA

**** Determinación de la longitud del humedal (l)**

$$L = \frac{A_s}{w}$$

$$L = \frac{1947 \text{ m}^2}{7.87 \text{ m}}$$

$$L = 247.46 \text{ m}$$

D.1.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS TÍPICOS DE DISEÑO PARA HUMEDALES

**** Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso (As)**

Según: Delgadillo, Camacho y Pérez (2010), depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.

$$A_s = \frac{Q * LN\left(\frac{C_0}{C_e}\right)}{K_t * d * n}$$

$$A_s = \frac{393.49 \text{ m}^3 / \text{dia} * LN\left(\frac{74.29 \text{ mg} / \text{l}}{15 \text{ mg} / \text{l}}\right)}{0.9236 \text{ dia}^{-1} * 1.00 \text{ m} * 0.35 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{dia})}$$

$$A_s = 1947 \text{ m}^2$$

**** Cálculo de la carga hidráulica aplicada (Qh)**

$$Qh = \frac{Q}{A_s}$$

$$Qh = \frac{393.492 \text{ m}^3 / \text{dia}}{1947 \text{ m}^2}$$

$$Qh = 0.20 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$$

$$Qh = 20 \text{ cm} / \text{día}$$

- Rosa Miglio - UNALM (2008), señala el valor de Qh está en (3 - 20 cm/día)

Nota: No hay una norma nacional para poder evaluar los parámetros de diseño, lo cual se evaluará según la bibliografía citada:

**** Cálculo del área o superficie específica (Se)**

$$Se = \frac{1}{Qh}$$

$$Se = \frac{1}{0.20m^3 / (m^2 \cdot dia)}$$

$$Se = 5.00 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot \text{día}$$

- Según: Arias y Brix (2003), el valor de " Se" oscila entre 5 y 20 m²/m³/día

**** Cálculo de la carga orgánica aplicada (C)**

$$C = \frac{Q * \left(\frac{Co - Ce}{1000} \right)}{As}$$

$$C = \frac{393.492 \text{ m}^3 / \text{día} * \left(\frac{74.29 \text{ mg} / \text{l} - 15 \text{ mg} / \text{l}}{1000} \right)}{0.1947 \text{ has}}$$

$$C = 119.79 \text{ kg DBO} / (\text{Ha. Día})$$

- Según: Arias y Brix (2003), el valor de C no debe superar los 150 kg DBO/(Ha.día)

D.1.4 ADOPTANDO LAS DIMENSIONES DE ACUERDO A LA BIBLIOGRAFÍA

Conociendo los valores de largo y ancho podemos deducir la relacion que existe entre estos valores resultantes

$$L:W = \frac{L}{W}$$

Donde:

L: longitud del Humedal (m)

W: ancho del Humedal(m)

$$L:W = \frac{247.46m}{7.87m}$$

$$L:W = 31:1$$

- ✓ Esta relacion no es aceptable dentro de los rangos establecidos (2:1 - 7:1), Según: Delgadillo, Camacho y Pérez (2010), depuracion de aguas residuales por medio de humedales artificiales.
- ✓ Una de las ventajas que presentan los sistemas de humedales es que se pueden ajustar a las necesidades del sitio en donde se implementan. Tomando como base la amplia gama de relaciones largo-ancho que se nos presentan.
- ✓ Ahora se realiza el cálculo de los valores de largo, ancho y área transversal para una celda con una relación L:W de 2:1 (recomendado para humedales con profundidad de 1.00 m).

$$L = 2W \quad \sim \quad w = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

$$w = \sqrt{\frac{1947m^2}{2}}$$

$$W = 31.20 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$L = 2(31)$$

$$L = 62.41 \text{ m}$$

**** Cálculo de área transversal (At)**

$$A_t = w * d$$

Dónde:

w: ancho del humedal (m)

d: profundidad del humedal (1.00m)

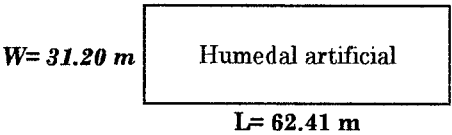
$A_t = 31.20 \text{ m (1.00 m)}$

$A_t = 31.20 \text{ m}^2$

Cuadro N° 57: Dimensiones adoptadas para el diseño

RELACION L:W	CELDAS (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	AREA TRANSVER. (m ²)
2:1	1	62.41	31.20	1.00	31.20

Fuente: Elaboración propia



w celda	31.20	m
L celda	62.41	m
H celda	1.00	m
N° celdas	1.00	
s	1.0%	

➤ **DIMENSIONES CON EL TALUD (Z = 2:1)**

profundidad(d) = 1.00 m

Borde libre (Bl) = 0.30 m

- Dimensiones adoptadas del Humedal:**

Largo (L) = 62.41 m

Ancho (W) = 31.20 m

- Dimensiones del Fondo del Humedal Artificial:**

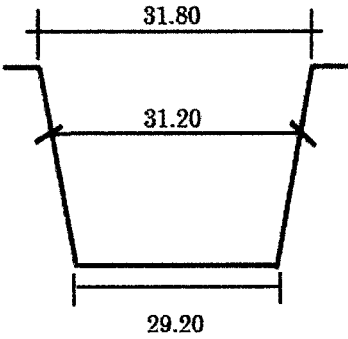
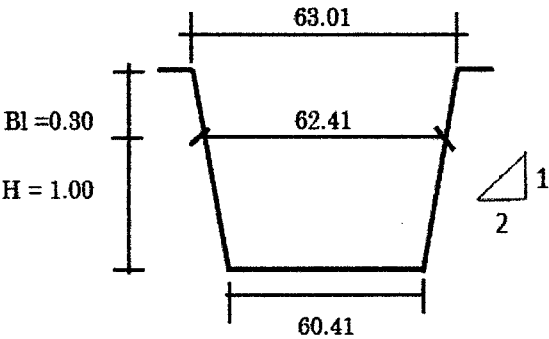
Largo (Lf) = 60.41 m

Ancho (Wf) = 29.20 m

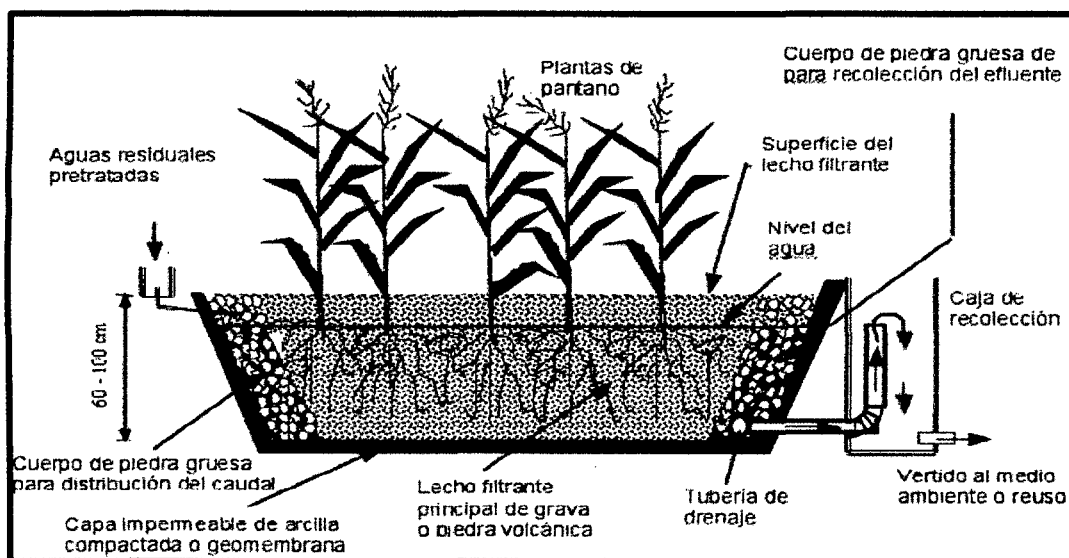
- Dimensiones parte superior del Humedal Artificial (plataforma) incluido borde libre:**

Largo (Lp) = 63.01m

Ancho (Wp) = 31.80m



**** Esquema de la sección transversal que muestra un humedal artificial de flujo horizontal**



Fuente: Gauss, Martin. Cáceres, Vidal y Fong, Néstor, 2006

D.1.5 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA OXÍGENO EN HUMEDALES ARTIFICIALES

- Según: J.LARA (1999), depuración de aguas residuales mediante HA

Carga de DBO5 efluente (Ce)

$$C_e = C_o * e^{(-K_t * T_{ret. hidraulica})}$$

$$C_e = 74.29 \text{ mg/l} * 2.718281^{(-0.92 \text{ dia}^{-1} * 1.73 \text{ dias})}$$

$$C_e = 14.86 \text{ mg/l. de DBO5}$$

Eficiencia de remoción de Humedal artificial (Ef)

$$R_{em. DBO5} = \frac{(C_{0. afluyente} - C_{e. efluente})}{C_{0. afluyente}} * 100$$

$$R_{em. DBO5} = \frac{(74.29 \text{ mg/l} - 15 \text{ mg/l})}{74.29 \text{ mg/l}} * 100$$

$$R_{rem. DBO5} = 80\%$$

- ✓ Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), el valor de remoción de DBO5 debe ser 80 - 98% de eficiencia en HA

D.1.6 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) EN HUMEDALES ARTIFICIALES

Según: Zambrano y Saltos Arteaga (2008), Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales, eficiencia de remoción en SST será un promedio de 90%.

$$C_e = C_o(0.1139 + 0.00213CH)$$

Dónde:

Ce :SST en el efluente (mg/l)

Co :SST en el afluente (Co=426.82 mg/l)

CH : carga hidráulica. (CH=12.59cm/día)

$$C_e = 426.82mg / l(0.1139 + 0.00213 * 20cm / dia)$$

$$Ce=66.80mg/l$$

NOTA:

De acuerdo al análisis de laboratorio el SST es 1150.12mg/lt, el 15% (977.602mg/l) de remoción pasa por el pre tratamiento y 56.34% (426.82mg/l) de remoción pasa por el tratamiento primario (tanque Imhoff).

Remoción SST en Humedal artificial es:

$$R_{em.SST} = \frac{(C_{0.afluente} - C_{e.efluente})}{C_{0.afluente}} * 100$$

$$R_{em.SST} = \frac{(426.82 mg / l - 66.80mg / l)}{426.82mg / l} * 100$$

$$Rem.SST = 84.35 \%$$

- ✓ Según: Miglio, Rosa UNALM (2008), el valor de remoción debe ser 80 - 90% de eficiencia en HA.

D.1.7 EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN HUMEDALES ARTIFICIALES

- ✓ Capacidad de remoción BCF del Tanque Imhoff es de 60% según CEPIS
- ✓ RNE considera remoción de BCF de 0 - 90% en Sedimentadores
- ✓ Según Saúl A. Chuchón Martínez y Carlos A. Aybar Escobar en la investigación realizada: sobre la *EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES (BCF) Y DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "LA TOTORA", AYACUCHO, PERÚ (2005)*. Se ha determinado que la capacidad de remoción de BCF en los Tanques Imhoff está en el rango de 63.75 a 98.25% con un promedio de 85%.

Por tanto en caso de este estudio se considera el promedio de eficiencias de remoción determinadas en la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá - Ayacucho, siendo un buen indicador por presentar cercanía y condiciones climáticas similares a la zona del proyecto. La remoción de BCF en el tratamiento primario del Tanque Imhoff proyectado se considera en 85%

- Coliformes a la entrada del Tanque Imhoff
2.74E+06 NMP/100ml
- Eficiencia de remoción de BCF en Tanque Imhoff se asumirá: (85%)
$$C_e = C_o * (1 - Ef)$$

Dónde:

Ce: coliformes a la salida del tanque imhoff (NMP/100 ml)

Co: coliformes a la entrada del tanque Imhoff (NMP/100 ml)

Ef: Eficiencia de remoción de BCF en Tanque Imhoff (%)

$$C_e = 2.74E + 06 \text{ NMP} / 100\text{ml} * (1 - 0.85)$$

$$N = 4.11E + 05 \text{ NMP} / 100\text{ml}$$

➤ **Coliformes a la entrada del humedal artificial:**

$$N = 4.11E + 05 \text{ NMP} / 100\text{ml}$$

D.1.7.1 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN HUMEDALES ARTIFICIALES

Según Martin Gauss y Vidal Cáceres, OPS (Organización Panamericana de la Salud, 2005), la remoción de coliformes fecales es del orden de 2.5 - 3 unidades logarítmicas. Significa que la remoción de coliformes fecales es en orden de 99.9%.

Cuadro N° 58: Eficiencia de sistemas humedal en la remoción de contaminantes (reducción de contaminantes)

	SISTEMA COMPLETO	HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL
DQO	90-95%	80-90%
DBO5	95-98%	90-95%
SS	>=90%	80-90%
Nt*	35%	35%
Pt	10-20%	10-20%
Coli.faec	2.5-3 un.log.	2-2.5 un. log.

FUENTE: GAUSS, Martin y CÁ CERES Vidal - OPS - Organización Panamericana de la Salud, 2005

❖ **Eficiencia de remoción de BCF en Laguna artificial según M. Gauss y Vidal Cáceres.**

Ef. = 99.90%

❖ **Coliformes a la salida del humedal artificial.**

$$C_e = C_o * (1 - Ef)$$

Dónde:

Ce: coliformes a la salida del tanque imhoff (NMP/100 ml)

Co: coliformes a la entrada del tanque Imhoff (NMP/100 ml)

Ef: Eficiencia de remoción de BCF en Tanque Imhoff (%)

$$C_e = 411000NMP / 100ml * (1 - 0.999)$$

N = 411 NMP/100ml

** De acuerdo al grado de remoción y eficiencia de cada fase de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales consideraremos el afluente como la descarga de aguas servidas y efluente el resultado final, para el reúso de estas aguas en las áreas verdes.

Cuadro N° 59: Grado de Remoción de cada Fase de Tratamiento

PARAMETROS	GASTO CAUDAL (AFLUENTE)	TRATAMIENTO PRELIMINAR	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	GASTO CAUDAL EN EL (EFLUENTE)	POSIBLE DE REUSO
		CAMARA DE REJAS	TANQUE IMHOFF	HUMEDAL ARTIFICIAL		
		DESARENADOR				
DBO (mg/l)	120.30	5%	35%	80%	14.86	OK
		114.29	74.29	14.86		
SST(mg/l)	1150.12	15%	56.34%	84.35%	66.80	OK
		977.60	426.82	66.80		
CF(NMP/100ml)	2.74E+06	—	85%	99.90%	411.00	OK
			4.11E+05	411.00		

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la comparación de estos resultados con respecto a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA), categoría III riego de vegetales de tallos altos y bajos, se tiene en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 60: Cuadro comparativo entre LMP, análisis de laboratorio y resultado de sistema de planta de tratamiento efluente

PARAMETROS	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (LMP)	ANALISIS DE LABORATORIO	RESULTADO FINAL DE ACUERDO A SU EFICIENCIA DE LA PTAR.
DBO	mg/L	15	120.30	14.86
SST	mg/L	150	1150.12	66.80
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	1000	2.74E+06	411.00

Fuente: Elaboración Propia – Decreto Supremo N° 002 – 2008 – MINAM

En el cuadro anterior, se observa que los efluentes están por debajo de los Límites Máximo Permisible, por tanto es admisible para el uso de riego de las áreas verdes.

MATERIALES A UTILIZAR

El material de impermeabilización

- Se utilizará geomembrana PVC e = 1.5mm, para la impermeabilización del fondo y revestimiento del Humedal artificial.

El material de relleno

- Cuerpo de piedra gruesa para distribución del caudal (entrada) y recolección (salida) de 50 a 100 mm de diámetro.
- Lecho filtrante principal de grava o piedra volcánica, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 15 a 30 mm de diámetro.

Especie acuática

- Especie acuática a usarse es la totora, la misma que se adopta a la zona y contribuirá en el aporte de oxígeno y tratamiento de nutrientes como el Nitrógeno y otros y además tendrá una eficiencia de depuración en metales pesados de 85% y en coliformes y bacterias de 99.90%
- La especie mencionada son plantas de climas templadas que prosperan en posiciones soleadas, tolerando un amplio rango de pH (4 a 9). La temperatura media óptima para su desarrollo está dentro del intervalo de 16°C a 27°C.

4.2 DISCUSIÓN

1. La medición del caudal se realizó en el mes de setiembre de 02 al 07 del 2014, en el colector buzón N°24 desde las 01:00 am hasta el día siguiente 01:00 am, es decir durante 24 horas por 4 días consecutivos: martes, jueves, sábado y domingo.

Según los datos obtenidos en la medición se puede observar, que la variación del caudal a lo largo del día en día es mínimo, dando como resultado un caudal promedio de 4.55 lts/seg., para una semana monitoreo en días intercalados donde el caudal varía tan solo de 0.31 lts/seg., hasta 0.87 lts/seg., cuyo promedio es 0.45 lts /seg., de diferencia a lo largo de los días, por lo cual no fue necesario realizar aforos adicionales.

2. En ésta tesis de investigación se ha determinado los gastos pluviales en función de la precipitación de la zona del estudio. Este caudal ha sido agregado al caudal aforado, obteniendo un caudal total de diseño. Sin embargo de acuerdo a la normatividad peruana como el Reglamento Nacional de Edificaciones, redes de agua residuales (OS - 070) en donde indica, que el diseño de los redes de alcantarillado se diseña sin considerar el agua Pluvial, ya que el gasto Pluvial tiene un tratamiento propio y las normas propias como drenaje pluvial urbano

(OS – 060).

La población desconoce el uso adecuado de las redes de alcantarillado y el agua pluvial, por la cual, el caudal pluvial es conducido por algunos ciudadanos a los redes de alcantarillado, por ésta razón en este trabajo de investigación se incluye el caudal mencionado para el diseño de la propuesta de sistema humedal artificial.

3. Los dimensionamientos de las unidades físicas del sistema de planta de tratamiento para aguas residuales como, tratamiento preliminares y tratamiento primario, se diseñó en función de las normas peruanas como Reglamento Nacional de Edificaciones – DS N° 011-2006-VIVIENDA (OS – 090 – Planta de tratamiento de aguas residuales) y recomendados por OPS (Organización Panamericana de Salud). No hay norma nacional para evaluar los parámetros de diseño de humedal artificial por el cual se ha diseñado en función de las recomendaciones de la bibliografía y manuales de diseño revisados.
4. Los contaminantes de aguas residuales en el efluente, como resultado se ha obtenido en DBO de 14.86mg/lit, en SST de 66.80mg/lit y en coliformes fecales de 411.00NMP/100ml, estos resultados se ha evaluado en función de las normas nacionales - D.S. N° 002 – 2008 – MINAM (límites máximos permisibles). Sin embargo, la norma indica que los LPM en DBO es 15mg/lit, en SST es de 150mg/lit y en coliformes fecales es de 1000NMP/100ml, lo cual se ha corroborado con el resultado y LMP llegando a la aceptación de estos resultados según la norma nacional.
5. Los valores obtenidos en la evaluación de eficiencia de remoción en el sistema de humedal artificial son estimaciones realizadas en función de que el proyecto es una propuesta de diseño. Sin embargo, estos datos pueden ser utilizados en futuros proyectos como valores comparativos o de referencia.

V.- CONCLUSIONES

1. Se ha propuesto un sistema de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria (UNSCH) y así reforzar el compromiso que ésta institución tiene hacia el medio ambiente y la sociedad.
2. Se ha determinado el volumen de agua residual generado por los Asentamientos Humanos de Señor de Huertos y Pampa Hermosa por el métodos de medición directa, lo cual como resultado se obtiene: caudal máximo diario de 978.852 m³/día y caudal medio diario 393.492m³/día.
3. También se ha determinado los parámetros físico químico y microbiológico del agua residual en el laboratorio especializado, los resultados se adjunta en el anexo N° 04. Los contaminantes de aguas residuales en el efluente, como resultado se ha obtenido en DBO de 14.86mg/lts., en SST de 66.80mg/lts. y en CF de 411.00NMP/100ml., estos resultados se ha evaluado en función de las normas nacionales - D.S. N° 002 – 2008 – MINAM (límites máximos permisibles) sin embargo, la norma indica que los LPM en DBO es 15mg/lts., en SST es de 150mg/lts. y en coliformes fecales es de 1000NMP/100ml., lo cual se ha corroborado con el resultado y LMP llegando a la aceptación de estos resultados según la norma nacional.
4. Se ha diseñado el sistema de humedal artificial de flujo horizontal para el tratamiento de aguas residuales, lo cual contiene tratamientos preliminares (cámara de rejas y desarenador), tratamiento primario

- (Tanque Imhoff), tratamiento secundario (Humedal Artificial) y un lecho de secado. Las dimensiones de cada componente del sistema de planta de tratamiento se adjunta en el anexo N°06.
5. El diseño se puntualiza en el cálculo hidráulico y biológico y no en un diseño estructural de la misma; debido a que, los estudios de mecánica de suelo son referenciales, adoptados del Proyecto: “Mejoramiento del servicio de educación universitaria en la escuela de formación profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga - Región Ayacucho, 2014” por la empresa “Estrada Ingenieros”, razón por lo cual, la parte de diseño estructural se presentará en los anexos en hojas de cálculos como complemento del diseño, ya que el presente tesis de investigación está en función de un proyecto como propuesta de diseño. Sin embargo, estos datos pueden ser utilizados en futuros proyectos como valores comparativos o de referencia. En base a los estudios realizados en la mecánica de suelos en el proyecto mencionado anteriormente, por la empresa “Estrada Ingenieros”, no existe la posible infiltración en el nivel freático, además en el diseño propuesto de humedal artificial se contará con la utilización de geomembrana.

VI.- RECOMENDACIONES

La implementación de un humedal artificial como sistema de tratamiento trae consigo múltiples beneficios. Sin embargo, para aprovechar su máximo potencial, se deben tomar en cuenta algunas consideraciones:

- Cuando se construye un humedal es necesario llevar un control para medir si éste está cumpliendo con los objetivos y para indicar su integridad biológica. Esta supervisión permite identificar los problemas temprano y así evitar problemas mayores en el futuro.
- Si el sistema opera con cargas altas es necesario que sea verificado por lo menos 3 veces por mes, en caso contrario con una vez al mes es suficiente.
- Es importante realizar una evaluación del sistema para verificar su funcionamiento. Algunos parámetros que se pueden medir son: la carga hidráulica, volúmenes de entrada y salida, y la variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida. Si los resultados no son satisfactorios se debe encontrar el problema y repararlo.
- Debe supervisarse la vegetación constantemente para evaluar su salud y abundancia. Para sistemas que operan con cargas bajas, la supervisión de la vegetación no necesita ser frecuente, a diferencia de los que reciben cargas altas que deben ser evaluados constantemente.

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, Carlos A. y Brix, Hans. (2003) - Humedales Artificiales para el tratamiento de aguas residuales. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Bogotá Colombia
- BACA NIGLEA (2012) Fidel M. - Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de san juan de Marcona – Callao Perú.
- COLLAZOS Carlos J. (2008) - Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales - Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Cátedra Internacional.
- CORTINA DOMÍNGUEZ, Carlos F. y MÁRQUEZ ORTIZ, Ricardo (2008) Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria Textil. Tesis (Ingeniero Civil). México, D.F: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, (2008).
- CHUCHÓN MARTÍNEZ, Saúl A. y AYBAR ESCOBAR, Carlos A. (2005) - evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales (BCF) y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales “la Totorá”, Ayacucho, Perú.
- DELGADILLO, Óscar. CAMACHO, Alan. PÉREZ, Luis (2010) - Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, Cochabamba – Bolivia.
- D.S. N° 002-2008-MINAM - Aprueban los Estándares de Calidad de Agua (ECA) Publicado el 31 de julio.

- D.S. N° 021-2009-VIVIENDA - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Valores Máximos Admisibles (VMA).
- D.S. N° 003-2010-MINAM – Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR Publicado el 17 de marzo.
- Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales con fines de riego de las áreas verdes en la Ciudad Universitaria - UNSCH. Ayacucho (2013). Recuperado el 10 de Setiembre de 2014 de: <http://es.scribd.com/doc/223305077/Capitulo-v-Descripcion-Del-Proceso-de-Disenoo>.
- ESTRADA CÁRDENAS, Ernesto José Ing. Civil – MSc. Geotecnia (2014) – UNSCH. Estudio de mecánica de suelos. Recuperado el 06 de Noviembre de 2014 de <http://es.scribd.com/doc/240073329/01-Informe-Mecanica-de-Suelos-y-Cantera>.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Jesús (2013) - Fito depuración. Filtros de macrofitas en flotación - Catedrático de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Madrid.
- FUENTES TREMINIO, René Eduardo. MELGAR ROSA, Esther. PINEDA GÓMEZ, Adanil (2011) "Propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Jocoro, departamento de Morazán - Universidad de Oriente Facultad de Ingeniería y Arquitectura departamento de Ingeniería Civil.
- GARCÍA SERRANO, Joan y CORZO HERNÁNDEZ, Angélica (2008) - Depuración con humedales construidos "Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial", Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- GAUSS, Martin. CÁCERES, Vidal (2005) - Uso de la tecnología de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales Experiencia de Nicaragua – OPS (Organización Panamericana de la Salud) – Perú.
- GAUSS Martin. CÁCERES, Vidal. FONG, Néstor (2006) - WSP (wáter and sanitation program) –Programa de agua y saneamiento. Proyecto: Biofiltro Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades.

- LARA Jaime (1999) - Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. (Tesis de Maestría), Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Máster en ingeniería y gestión ambiental.
- LÓPEZ CUELLA, Ricardo A. (2004) - Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- MENA SANZ, Javier (2008) - Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: ventajas de los sistemas híbridos. En CONAMA - Congreso Nacional de Medio Ambiente, 9ª, Cumbre del desarrollo sostenible.
- MIGLIO, Rosa T. (2008) - Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales Universidad Nacional Agraria la Molina - Facultad de Ingeniería Agrícola.
- MERCADO G. Álvaro (2013) - Tratamiento preliminares - Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Reúso, Santa Cruz – Bolivia.
- OPS/CEPIS - Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización, Lima (2005).
- OSNAYA RUIZ, Maricarmen (2012) - Diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad de la Sierra Juárez - Oaxaca – México.
- ONU-HABITAT (2008) - Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Manual de humedales artificiales.
- RNE - Reglamento Nacional de Edificaciones (D.S. N° 011-2006 - Vivienda)
- SILVA, Ángela y ZAMORA, Hernán (2005) - Humedales artificiales - Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales - Facultad de Ingeniería y Arquitectura departamento de Ingeniería Química.
- ZAMORA ARROYO, Francisco y SANTIAGO Edith (2010) - Diseño de un humedal artificial para tratamiento del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Las Arenitas, Mexicali, Baja California.

- ZAMBRANO PÉREZ, Xavier y SALTOS ARTEAGA, Xavier (2008) - Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población san Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo horizontal". Guayaquil – Ecuador.

VIII.- ANEXOS

Anexo N° 01: Panel fotográfico

Anexo N° 02: Datos topográficos

Anexo N° 04: Análisis de agua residual

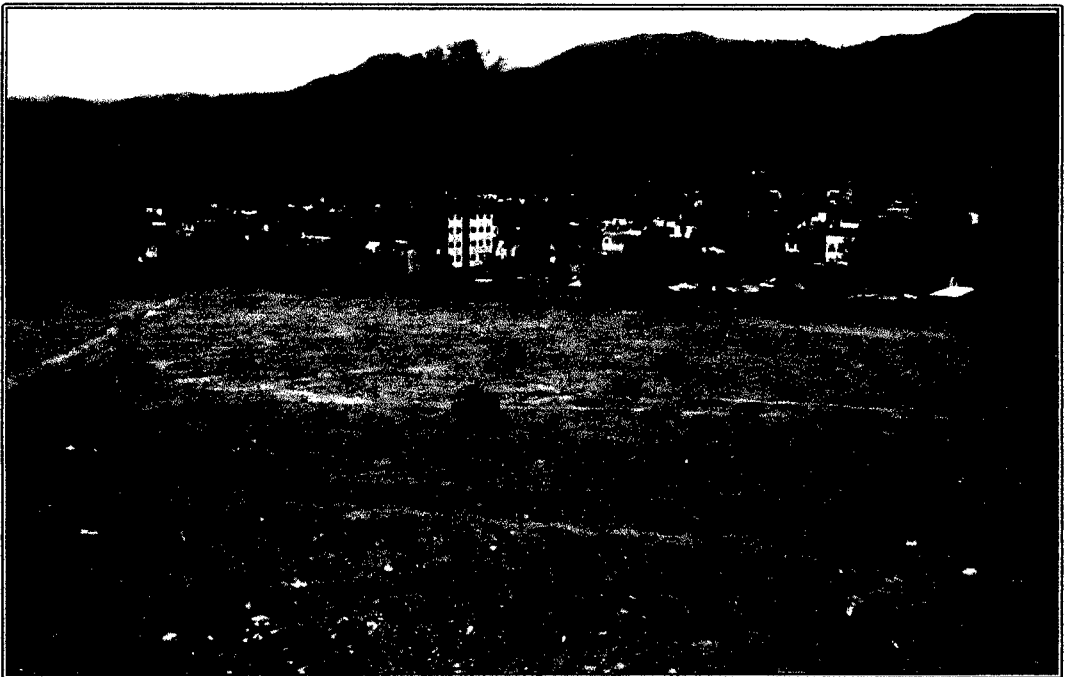
Anexo N° 05: Estudio de mecánica de suelo adoptado de la E.F.P – Ing. civil
–UNSCH – 2014

Anexo N° 03: Diseño estructural de tanque Imhooff, Cámara de rejillas y
desarenador

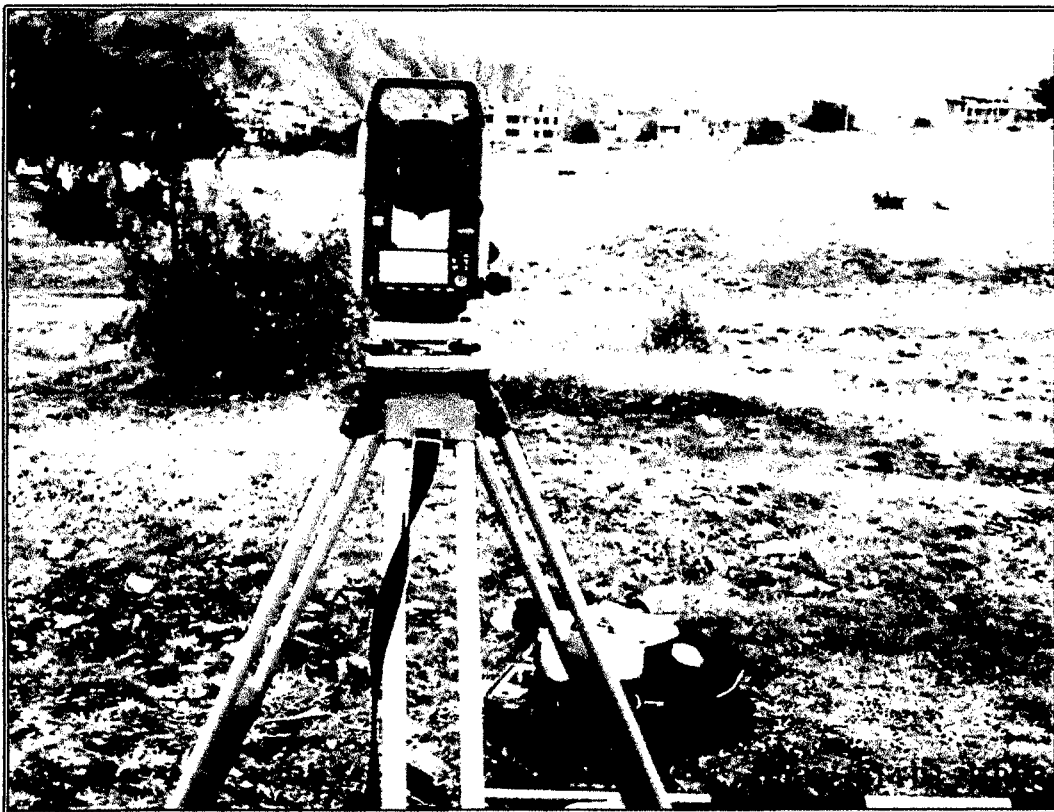
Anexo N° 06: Planos

ANEXO N° 01: PANEL FOTOGRÁFICO

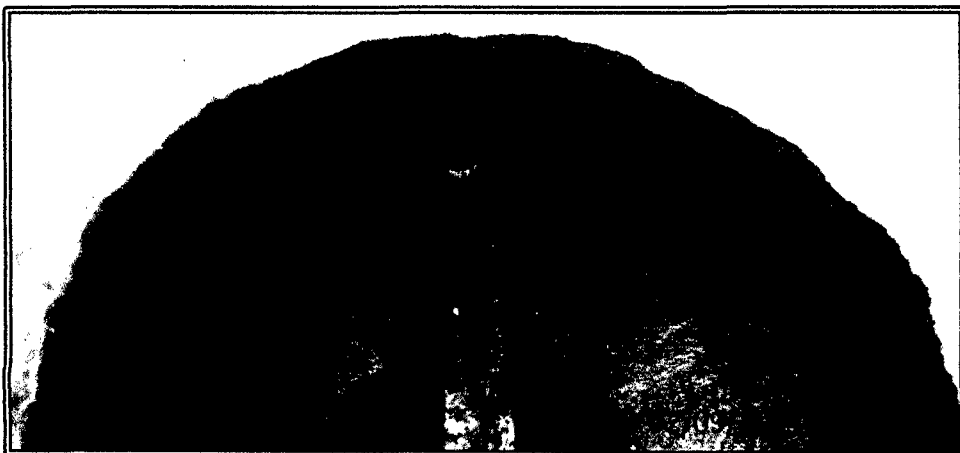
VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO



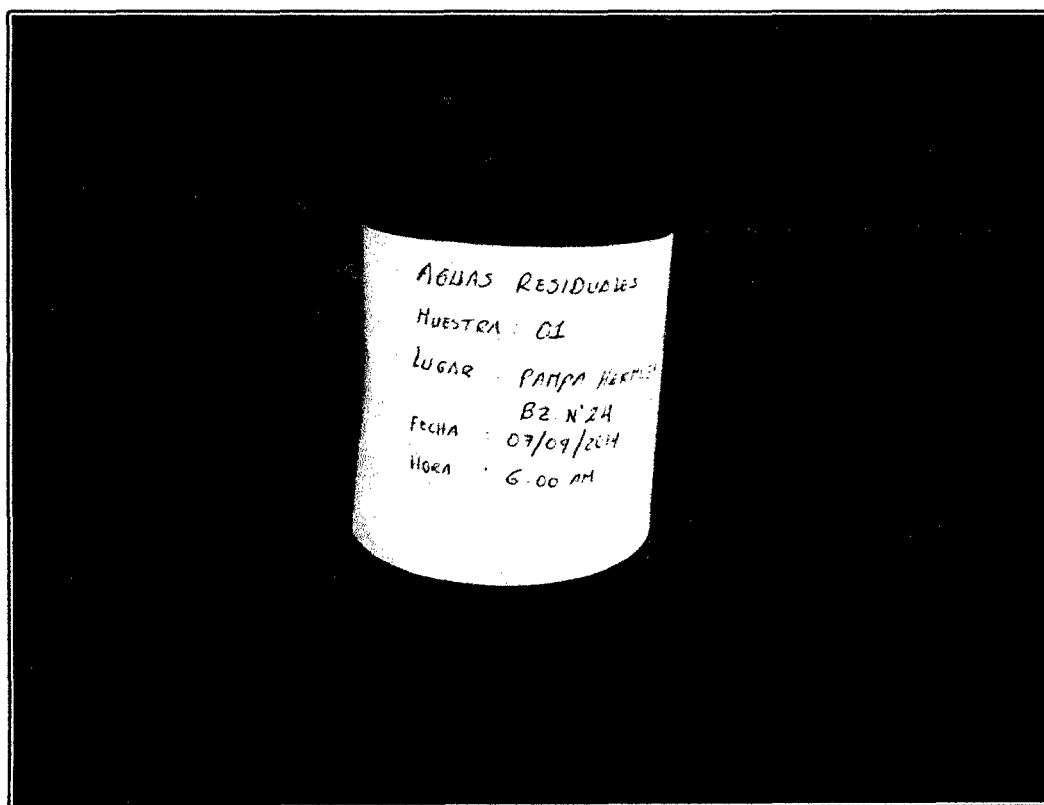
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

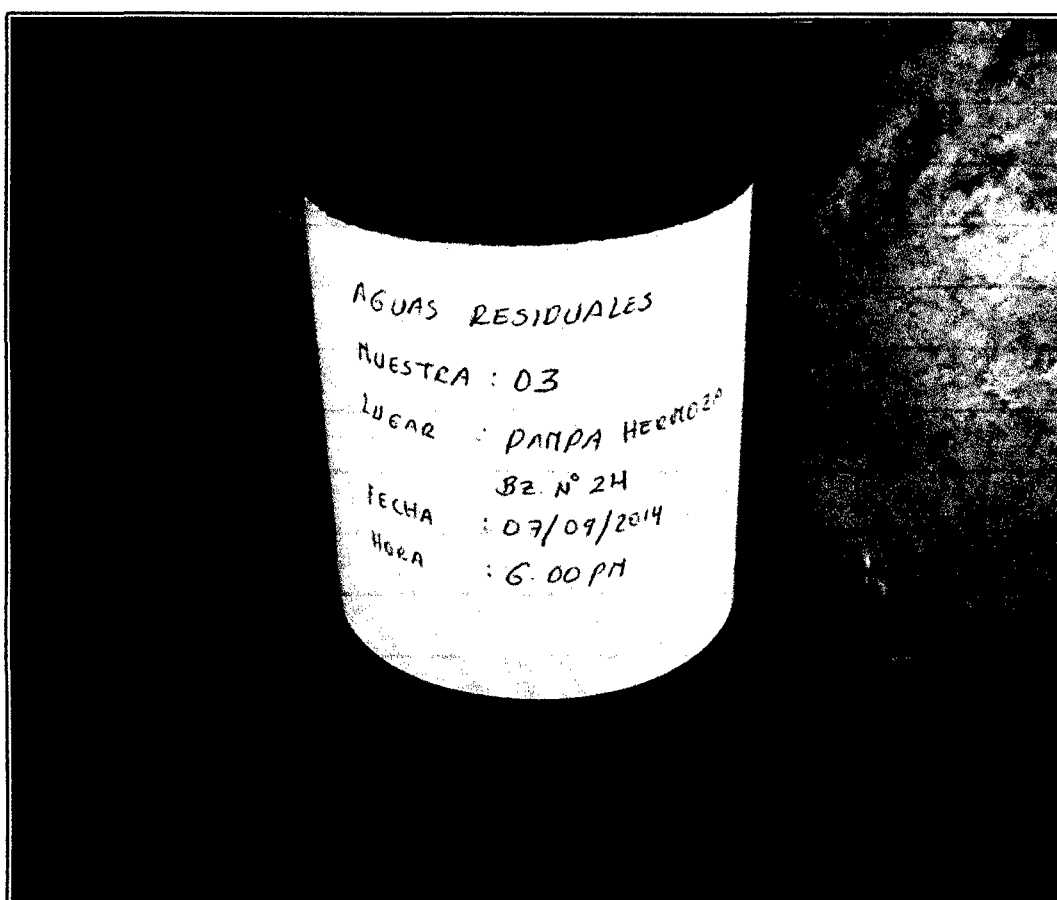
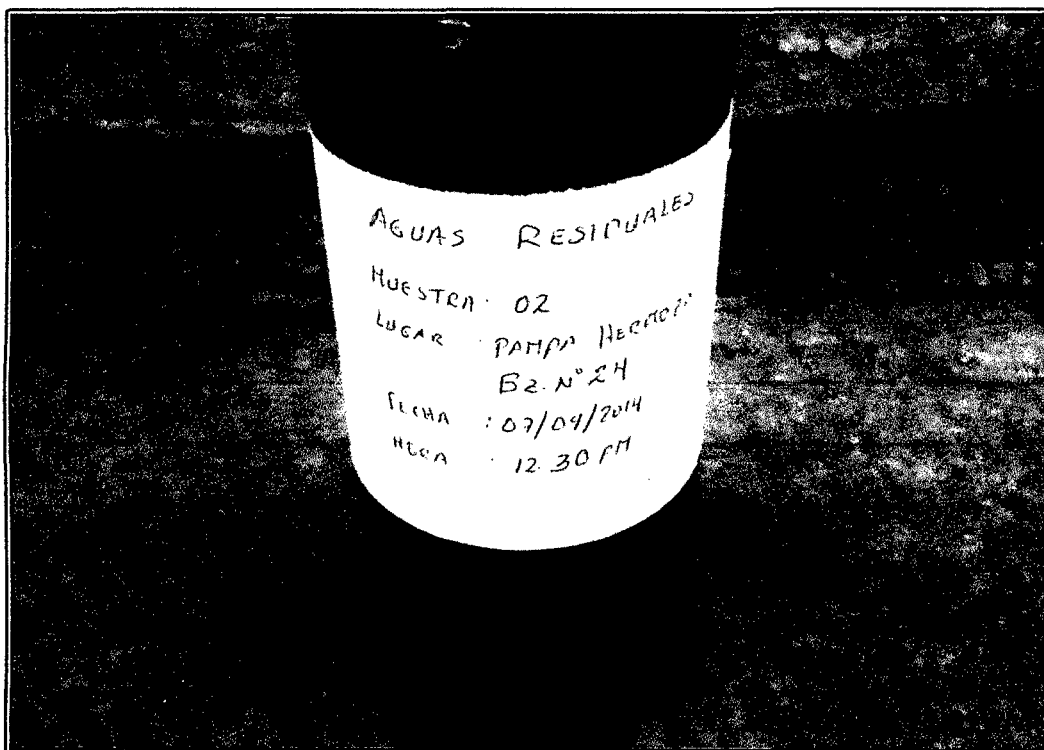


MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DEL CAUDAL



MUESTRAS PARA LABORATORIO DE AGUAS RESIDUALES





MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL FLUJO



ANEXO N° 02:
DATOS TOPOGRÁFICOS

PTOS	NORTE	ESTE	COTA
1	8547102	584055	2833
2	8547079	584056	2824
3	8547056	584092	2821
4	8547046	584106	2820
5	8547038	584121	2819
6	8547026	584133	2818
7	8546992	584167	2817
8	8546979	584150	2817
9	8546944	584093	2816
10	8546910	584033	2813
11	8546938	584026	2817
12	8546972	583979	2818
13	8547015	583954	2820
14	8547008	583922	2817
15	8547035	583906	2820
16	8547081	584040	2823
17	8547093	583999	2827
18	8547089	583941	2823
19	8547069	583882	2820
20	8546982	584185	2819
21	8546940	584207	2815
22	8546902	584200	2811
23	8546917	584231	2810
24	8546894	584178	2812
25	8546912	584152	2813
26	8546900	584119	2813
27	8546880	584083	2811
28	8546876	584038	2811
29	8547055	583822	2816
30	8547115	583870	2823
31	8547145	583897	2825
32	8547201	583949	2826
33	8546999	584070	2818
34	8546966	584020	2818
35	8546989	584009	2819
36	8547042	583992	2821

37	8547073	583906	2821
38	8547054	584064	2822
39	8547065	583953	2822
40	8547105	583910	2823
41	8547072	584041	2823
42	8546932	584065	2816
43	8546938	583970	2816
44	8546984	583926	2816
45	8546959	583969	2817
46	8546932	584126	2816
47	8546880	584174	2811
48	8546931	584095	2815
49	8546930	583968	2815
50	8546911	584072	2814
51	8546929	584152	2814
52	8546919	583998	2814
53	8546931	584205	2814
54	8546889	584207	2810
55	8546862	584150	2810
56	8546853	584055	2810
57	8546916	583968	2814
58	8546899	583971	2813
59	8546889	584066	2812
60	8546881	583988	2812
61	8546869	583998	2811
62	8546855	584005	2810
63	8546998	583888	2815
64	8546957	583917	2814
65	8546908	583942	2813
66	8546890	583957	2812
67	8546878	583976	2811
68	8546867	583982	2810
69	8547077	583994	2824
70	8546973	584085	2817

ANEXO N° 03:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUE
IMHOOFF, CAMARA DE REJAS Y
DESARENADOR

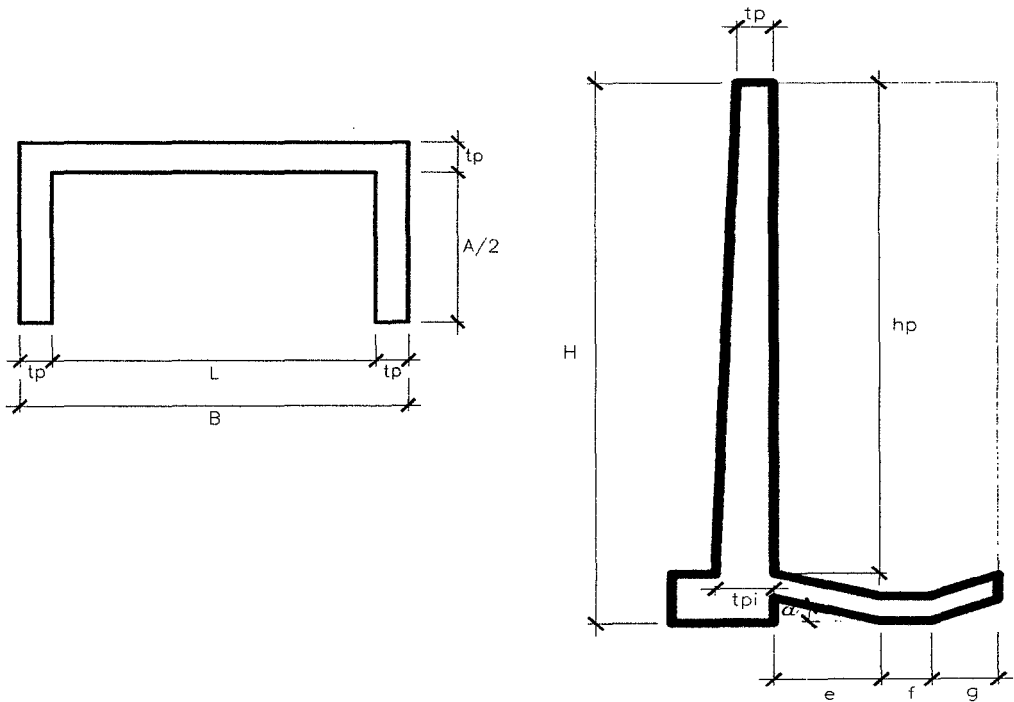
DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUE IMHOFF

A.- PREDIMENSIONAMIENTO

Altura de Tanque	H =	8.65 m.
Ancho de tanque	B =	11.80 m.
Espesor superior de Pantalla	tp =	0.25 m.
Espesor inferior de Pantalla	tpi =	0.40 m.
Altura de Pantalla	hp =	8.40 m.
Espesor del Contrafuerte	bc =	0.60 m.
Ancho libre del tanque	L =	5.70 m.
Espesor de losa de fondo	Z =	0.25 m.
Dimensiones de losa		
	e =	2.55 m
	f =	0.60 m
	g =	2.55 m
	α =	15.00 °

B.- CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZAR

CONCRETO		
Resistencia a la Compresión	f'c =	210.00 Kg / cm2
Modulo de Elasticidad	Ec =	2.1882E+05 Kg / cm2
Peso Específico	Wc =	2.40 Tn / m3
ACERO DE REFUERZO		
Resistencia al a Fluencia	fy =	4,200.00 Kg / cm2
Modulo de Elasticidad	Es =	2.1E+06 Kg / cm2
SUELO DE CIMENTACIÓN		
Peso Específico	Ws =	1.65 Tn / m3
Angulo de Fricción Interna	φ =	28 °
Capacidad Portante	στ =	2.98 Kg/cm2
MATERIAL DE RELLENO		
Peso Específico	Wr =	1.65 Tn / m3
Angulo de Fricción	φ r=	28 °



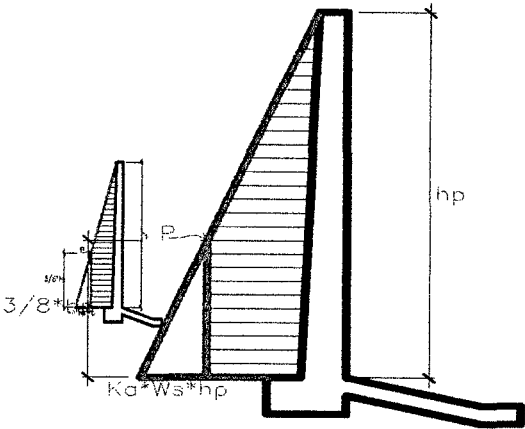
D DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE IMHOFF

$K_a = (\tan(45 - \phi/2)) = 0.3610$
 $K_a * W_s = 0.5957 \text{ tn/m}^3$

D.1 DISEÑO DE LA PANTALLA

D.1.1 Refuerzo Horizontal

$K_a * W_s * h_p = 5.004 \text{ tn/m}^2$
 $P = 3.127 \text{ tn/m}^2$



Momentos Actuales

Momento Negativo $M_{(-)} = 1/12 * P * L^2 = 8.468 \text{ ton.m}$
Momento Positivo $M_{(+)} = 1/16 * P * L^2 = 6.351 \text{ ton.m}$

Espesor "tp" a 3/8 de h_p = 34.36 cm
Recubrimiento (ree) = 7.50 cm
diámetro hacer 1/2" 1.27 cm

Peralte Efectivo $d = t_p - \text{ree} - \phi/2$
 $d = 26.23 \text{ cm}$

	Positivo	Negativo
Momento (kg-cm)	635,068	846,757.8
Peralte Efectivo:d (cm)	26.23	26.23
a1 (cm)	1.50	2.00
As1 (cm ²)	6.59	8.88
a2 (cm)	1.55	2.09
As2 (cm ²)	6.60	8.90
a3 (cm)	1.55	2.09
Acero As (cm ²)	6.60	8.90
Asmin (cm2)=0.0020*b*tp	5.00	5.00
Usar ϕ 1/2" @	0.20	0.15

Verificación de la Fuerza Cortante

Se verificara el cortante en la cara de los contrafuertes

$V_u = W_u \times L / 2$ $V_u = 14261.18 \text{ Kg}$

Cortante que aporta el concreto

$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = \phi V_c = 17120.64 \text{ Kg}$

$\phi V_c >> V_u$ **CORRECTO**

D.1.2 Refuerzo Vertical

Distribución de momentos

$M_1 = 0.03 \phi N^2 p \left(\frac{S'}{H} \right) \left(\frac{S'}{H} \right)$

$M_2 = \frac{M_1}{4}$

S' = L: Distancia entre contrafuertes.

H : Altura de la pantalla vertical.

$p = K_a \times W_s \times h_p = p = 5003.924 \text{ Kg/m}$
Momento actuante: $M_1 = 7187.64 \text{ Kg-m}$
 $M_2 = 1796.91 \text{ Kg-m}$
Momento último: $M_{u1} = 12218.98 \text{ Kg-m}$
 $M_{u2} = 3054.75 \text{ Kg-m}$

	Acero negativo	Acero positivo
Momento (Kg - cm)	1,221,898.21	305,474.55
Peralte Efectivo:d (cm)	26.23	26.23
a1 (cm)	2.00	2.00
As1 (cm ²)	12.81	3.20
a2 (cm)	3.02	0.75
As2 (cm ²)	13.08	3.13
a3 (cm)	3.08	0.74
Acero As (cm ²)	13.09	3.13
Asmin (cm2)=0.0015*b*tp	3.75	3.75
Usar ϕ 1/2" @	0.30	
Usar ϕ 1/2" @		0.20

Verificación de la Fuerza Cortante

$V_u = 1/2 \times W_u \times S' = 4,702.50 \text{ Kg}$

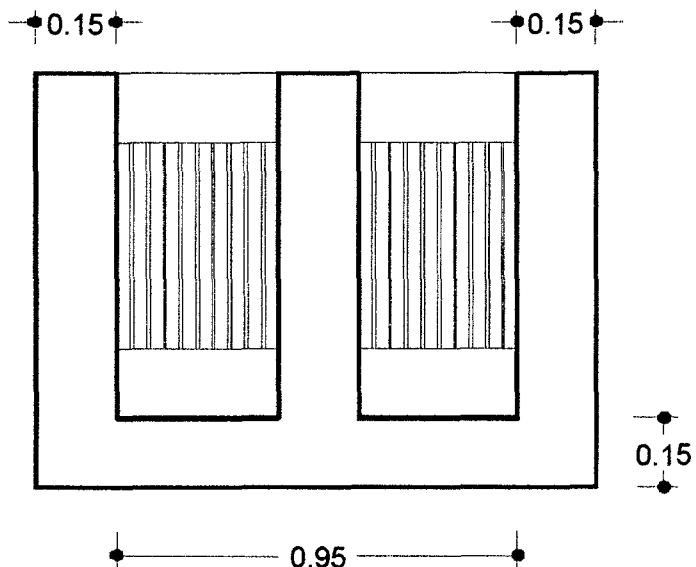
$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 17,120.64 \text{ Kg}$

$\phi V_c > V_u$ **CORRECTO**

Diseño Estructural del Camara de rejas

Ingreso de Datos

Altura del Agua (ha)	0.07	m
Ancho del Camara de rejas (b)	0.95	m
Predim. Espesor en Muro	0.15	m
Predim. Espesor en Losa Alta	0.00	m
Predim. Espesor en Losa Baja	0.15	m
Sobre Carga en la Losa Alta	0.00	Kg/m2
Resistencia del Acero (fy)	4,200.00	Kg/cm2
Resistencia del Concreto (f'c)	210.00	Kg/cm2
Peso Especifico del Concreto (Yc)	2,400.00	Kg/cm2
Peso Especifico del Agua (Ya)	1,000.00	Kg/cm2
Peso Especifico en Suelo (Ys)	1,650.00	Kg/cm2
Área de Acero en Muro Vertical	0.71	cm2
Área de Acero en Muro Horizontal	0.71	cm2
Área de Acero en Losa Alta	0.00	cm2
Área de Acero en Losa Baja	0.71	cm2



Salida de Información

Parametros de Diseño en Pared

Máximo Momento Absoluto	0.04	Kg-m
Espesor calculado	0.00	m
Espesor mínimo (e)	0.15	m
Área de Acero Vertical	0.00	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	2.25	cm2
Refuer. Vertical Espaciamiento (@)	0.32	m
Área de Acero Horizontal	0.00	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	2.25	cm2
Refuer. Horizontal Espaciamiento (@)	0.32	m

Parametros de Diseño en Losa Alta (Techo) No se Utiliza

Máximo Momento Absoluto	0.00	Kg-m
Espesor calculado	0.00	m
Espesor mínimo (e)	0.00	m
Área de Acero	0.00	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	0.00	cm2
Refuerzo Espaciamiento (@)	0.00	m

Parametros de Diseño en Losa Bja (Piso)

Máximo Momento Absoluto	1.07	Kg-m
Espesor calculado	0.01	m
Espesor mínimo (e)	0.15	m
Área de Acero	0.01	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	2.55	cm2
Refuerzo Espaciamiento (@)	0.28	m

Resumen Acero utilizado en muros

Refuer. Vertical Espaciamiento (@)	0.20	m
Refuer. Horizontal Espaciamiento (@)	0.20	m

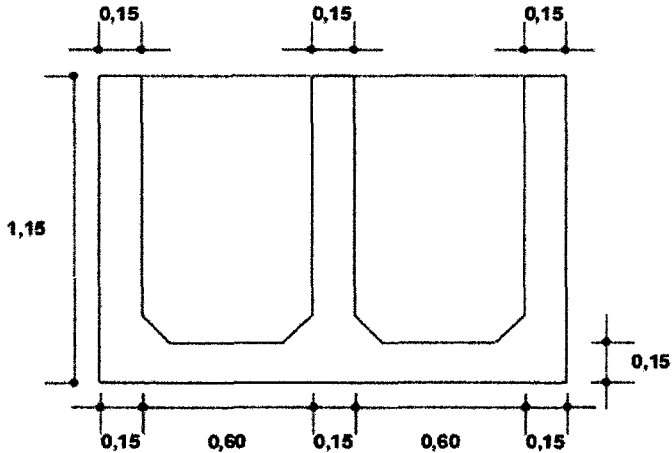
Resumen Acero utilizado en losa de fondo

Refuerzo Espaciamiento (@)	0.20	m
----------------------------	------	---

Diseño Estructural del Desarenador

Ingreso de Datos

Altura del Agua (ha)	0.77	m
Ancho del Desarenador (b)	1.65	m
Predim. Espesor en Muro	0.15	m
Predim. Espesor en Losa Alta	0.00	m
Predim. Espesor en Losa Baja	0.15	m
Sobre Carga en la Losa Alta	0.00	Kg/m2
Resistencia del Acero (fy)	4,200.00	Kg/cm2
Resistencia del Concreto (f'c)	210.00	Kg/cm2
Peso Específico del Concreto (Yc)	2,400.00	Kg/cm2
Peso Específico del Agua (Ya)	1,000.00	Kg/cm2
Peso Específico en Suelo (Ys)	1,650.00	Kg/cm2
Área de Acero en Muro Vertical	0.71	cm2
Área de Acero en Muro Horizontal	0.71	cm2
Área de Acero en Losa Alta	0.00	cm2
Área de Acero en Losa Baja	0.71	cm2



Salida de Información

Parametros de Diseño en Pared

Máximo Momento Absoluto	49.31	Kg-m
Espesor calculado	0.05	m
Espesor mínimo (e)	0.15	m
Área de Acero Vertical	0.86	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	2.25	cm2
Refuer. Vertical Espaciamiento (@)	0.32	m
Área de Acero Horizontal	0.59	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	2.25	cm2
Refuer. Horizontal Espaciamiento (@)	0.32	m

Parametros de Diseño en Losa Alta (Techo) No se Utiliza

Máximo Momento Absoluto	0.00	Kg-m
Espesor calculado	0.00	m
Espesor mínimo (e)	0.00	m
Área de Acero	0.00	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	0.00	cm2
Refuerzo Espaciamiento (@)	0.00	m

Parametros de Diseño en Losa Bja (Piso)

Máximo Momento Absoluto	8.48	Kg-m
Espesor calculado	0.02	m
Espesor mínimo (e)	0.15	m
Área de Acero	0.10	cm2
Área de Acero Mínimo (Asmin)	2.55	cm2
Refuerzo Espaciamiento (@)	0.28	m

Resumen Acero utilizado en muros

Refuer. Vertical Espaciamiento (@)	0.20	m
Refuer. Horizontal Espaciamiento (@)	0.20	m

Resumen Acero utilizado en losa de fondo

Refuerzo Espaciamiento (@)	0.20	m
----------------------------	------	---

ANEXO N° 04:
ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTADA DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA

LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA
FACULTADA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

INFORME DE ENSAYO N° 204-2014

1.- CLIENTE:

ENSAYO : ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL
SOLICITANTE : RUBÉN LAPA INGA
PROYECTO : Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de agua
residuales con fines de riego en la ciudad universitaria - UNSCH – 2014

2.- DATOS DE LA MUESTRA

Nombre de fuente : AA.HH. Pampa Hermosa – Bz existente N° 24
Presentación : Botella de polietileno transparente sellado tapa con etiqueta
litografiado
Cantidad : 1L (3 muestras)
Fecha de muestreo : 07 de Setiembre de 2014
Recepción de laboratorio: 07 de Setiembre de 2014
Fecha de reporte : 15 de Setiembre de 2014

3.- ANTECEDENTES:

Responsable del muestreo : El interesado
Tipo de muestreo : Muestra prototipo

4.- RESULTADOS

N°	PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	RESULTADO	D.S.W-002-2008-MINAM
	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO			
01	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	1150.12	150
02	pH		7.23	6,5-8,5

N°	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	UNIDAD	RESULTADO	D.S.W-002-2008-MINAM
01	DBO5	mg/L	120.30	15.0
02	COLIFORMES FECALIS	NMP/100mL	2.74E+06	1000

5. - CONCLUSIONES

- ✓ La muestra analizada NO CUMPLE con los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua de categoría III
- ✓ Aguas de categorías III, agua que puede ser DESTINADAS PARA EL RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES
- ✓ El informe emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio
- ✓ El presente INFORME SE REFIERE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA PROTOTIPO ya las características indicadas siempre en cuando se mantenga las mismas condiciones de realizado el muestreo. Valido exclusivamente para los requisitos señalados. No se puede vincularse implícita o explícitamente a otras características que no se indican para la muestra del producto objeto de análisis no pueden extenderse las conclusiones del informe a ninguna otra unidad.

6.- ESPECIFICACIONES:

- Estándares nacionales de calidad ambiental para el agua D.S. N° 002-2008-MINAM
- Documento válido solo para la muestra descrita en los puntos 1 y 2

Ayacucho, 16 de Setiembre de 2014

LABORATORIO DE ANÁLISIS
FÍSICO Y QUÍMICO
RESPONSABLE

MQ. ING. FERNANDO PÉREZ CHAUCA
CIP. N° 94035

ANEXO N° 05:
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO –
ADOPTADO DE LA E.F.P – ING. CIVIL –
UNSCH – 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

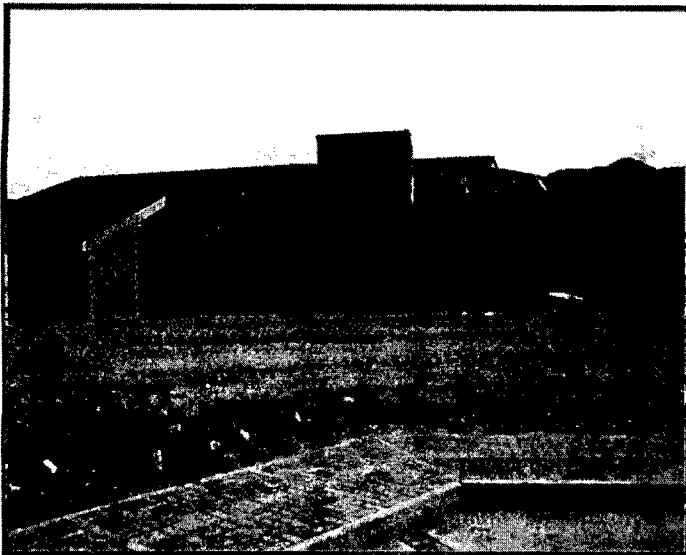
**ESTUDIO DE MECANICA DE
SUELOS**

PROYECTO:

MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN UNIVERSITARIA
EN LA ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA
CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA, DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE
HUAMANGA – REGION AYACUCHO



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION



**DISTRITO DE AYACUCHO
PROVINCIA DE HUAMANGA
REGION DE AYACUCHO**

**ELABORADO POR:
JOSE ERNESTO ESTRADA CARDENAS
INGENIERO CIVIL – M.Sc. GEOTECNIA**

PROYECTO

**“MEJORAMIENTO DEL
SISTEMA EDUCATIVO
DE LA E.F.P. DE
INGENIERIA CIVIL-
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE SAN
CRISTOBAL DE
HUAMANGA”**

**FEBRERO
2014**

I. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DE ESTUDIO

El presente Informe Final tiene como objetivo efectuar el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación, para determinar las características geotécnicas del suelo y a partir de ellas, los parámetros geomecánicos necesarios para el **Mejoramiento del Servicio Educativo de la E.F.P. de Ingeniería Civil de la UNSCH - Ayacucho.**

Dichos parámetros son: profundidad y tipo de cimentación, capacidad portante admisible del terreno adoptado como suelo de fundación, pautas generales de diseño y construcción en relación con el Mejoramiento del Servicio Educativo de la E.F.P. de Ingeniería Civil en mención.

Este estudio se ha realizado mediante investigación geotécnica que involucra trabajos de campo (calicatas) y ensayos de laboratorio y de sitio.

1.2 NORMATIVIDAD

El presente Estudio está en concordancia con la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio que compromete el emplazamiento de las obras contempladas en el presente proyecto, tiene la siguiente ubicación política:

Región	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Distrito	: Ayacucho
Lugar	: Ciudad Universitaria

1.4 CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA

La zona en estudio se encuentra ubicada en el Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Región de Ayacucho, a una altitud promedio de 2792 m.s.n.m.

La zona en estudio se encuentra en la zona de sierra. El clima en la zona es seco y templado. Según los registros de la estación Ayacucho, lugar próximo a la zona en estudio, el promedio anual de temperatura es de 15 °C.

Si se infiere la información pluvial de la estación Ayacucho al área del proyecto, se puede decir que la precipitación se presenta desde octubre a abril, con el 80% de la precipitación anual; y el período mayo a septiembre, con el 20% de la lluvia anual. El mes de mínimos valores de precipitación es junio. El promedio anual de precipitación es de 19.5 mm.

2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGÍA

El lugar de emplazamiento de las obras de **Mejoramiento del Servicio Educativo de la E.F.P. de Ingeniería Civil de la UNSCH - Ayacucho**. Se localiza sobre depósitos de La Formación Ayacucho y se ha reconocido dos unidades como producto de dos fases volcánicas, una explosiva y otra efusiva.

A continuación se describe la unidad de la Formación Ayacucho con la categoría de miembro, así tenemos:

Miembro Inferior (Nm-ay1)

Este miembro está constituido por una secuencia de tobas lapillíticas (ignimbritas) en alternancia con horizontes de tobas y sedimentos lagunares como limoarcillitas y diatomitas. Corresponde a una fase de volcanismo explosivo muy intenso durante ese tiempo en todos los Andes Occidentales.

Los afloramientos presentan una morfología suave aborregada y una coloración característica clara a media amarillenta, a lo largo de los cortes formados por los ríos: Chacco, Yucaes, Huatata y diversas quebradas donde se puede ver la secuencia claramente, la misma que está constituida litológicamente en la parte inferior por tobas masivas, las que ocupan gran parte de la cuenca, rellenando el paleo-relieve de la Formación Huanta.

Esta toba basal de más de 50 m. de grosor, presenta abundantes clastos líticos

(andesita, granito) y pómez, y se encuentra intercalado con conglomerados volcánicos marrones, verdosos y sedimentos lagunares como limoarcillitas verdosas y limolitas levemente rosadas intercaladas con horizontes lenticulares calcáreas. Son notables los cambios de facies, tanto lateral como verticalmente; sobre todo en las secuencias sedimentarias lagunares.

Encima descansa un paquete de más de 20 metros de toba masiva blanquecina algo rosada, la que en comparación con las tobas inferiores tiene relativamente pocos clastos líticos y abundancia de lapilli de pómez y fenocristales de plagioclasa, biotita y cuarzo.

Está seguida por una serie de tobas más delgadas, areniscas, arcillas tufáceas blanquecinas a marrón claro y finalmente, diatomitas de decenas de metros de grosor.

La secuencia ha sufrido plegamiento leve, resultando un sistema de sinclinales y anticlinales cuyos ejes tienen un rumbo predominantemente NO-SE.

2.2 GEODINÁMICA

En el área del proyecto y sobre el cual han de actuar las cargas estructurales; no están sujetas a ningún tipo de inestabilidad de sus laderas.

Durante los trabajos de campo efectuados no se han detectado fenómenos de geodinámica externa reciente, como levantamientos y/o hundimientos, ni desplazamientos de la formación sedimentaria existente en la zona.

2.3 SISMICIDAD

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente (NTE E.030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de media sismicidad (Zona 2), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades de V a VI en la escala de Mercalli Modificada. (Ver Mapa de zonificación sísmica del Perú y Lamina 2 Mapa de intensidades sísmicas máximas).

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, a la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 y al predominio del suelo intermedio bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los Diseños Sismorresistente, los siguientes parámetros del perfil tipo S2:

- 2.3.1 Factor de zonificación sísmica : $Z = 0.30$
- 2.3.2 Factor de tipo de suelo : $S = 1.20$
- 2.3.3 Periodo predominante del suelo : $T_p = 0.60 \text{ s}$
- 2.3.4 Categoría de edificación A : $U = 1.50$.

3. INVESTIGACION DE CAMPO

Las investigaciones de campo estuvieron íntimamente ligadas con el suelo encontrado. Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico se ejecutaron 06 calicatas de exploración hasta una profundidad de 2.70 metros.

A continuación se indica la relación de calicatas evaluadas según su ubicación y la profundidad alcanzada.

Registro de excavación de calicatas de las Estructuras

Calicata N°	Tipo de excavación	Ubicación de la excavación	Profundidad (m)
CA-01	Manual	2792.75 m 8546923.78N 584934.92E	2.70
CA-02	Manual	2792.75 m 8546876.85N 584967.18E	2.50
CA-03	Manual	2792.84 m 8546873.75N 584975.15E	2.50
CA-04	Manual	2793.70 m 8546979.49N 585005.52E	1.70
CA-05	Manual	2793.84 m 8546983.64N 584976.16E	1.70
CA-06	Manual	2793.31 m 8546986.84N 584945.43E	1.70

3.1 EXCAVACIÓN POR MEDIO DE CALICATAS

Se excavaron 06 calicatas a cielo abierto asignándole los códigos, CA-01, CA-02, CA-03, CA- 04, CA-05 Y CA-06, los cuales fueron convenientemente ubicados y cubren razonablemente el área a investigar. Los respectivos registros de estratigrafía se presentan en resultados respectivos.

La profundidad mínima alcanzada fue de 2.70 metros. La exploración de las calicatas, computados a partir del terreno natural lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y determinar el tipo de ensayos de laboratorio a ejecutar.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

De cada uno de los horizontes representativos de suelos y rocas se extrajeron muestras alteradas que debidamente identificadas se transportaron de acuerdo a norma al laboratorio para los ensayos correspondientes para la identificación y clasificación de suelos y rocas. Los ensayos estándares se efectuaron en el **Laboratorio de Geotecnia, Concreto y Asfalto del Ing° José Ernesto Estrada Cárdenas**, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM) y fueron los siguientes:

Análisis granulométrico por tamizado	(ASTM D 422)
Límite líquido y límite plástico	(ASTM D 4318)
Clasificación unificada de suelos SUCS	(ASTM D 2487)
Clasificación de suelos AASHTO	(ASTM D 2374)
Contenido de humedad natural	(ASTM D 4643)
Corte Directo en suelos	(ASTM D 3080)
Propiedades Físicas de las rocas	(ASTM D 2216)
Constantes Elásticas de las rocas	(ASTM D 3148)
Ensayo de Carga Puntual	(ASTM D 5731)
Compresión Uniaxial	(ASTM D 2938)
Corte Directo en rocas	(ASTM D 5607)

5. PERFILES ESTRATIGRAFICOS

De acuerdo a la exploración efectuada mediante las calicatas CA-01, CA-02, CA-03, CA-04, CA-05 Y CA-06, tal como se observa en el record de estudio de exploración y en los resultados de laboratorio adjuntos; el perfil estratigráfico presenta las siguientes características:

CALICATA CA-01 (h = 2.70 m)

Suelo orgánico de cobertura de 10-30cm de espesor con presencia de raíces.

Continúa un suelo areno - limoso rojizo húmedo a arenoso compacto, que son las alteraciones de la roca tobacea rosácea. De color rojizo a rosado. *

En estado semi seco a húmedo hacia el fondo se clasifica en el SUCS como una (SM).

Material de origen volcánico (Roquisuelo) blanquecino a gris y beige, que son alteraciones de la toba volcánica a suelo limoso compacto.

- No existe nivel freático

CALICATA CA-02 (h = 2.50 m)

Suelo orgánico de cobertura de 10-30cm de espesor con presencia de raíces.

Continúa un suelo areno - limoso rojizo húmedo a arenoso compacto, que son las alteraciones de la roca tobacea rosácea. De color rojizo a rosado. En estado semi seco a húmedo hacia el fondo se clasifica en el SUCS como una (SM).

Material de origen volcánico (Roquisuelo) blanquecino a gris y beige, que son alteraciones de la toba volcánica a suelo limoso compacto.

- No existe nivel freático

CALICATA CA-03 (h = 2.50 m)

Suelo orgánico de cobertura de 10-30cm de espesor con presencia de raíces.

Continúa un suelo areno - limoso rojizo húmedo a arenoso compacto, que son las alteraciones de la roca tobacea rosácea. De color rojizo a rosado.

En estado semi seco a húmedo hacia el fondo se clasifica en el SUCS como una (SM).

Material de origen volcánico (Roquisuelo) blanquecino a gris y beige, que son

alteraciones De la toba volcánica a suelo limoso compacto.

- No existe nivel freático.

CALICATA CO-04 (h = 1.70 m)

Suelo orgánico de cobertura de 10-40cm de espesor con presencia de raíces.

Suelo areno - limoso rojizo húmedo a arenoso más compacto, que son las alteraciones De la roca tobacea rosácea. (Roquisuelo).

Que se ha transformado a un suelo compacto.

En estado semi seco a húmedo hacia el fondo De consistencia dura y compacta En el SUCS se clasifica como (SM), sobreconsolidada.

- No existe Nivel Freático

CALICATA CA-05 (h = 1.70 m)

Suelo orgánico de cobertura de 10-40cm de espesor con presencia de raíces. Roquisuelo, es una alteración de roca tobacea rosada

Suelo areno gravoso con fragmento de gravas de 2" – 4" en estado semi denso y cementado. Alterado se convierte a suelo limoso.

De color rojizo a rosado con presencia de arcillas y limos arenosos y se clasifica en el SUCS como una (SM).

En estado seco son muy compactas, duras y se emblandecen con humedad. Se considera un roquisuelo alterado.

En estado húmedo hacia el fondo

- No existe Nivel Freático

CALICATA CA-06 (h = 1.70 m)

Suelo orgánico de cobertura de 10-40cm de espesor con presencia de raíces.

Suelo areno gravoso con fragmento de gravas canteadas de 2" – 4" en estado semi denso y cementado. Alterado se convierte a suelo limoso.

De color rojizo a rosado como matriz y con presencia de arcillas y limos arenosos y se clasifica en el SUCS como una (GM).

En estado seco son muy compactas, duras y cementadas. En estado húmedo hacia el fondo

- No existe Nivel Freático.

6. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA

6.1 ZAPATAS CUADRADA, RECTANGULAR Y/O CIRCULAR

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuestos dimensiones recomendables para la cimentación.

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971). Se han considerado una cimentación de sección cuadrada de dimensión mínima de $B = 2.00$ m, cimentación de sección circular de $R = 2.00$ m y una cimentación de sección rectangular de 1.70×2.40 m.

La carga ultima de diseño en las columnas se estima en $Q = 110$ TN.

El Ensayo de Corte Directo se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Ing° José Ernesto Estrada Cárdenas, efectuado en una muestra remoldeada a la densidad natural del conglomerado volcánico medio compactas y clasificada en el SUCS como (SM), extraída en la Calicata Ca-01 a una profundidad de 2.50 m., se obtuvo los siguientes parámetros:

Cohesión : $C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$

Angulo de fricción : $\phi = 28^\circ$

Peso específico del suelo: $\gamma = 1.65 \text{ T/M}^3$

Trabajaremos con la siguiente expresión:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Dónde:

- qu : Capacidad última de carga en kg/cm².
c : Cohesión en kg/cm²
q : Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la Cimentación
Y : Peso Específico del suelo
B,L : Ancho de la cimentación en m
Fcs, Fqs, Fys : Factores de forma
Fcd, Fqd, Fyd : Factores de profundidad
Fci, Fqi, Fy : Factores por inclinación de la carga
Nc, Nq, Ny : Factores de capacidad de carga

Reemplazando valores (ver anexos para cada caso.) se obtiene:

$$\begin{aligned} q_u &= 8.94 \text{ Kg/cm}^2 \\ q_{adm} &= 2.98 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{para un FS} = 3) \end{aligned}$$

6.2. CIMIENTOS CORRIDO

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuestos dimensiones recomendables para la cimentación.

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971). Se ha considerado una cimentación de sección rectangular de dimensión mínima de $B = 0.40 \text{ m}$ y $L = 6.00 \text{ m}$

El Ensayo de Corte Directo se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la FIMGC- UNSCH, efectuado en una muestra remoldeada a la densidad natural de las "limolitas" medio compactas, y se clasifican en el SUCS como una (SM), extraída de la Calicata C-01 a una profundidad de 1.50 m, se obtuvo los siguientes parámetros:

$$\text{Cohesión} : C = 0.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Angulo de fricción} : \phi = 28^\circ$$

$$\text{Peso específico del suelo: } \gamma = 1.65 \text{ T/M}^3$$

Trabajaremos con la siguiente expresión:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Dónde

- q_u : Capacidad última de carga en kg/cm².
 c : Cohesión en kg/cm²
 q : Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la Cimentación
 γ : Peso Específico del suelo
 B, L : Ancho de la cimentación en m
 $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Factores de forma
 $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Factores de profundidad
 $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: Factores por inclinación de la carga
 N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga

Reemplazando valores (ver anexos para cada caso.) se obtiene:

$$q_u = 3.15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 1.05 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (para un FS = 3)}$$

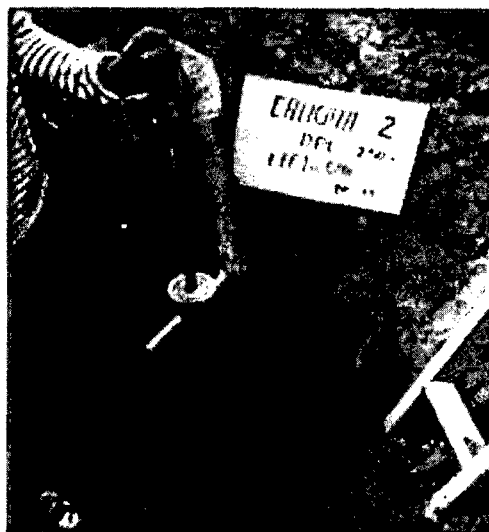
Ayacucho, 03 de FEBRERO del 2014

7.0. REGISTRO FOTOGRAFICO

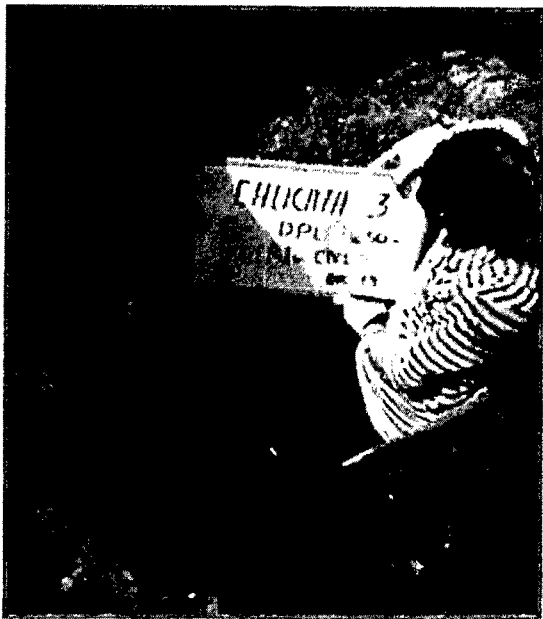
CALICATA 01



CALICATA 02



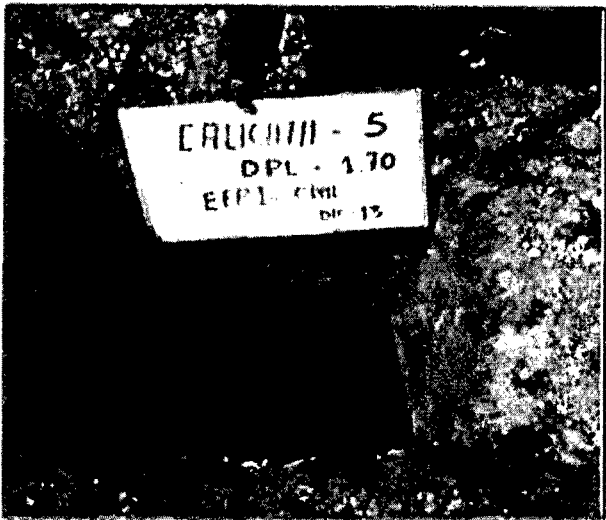
CALICATA 03



CALICATA 04



CALICATA 05



CALICATA 06



REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO :

MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA

TRAMO :

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

UBICACIÓN :

CIUDAD UNIVERSITARIA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH

KM :

AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO

LADO :

UTM :

584976.16 E 8546983.64 N 2793.84 msnm

CALICATA :

CA-05

REALIZADO :

JEEC

REVISADO :

JEEC

FECHA DE EXCAVACION :

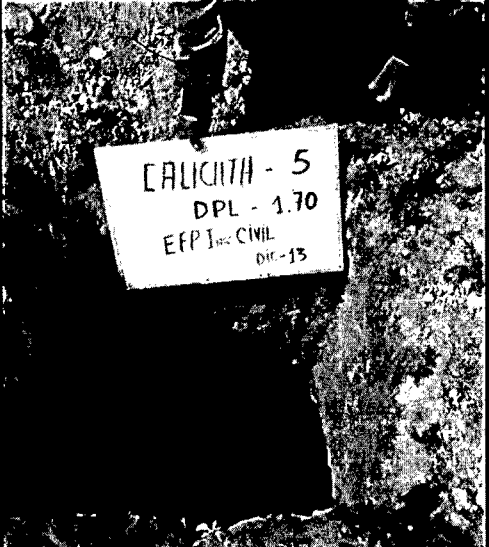
14/01/2014

PROFUNDIDAD TOTAL (m) :

1.70

PROF. NIVEL FREATICO (m) :

-

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA				L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA
				<	0.075	4.750	>				
				mm	mm	mm	mm				
				0.075	4.750	75	75	%	%	%	
				mm	mm	mm	mm				
0.20		Suelo organico de cobertura de 10-20cm de espesor con presencia de raices	Pt								M1
1.70		Roquisuelo, es una alteracion de roca tobacea rosada Suelo areno gravoso con fragmento de gravas de 2 - 4" en estado semi denso y cementado. Alterado se convierte a suelo limoso. De color rojizo a rosado presencia de arcillas y limos arenosos y se clasifica en el SUCS como una (SM). En estado seco son muy compactas, duras y se emblandecen con humedad. Se considera un roquisuelo alterado. En estado humedo hacia el fondo No existe NF	SM A-2-4(0)								M2
2.50		Roqueria duro con boloneria y volcanico	TOBA VOLCANICA								M3
											



ESTUDIOS DE CIMENTACIONES Y ENSAYE DE MATERIALES
LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYE DE MATERIALES

REGISTRO DE EXCAVACION

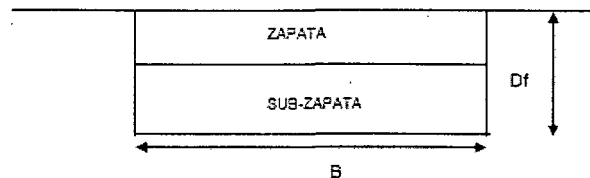
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA	CALICATA	: C - 06
TRAMO	: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	REALIZADO	: JEEC
UBICACIÓN	: CIUDAD UNIVERSITARIA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH	REVISADO	: JEEC
KM	: AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO	FECHA DE EXCAVACION	: 14/01/2014
LADO	:	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	: 1.70
UTM	: 584945.43 E 8546986.84 N 2793.31 msnm	PROF. NIVEL FREATICO (m)	: -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA				L.L.	L.P.	H.M.	N° DE MUESTRA
				<	0.075	4.750	>				
				mm	mm	m	a				
0.00		Suelo organico de cobertura de 10cm de espesor									
0.20		con presencia de raices	PT								M1
1.70		Material de relleno con suelo excavado del corte de la nivelacion del patio trasero de los laboratorios Suelo gravo - arenoso y limoso con algo de plastico de buena consistencia y color rojizo, compacto en matriz limo arcilloso. Con presencia de fragmentos de gravas rodadas de 2" - 3" . S nota un paquete de suelo transportado. No existe nivel freatico.	GM A-2-4(0)								M2
											

CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO (TERZAGHI) - CIMENTACION SUPERFICIAL - COLUMNA TE 1.10 X 0.70 M

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Solicitante : URBEG SLP - SUCURSAL PERU INH ING° HANS SANCHEZ TUEROS
 Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
 Localidad : CIUDAD UNIVERSITARIA - E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Fecha : AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	28	°
Cohesión	0	ton/m2
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	1.65	ton/m3
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	0.65	ton/m3
Relación	0.708333	
Ancho Largo (B/L)	3	
Factor de Seguridad	3	
Carga Total	110	ton



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			FACTORES DE FORMA		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
Corrida	25.80	14.59	14.72	1.00	1.00	1.00
Rectangular				1.40	0.72	1.38
Cuadrada o Circ.				1.57	0.6	1.53

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad Df (m)	Ancho (B) (m)	Quit (Kg/cm2)	Qadm (kg/cm2)
Corrida				
Zapata Rectang.	2.50	1.70	8.94	2.98
Zapata Cuadrada o Circular				

Qact (kg/cm2)	Condicion (Quit-Qact)
2.70	Cumple

CALCULO DE ASENTAMIENTOS - METODO ELASTICO - COLUMNA TE 1.10 X 0.70 M

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Solicitante : URBEG SLP - SUCURSAL PERU // ING° HANS SANCHEZ TUEROS
 Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
 Localidad : CIUDAD UNIVERSITARIA DE LOS MODULOS
 Fecha : AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

Cimentación	Valores de f (cm/m)		
Cuadrada	Rígida		82
	Flexible	Centro	112
		Esquina	56
		Medio	95
Circular	Rígida		88
	Flexible	Centro	100
		Esquina	64
		Medio	85
Rectangular	Rígida		210
(L/B $\Rightarrow$ 10)	Flexible	Centro	254
		Esquina	127
		Medio	225

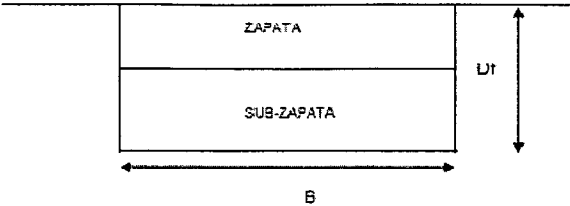
Poisson (μ)	0.19
Modulo de Elasticidad (ton/m ²)	8000

Material	Tipo de Cimentación	Df (m)	B	qadm (ton/m ²)	S (cm) Rígida	S (cm) Flexible Centro	S (cm) Flexible Esquina	S (cm) Flexible Medio
SM	RECTANGULAR	2.50	1.70	29.80	1.28	1.55	0.78	1.37

CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO (TERZAGHI) - CIMENTACION SUPERFICIAL - COL. CUADRADA 0.50X0.50 M

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
Solicitante : URBEG SLP - SUCURSAL PERU /III/ ING° HANS SANCHEZ TUEROS
Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Localidad : CIUDAD UNIVERSITARIA - E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
Fecha : AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	28	°
Cohesión	0	ton/m2
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	1.65	ton/m3
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	0.65	ton/m3
Relación	0.99999	
Ancho Largo (B/L)		
Factor de Seguridad	3	
Carga Total	110	ton



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			FACTORES DE FORMA		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
Corrida				1.00	1.00	1.00
Rectangular	25.80	14.59	14.72	1.57	0.80	1.53
Cuadrada o Circ.				1.57	0.6	1.53

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad Df (m)	Ancho (B) (m)	Qult (Kg/cm2)	Qadm (kg/cm2)
Corrida				
Zapata Rectang.				
Zapata Cuadrada o Circular	2.00	2.00	8.01	2.67
	2.30	2.00	9.13	3.04
	2.50	2.00	9.87	3.29
	3.00	2.00	11.73	3.91

Qadm (kg/cm2)	Condición Qadm Qadm
2.75	No Cumple
2.75	Cumple
2.75	Cumple
2.75	Cumple

CALCULO DE ASENTAMIENTOS - METODO ELASTICO - COLUMNA CUADRADA 0.50X0.50 M

Proyecto MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
Solicitante URBEG SLP - SUCURSAL PERU //// ING° HANS SANCHEZ TUEROS
Ubicación AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Localidad CIUDAD UNIVERSITARIA - E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
Fecha AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

Cimentación	Valores de k_1 (cm/m)	
Cuadrada	Rígida	E_2
	Flexible	Centro 112
		Esquina 56
		Medio 55
Circular	Rígida	88
	Flexible	Centro 100
		Esquina 64
		Medio 55
Rectangular	Rígida	210
(L/E $\Rightarrow$ 10)	Flexible	Centro 254
		Esquina 127
		Medio 225

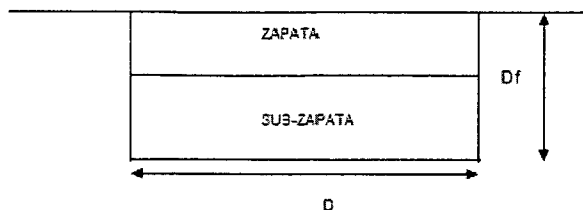
Poisson (μ)	0.19
Modulo de Elasticidad (ton/m^2)	8000

Material	Tipo de Cimentación	Df (m)	B	qadm (ton/m^2)	S (cm) Rígida	S (cm) Flexible Centro	S (cm) Flexible Esquina	S (cm) Flexible Medio
SM	CUADRADA	2.00	2.00	26.70	0.53	0.72	0.36	0.61
		2.30	2.00	30.40	0.60	0.82	0.41	0.70
		2.50	2.00	32.90	0.65	0.89	0.44	0.75
		3.00	2.00	39.10	0.77	1.06	0.53	0.90

CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO (TERZAGHI) - CIMENTACION SUPERFICIAL - COLUMNA CIRCULAR D = 0.80

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Solicitante : URBEG SLP - SUCURSAL PERU IIIII ING° HANS SANCHEZ TUEROS
 Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
 Localidad : CIUDAD UNIVERSITARIA - F.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Fecha : AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

DATOS GENERALES		
Angulo de Friccion	28	°
Cohesión	0	ton/m2
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	1.65	ton/m3
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	0.65	ton/m3
Relación Ancho Largo (B/L)	0.99999	
Factor de Seguridad	3	
Carga Total	110	ton



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			FACTORES DE FORMA		
	N _c	N _q	N _γ	S _c	S _q	S _γ
Comida				1.00	1.00	1.00
Rectangular				1.57	0.60	1.53
Cuadrada o Circ.	25.80	14.59	14.72	1.57	0.6	1.53

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad Df (m)	Ancho (B) (m)	Qult (Kg/cm2)	Qadm (kg/cm2)
Comida				
Zapata Rectang.				
Zapata Cuadrada o Circular	1.50	2.00	6.15	2.05
	1.80	2.00	7.27	2.42
	2.00	2.00	8.01	2.67
	2.30	2.00	9.13	3.04

Qact (kg/cm2)	Condición Qult-Qact
2.75	No Cumple
2.75	No Cumple
2.75	No Cumple
2.75	Cumple

CALCULO DE ASENTAMIENTOS - METODO ELASTICO - COLUMNA CIRCULAR D = 0.80 M

Proyecto MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
Solicitante URBEG SLP - SUCURSAL PERU // ING° HANS SANCHEZ TUEROS
Ubicación AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Localidad CIUDAD UNIVERSITARIA - E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
Fecha AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

Cimentación	Valores de If (cm/m)	
Cuadrada	Rígida	82
	Flexible	Centro 112
		Esquina 56
Circular	Rígida	88
	Flexible	Centro 100
		Esquina 64
Rectangular	Rígida	85
(L/B =>10)	Flexible	Centro 210
		Esquina 254
	Flexible	Esquina 127
		Medio 225

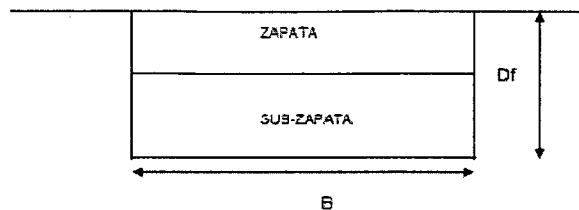
Poisson (ν)	0.19
Modulo de Elasticidad (ton/m ²)	8000

Material	Tipo de Cimentación	Df (m)	B	qadm (ton/m ²)	S (cm) Rígida	S (cm) Flexible Centro	S (cm) Flexible Esquina	S (cm) Flexible Medio
SM	CIRCULAR	1.50	2.00	20.50	0.43	0.49	0.32	0.42
		1.80	2.00	24.20	0.51	0.58	0.37	0.50
		2.00	2.00	26.70	0.57	0.64	0.41	0.55
		2.30	2.00	30.40	0.64	0.72	0.47	0.62

CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO (TERZAGHI) - CIMENTACION SUPERFICIAL - CIMIENTO CORRIDO

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Solicitante : URRFG S/P - SUCURSAL PERU //// ING° HANS SANCHEZ TUFROS
 Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
 Localidad : CIUDAD UNIVERSITARIA - E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Fecha : AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

DATOS GENERALES		
Ángulo de Fricción	28	°
Cohesión	0	ton/m ²
Peso Específico de Suelo por encima del N.C.	1.65	ton/m ³
Peso Específico de Suelo por debajo del N.C.	0.65	ton/m ³
Relación Ancho Largo (B/L)	0.005	
Factor de Seguridad	3	
Carga Total	100	ton



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			FACTORES DE FORMA		
	Nc	Nq	Nγ	Sc	Sγ	So
Corrida				1.00	1.00	1.00
Rectangular				1.00	1.00	1.00
Cuadrada o Círc.	25.80	14.59	14.72	1.57	0.6	1.53

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad Df (m)	Ancho (B) (m)	Qult (Kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
Corrida	1.20	0.40	3.10	1.03
	1.20	0.50	3.15	1.05
Zapata Rectang				
Zapata Cuadrada o Circular				

Qact (kg/cm ²)	Condición Qult > Qact
0.31	Cumple
0.20	Cumple

CALCULO DE ASENTAMIENTOS - METODO ELASTICO - CIMIENTO CORRIDO

Proyecto MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Solicitante URBEG SLP - SUCURSAL PERU // ING° HANS SANCHEZ TUEROS
 Ubicación AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
 Localidad CIUDAD UNIVERSITARIA - E.F.P. ING° CIVIL - UNSCH
 Fecha AYACUCHO , FEBRERO DEL 2014

Cimentación	Valores de f_0 (cm/m)	
Cuadrada	Rígida	82
	Flexible	Centro 112
		Esquina 56
		Medio 95
Circular	Rígida	88
	Flexible	Centro 100
		Esquina 64
		Medio 85
Rectangular	Rígida	210
(L/B >> 10)	Flexible	Centro 254
		Esquina 127
		Medio 225

Poisson (μ)	0.19
Modulo de Elasticidad (E (ton/m ²))	8000

Material	Tipo de Cimentación	Df (m)	B	qadm (ton/m ²)	S (cm) Rígida	S (cm) Flexible Centro	S (cm) Flexible Esquina	S (cm) Flexible Medio
SM	CORRIDO	1.00	0.40	10.30	0.10	0.13	0.06	0.11
		1.00	0.50	10.50	0.13	0.16	0.08	0.14