

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



UTILIZACION CON FINES DE RIEGO DEL EFLUENTE DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
CIUDAD UNIVERSITARIA, USAC

ESTUDIO ESPECIAL:

PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRAULICOS –ERIS–

ANA ELIZABETH PÉREZ SOLARES
INGENIERA AGRÓNOMA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRA (*MAGISTER SCIENTIFICAE*) EN RECURSOS HIDRAULICOS

GUATEMALA, ENERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA –ERIS–



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

DIRECTOR DE ERIS

M. Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

ASESOR DE ESTUDIO ESPECIAL

M. Sc. Ing. Joram Matías Gil Laroj

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**UTILIZACION CON FINES DE RIEGO DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA,
USAC**

Tema que fuera autorizado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS– con fecha 18 de Mayo de 2009

Ana Elizabeth Pérez Solares

Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables

Guatemala, 01 de febrero de 2012

MSc, Ing. Elfego Orozco
Coordinador de la Maestría en Recursos Hidráulicos
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
Facultad de Ingeniería, USAC

UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA



Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria
y Recursos Hidráulicos

Edificio de ERIS,
Instalaciones de prefabricados, CII
Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 2418 8000,
Ext. 86213 y 86212
(502) 2418 9138

Telfax (502) 2418 9124

www.ingenieria-usac.edu.gt

Habiendo revisado el documento denominado "**Utilización, con fines de riego, del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Universitaria, USAC**", que fuera elaborado por la Ing. Agr. **Ana Elizabeth Pérez Solares**, como parte de su Estudio Especial, y como requisito para optar al grado académico de Maestro en Recursos Hidráulicos, mediante la presente me permito informarle mi satisfacción con su contenido y por lo tanto, le comunico que dicho documento cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo la atención prestada a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Una firma manuscrita en tinta roja, que parece ser la de Joram Matías Gil Laroj, sobre un fondo blanco.

MSc. Ing. Joram Matías Gil Laroj
Asesor del Estudio

Guatemala, 06 de febrero de 2012

UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA



Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria
y Recursos Hidráulicos

Edificio de ERIS,
Instalaciones de prefabricados, CII
Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 2418 8000,
Ext. 86213 y 86212
(502) 2418 9138

Telfax (502) 2418 9140

www.ingenieria-usac.edu.gt

Señores

Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
Facultad de Ingeniería, USAC

Respetuosamente les comunico que he revisado la versión corregida, en mi calidad de Coordinador de la Maestría de Recursos Hidráulicos, el trabajo de Estudio Especial titulado:

**Utilización, con fines de riego, del efluente de la planta de
tratamiento de aguas residuales de la ciudad Universitaria, USAC**

presentado por la estudiante,

Ingeniera Agr. Ana Elizabeth Pérez Solares

Les manifiesto que la estudiante cumplió con los requisitos exigidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) Y la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la realización de su estudio en forma satisfactoria.

Agradeciéndoles la atención a la presente, se suscribe de ustedes,

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Una firma manuscrita en tinta oscura, que parece ser la del Sr. Eliego Orozco.

MSc. Ing. Eliego Orozco
Coordinador Maestría de Recursos Hidráulicos

UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA



Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria
y Recursos Hidráulicos

Edificio de ERIS,
Instalaciones de prefabricados, CII
Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 2418 8000,
Ext. 86213 y 86212
(502) 2418 9138

Telfax (502) 2418 9140

www.ingenieria-usac.edu.gt

El Director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: MSc. Ing. Joram Matias Gil Laroj, MSc. Ing. Pedro Saravia Celis y MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque; así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Recursos Hidráulicos, MSc. Ing. Elfego Odvin Orozco Fuentes y del trabajo de la estudiante: Ing. Agr. Ana Elizabeth Pérez Solares, titulado "Utilización, con fines de riego, del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Universitaria, USAC", en representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo.

Guatemala 07 de febrero de 2012.

IMPRIMASE

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

MSc. Ing. Pedro Saravia Celis
DIRECTOR
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Creador de un mundo perfecto.

MIS PADRES

Luis Pérez Meckler y Gladys Esthela Solares Morales de Pérez por su constante amor, apoyo y paciencia que permiten que culmine esta etapa de mi vida.

HERMANA

Mónica Maritza, por su afecto y ánimo constante.

LA FAMILIA

Cuna de las experiencias y el conocimiento

AGRADECIMIENTOS

A:

MSc. ING. JORAM MATIAS GIL LAROJ

Por su asesoría y orientación para realizar este trabajo. Gracias por su confianza, interés, tiempo y respaldo en este proceso.

MSc. ZENON MUCH

Gracias por su ánimo y apoyo.

Licda. DORA MARIA CARDOZA

Gracias Dorita por su amistad y cariño.

DIVISION DE SERVICIOS GENERALES

Por su gestión para obtener información valiosa y necesaria para el desarrollo de la presente investigación, que brinda un aporte valioso para contribuir a la solución de la problemática ambiental del Alma Mater.

ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

Su dirección, maestros y personal administrativo, que contribuyeron al éxito de mis estudios.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por estimular el afán de investigación y conocimiento constante que ayudan a promover los cambios positivos para el desarrollo de nuestra querida Guatemala.

INDICE DE CONTENIDO

	PAG.
INDICE DE CONTENIDO.....	i
GLOSARIO.....	iii
SIMBOLOGIA.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCION.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
4. JUSTIFICACION.....	5
5. HIPOTESIS.....	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1 GENERAL.....	6
6.2 ESPECIFICOS.....	6
7. ALCANCES Y LIMITES.....	7
8. MARCO TEORICO.....	8
8.1 MARCO CONCEPTUAL.....	8
8.1.1 ASPECTO TÉCNICO.....	8
8.1.1.1 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	9
A. AGUA RESIDUAL.....	9
B. COMPOSICIÓN.....	9
C. CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO.....	10
8.1.1.2 CLASIFICACION DEL AGUA RESIDUAL.....	11
8.1.1.3 RELACIONES AGUA – SUELO – PLANTA – ATMÓSFERA ...	11
8.1.1.4 USOS DEL AGUA.....	13
8.1.1.5 REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	14
A. ASPECTOS TEORICOS.....	16
B. REQUISITOS PREVIOS.....	16
C. PROCESOS FISICOS – QUIMICOS – BIOLOGICOS.....	17
D. EFECTOS SECUNDARIOS.....	17
E. PRECAUCIONES.....	20
8.1.2 ASPECTO LEGAL.....	20
8.1.2.1 LEYES DE GUATEMALA.....	20
8.2 MARCO REFERENCIAL.....	22
8.2.1 DESCRIPCION Y UBICACIÓN.....	22
8.2.2 PRINCIPALES SISTEMAS SUPERFICIALES DE UTILIZACIÓN DE SUELOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA.....	22
8.2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	22
9. METODOLOGIA.....	23
FASE I GABINETE.....	23
9.1 RECURSOS.....	23
9.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	23
FASE II CAMPO.....	23
9.3 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23

9.4	MUESTREO DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	23
9.5	FRECUENCIA DE MUESTREO.....	24
9.6	TOMA DE DATOS	24
FASE III	LABORATORIO.....	24
9.7	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL	24
FASE IV	GABINETE FINAL	24
9.8	CÁLCULO, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	24
10.	RESULTADOS	25
11.	CONCLUSIONES.....	39
12.	RECOMENDACIONES.....	42
13.	BIBLIOGRAFIA.....	43
14.	ANEXOS.....	45
	ANEXO 1: Boleta de recolección de datos en campo.....	45
	ANEXO 1 A: Tabla de coeficientes de Hazen-Williams	45
	ANEXO 2: Plano de planta y perfil de la planta de tratamiento de aguas residuales	46
	ANEXO 3: Resultados de análisis de laboratorios	49
	ANEXO 4: Respuestas de disposición final de desechos líquidos de laboratorios de la ciudad universitaria	55
	ANEXO 5: Cartas de solicitud de análisis de muestras en laboratorio e información de disposición final de desechos líquidos de laboratorios de la ciudad universitaria.....	70

GLOSARIO

Abono: es cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato a nivel nutricional para las plantas arraigadas en éste.

Absorción: concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

Adsorción: transferencia de una masa gaseosa, líquida o de material disuelto a la superficie de un sólido. Es el proceso mediante el cual un sólido poroso (a nivel microscópico) es capaz de retener partículas de un fluido en su superficie tras entrar en contacto con éste.

Afluyente: en hidrología corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar sino en otro río de mayor caudal con el cual se une en un lugar llamado confluencia. Se llama afluente al menor de los dos ríos que se están uniendo, el que presenta menor volumen de agua y menor caudal, sin embargo es posible encontrar varias excepciones a esta característica.

Afluente de tratamiento de agua residual: agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio o algún proceso de tratamiento.

Aforo: es el conjunto de operaciones que conducen a la valorización del gasto o caudal de una sección específica en un cauce. Medida del caudal de una corriente de agua.

Aguas residuales: también se les llama **aguas servidas, fecales o cloacales o aguas negras**, define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales, es decir las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

Aguas residuales de tipo ordinario: las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

Alcantarillado pluvial: el conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.

Caracterización de un efluente o un afluente: la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales y Disposición de Lodos Acuerdo Gubernativo 236 – 2006.

Caudal: es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Cantidad de agua de una corriente.

Coliformes fecales: el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

Demanda bioquímica de oxígeno: es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l).

Demanda química de oxígeno: es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l).

Dilución: el proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.

Efluente: es la descarga de una planta de tratamiento (de aguas residuales o potabilizadora) o sistema de alcantarillado hacia la red pública o cuerpo receptor.

Gestión ambiental: es el conjunto de diligencias dedicadas al manejo y administración del sistema ambiental en base al desarrollo sostenible. La gestión ambiental es la estrategia a través de la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al ambiente, con el objetivo de lograr una adecuada calidad de vida.

Límite máximo permisible: el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales en aguas para reuso y lodos.

Muestra: la parte representativa, a analizar de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

Parámetro: la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

Planta de tratamiento de Aguas Servidas: infraestructura que tiene como propósito eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura.

Reciclaje: es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. Es decir que es el conjunto de operaciones de recogida y tratamiento de residuos que permiten reintroducirlos en un ciclo de vida.

Recursos naturales renovables: son aquellos bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano; y que son valiosos para las sociedades humanas por contribuir a su bienestar y desarrollo de manera directa (materias primas, minerales, alimentos) o indirecta (servicios ecológicos indispensables para la continuidad de la vida en el planeta).

Reuso: el aprovechamiento de un efluente, tratado o no.

Reutilización: son acciones que permiten el volver a usar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente.

Tratamiento de aguas residuales: cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

SIMBOLOGIA

AR	Aguas residuales
Q	Caudal o gasto
DBO (20 °C)	Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a temperatura constante de 20 °C
DQO	Demanda química de oxígeno
°C	Grados centígrados
l / s	Litros por segundo
m / s	Metro por segundo
mEq / l	Miliequivalentes por litro, expresión de concentración (milésima parte de un gramo de una sustancia disuelta en un litro de plasma)
mg / l	Miligramos por litro
m ²	Metros cuadrados
m ³ / s	Metro cúbico por segundo
m ³ / día	Metro cúbico por día
OD	Oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno
ppm	Partes por millón, expresión de concentración
s	Segundos
SST	Sólidos suspendidos totales
ST	Sólidos totales
SD	Sólidos disueltos
T	Temperatura
t	tiempo
μS/cm	MicroSiemens por centímetro, parámetro con que se mide la conductividad o conductancia específica

RESUMEN

La humanidad, es capaz de satisfacer sus necesidades aprovechando todos los recursos naturales renovables a su alcance. Los recursos naturales renovables tienen un valor actual y potencial, pues son componentes de la naturaleza, los que principalmente conocemos y utilizamos a nivel general habitual son: agua, suelo y bosque, de los cuales en algún grado depende la vida de los seres vivos, sin embargo en Guatemala cada día son más escasos, por el mal uso y aprovechamiento que hacemos de ellos.

Esta investigación, pretende aprovechar en su totalidad el recurso agua, pues se plantea la reutilización de la misma, después de haber sido tratada por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales, que dada su importancia requiere sistemas de canalización, tratamiento, desalojo y reuso.

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente, pues su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Las aguas residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, no utilizable, provenientes del uso doméstico, en este caso. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado universitario e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno en el que se encuentra la planta de tratamiento de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin embargo se tiene la oportunidad de reciclar la materia prima que es el agua y reutilizarla en el riego universitario, evaluando los beneficios que esto conlleva, beneficio económico y beneficio ambiental, sin comprometer la satisfacción de la necesidad de riego para las generaciones futuras. Para ello se hace necesario realizar un análisis de los parámetros de agua residual conforme la ley de Descargas vigente, para determinar la calidad del agua y sus posibles usos en la universidad, así como la propuesta para dicha reutilización.

1. INTRODUCCION

El propósito de la presente investigación es ofrecer una opción de aprovechamiento y reutilización de aguas residuales, por lo que se plantean distintas definiciones relacionadas al aprovechamiento, reutilización y reciclaje de aguas residuales, desde un punto de vista técnico y legal, por lo que se sustenta con una base teórica de la actual gestión integral del agua.

El uso tradicional de aguas residuales depuradas en la agricultura emplea sustancias potencialmente reciclables como son el nitrógeno y el fósforo como complemento a los abonos durante el período de desarrollo vegetativo.

Se puede utilizar el efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales como solución para un tratamiento sostenible del agua, según las necesidades y las condiciones de cada región y/o área específica.

Los procesos de aprovechamiento de las aguas residuales se controlan amplia y analíticamente; en función de las necesidades de las plantas o vegetación en el caso que se reutilice para riego vegetal.

Se considera que el recurso hídrico tratado se desperdicia al devolverse a la cuenca, por los nutrientes que contiene que pueden ser aprovechados por la vegetación que se cultiva en el campus universitario, y se disminuiría la carga de nutrientes que contribuye a la eutrofización del lago de Amatitlán de la cuenca respectiva.

2. ANTECEDENTES

Durante la administración del Ingeniero Sydney Samuels, como Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realizó un convenio con La Autoridad en el manejo de la cuenca del lago de Amatitlán – AMSA –, para que la planta de tratamiento de aguas residuales trabajara en mejores condiciones. Fue así como el Ingeniero Sydney solicitó a la División de Servicios Generales que se hiciera un reconocimiento para verificar el estado en ese momento de la planta de tratamiento (2005). El Ingeniero civil Rudy Ríos solicitó al Ingeniero supervisor del Proyecto Urbanización de la ciudad universitaria que atendiera la solicitud de la facultad de Ingeniería.

A partir del año 2006 se pudo verificar que la planta prácticamente estaba en abandono, ya que no existía ninguna supervisión para verificar su funcionamiento y rendimiento. El proyecto urbanización inicio por desmontar toda el área de la planta, realizar una limpieza a nivel general, mejorándose también el acceso vehicular, para que el personal que se asignó a trabajar en la planta de tratamiento tuviera un acceso más fácil, para materiales y equipo, al ver el trabajo realizado AMSA proporcionó los materiales y mano de obra para construir la garita de acceso a la planta.

Se realizó una reparación de tuberías, limpieza de drenajes pluviales, se derribaron columnas y vigas de concreto falladas y se construyeron nuevamente, se programó desde entonces la limpieza sistemática de la planta de tratamiento con personal exclusivamente pagado por planilla.

En el año 2007 con motivo de la celebración del día internacional del medio ambiente, siendo el ingeniero Sidney Samuels jefe de la División de Servicios Generales, personeros del Ministerios de Ambiente visitaron la planta y al ver el proceso y su funcionamiento felicitaron a la Universidad de San Carlos por la eficiencia con la que estaba trabajando la planta, ya que para ese momento los lodos se estaban aprovechando en la jardinerización del campus central, habiéndose iniciado en las jardineras frente a rectoría, que por años no habían florecido.

En Mayo del año 2010 con ocasión de lanzamiento de arena del volcán de pacaya la planta se azolvó completamente, quedando prácticamente fuera de uso pocos días, ya que de inmediato el personal de urbanización dedicado al mantenimiento de la planta y con emergentes se logró en el transcurso de una semana dejar la planta nuevamente habilitada, habiéndose contado con el apoyo financiero de la unidad ejecutora BCIE de la universidad.

A partir de julio del año 2010 no ha habido mayor avance en el aprovechamiento de los desechos de la planta, esperando que esta investigación pueda ser un punto de partida para las autoridades actuales de la universidad, quienes por el breve paso por las diferentes jefaturas no han dado un adecuado seguimiento para que la planta de tratamiento sea objeto de estudio de reutilización de sus desechos y sobre todo ejemplo para municipalidades, entidades privadas y estatales ya que cada día se va haciendo primordial el tratamiento de las aguas servidas.

Este trabajo prácticamente se inicio al observar que tanto la Facultad de Agronomía, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y Administración central utilizan riego, de agua que es obtenida de los pozos de la universidad y de acuerdo a la investigación del Ingeniero Miguel Angel Morales Cayax la universidad no tiene estudios de las cantidades que utiliza de agua ni de láminas de riego, por lo menos hasta julio de 2002 según dicha investigación, la tesis de Adhemar Enrique Argueta López Aprovechamiento del agua subterránea y manejo sostenible de los recursos hidráulicos en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en sus recomendaciones indica que se deben adoptar medidas preventivas para preservar el suministro de agua potable en el campus central, realizar análisis físico – químicos y bacteriológicos con frecuencia, realizar un monitoreo constante del acuífero, además de revisarse las tesis del Ing. René Ruano e Inga. Esthela García sobre reuso de agua, por lo que es de suma importancia hacer los análisis correspondientes para aprovechar el efluente de la planta de tratamiento y así poder utilizar el agua de los pozos con mayor eficiencia.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido demanda de riego de áreas verdes en la ciudad universitaria, de la cual no existe un registro completo, ya que cada unidad académica administra sus áreas verdes, y la administración central, las áreas verdes generales, se hace uso de las fuentes de agua con que cuenta la universidad, que son: pozos propios, de agua limpia. Sin embargo, el problema al que nos enfrentamos es el relativo a la administración y uso del recurso, dado que el agua es limitada a nivel local – regional, tanto en cantidad como en calidad dentro de una zona determinada, lo cual incrementa el costo de riego y mantenimiento de áreas verdes, pues se podrían reducir los costos de compra de fertilizantes con el reuso de aguas residuales, dada su carga de nutrientes.

No se garantiza con el uso actual del agua, una adecuada administración de dicho recurso, pues no se asegura la protección de dicha fuente de abastecimiento y se desperdicia el potencial del recurso que puede tener el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria.

En 1989 se plasmo la idea de la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales y se construyó a partir del año 1991 a 1994, funciono un par de años y empezó su deterioro, hasta que fue retomado su mantenimiento en el año 2006. Aparentemente las autoridades de la División de Servicios Generales no tienen bien definido el mantenimiento de unidades que no pertenecen a una Facultad o Escuela facultativa específicamente, incrementándose el problema pues no se cuenta con personal capacitado para dicho mantenimiento, además de que no existe capacidad académica en muchas ocasiones para la programación de este tipo de mantenimiento y sobre todo no existe la conciencia social de no desperdiciar los recursos como el agua, particularmente el agua de pozos que es utilizada para riego de áreas verdes, no se aprovecha el efluente de la planta de tratamiento rico en nutrientes adecuados para riego de dichas áreas.

Por todo lo anteriormente expuesto se plantea ¿Se puede reutilizar el agua de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus universitario para riego?

4. JUSTIFICACION

Para satisfacer las necesidades de riego que actualmente se presentan en la ciudad universitaria, y que son suplidas con agua de pozo propio, es necesario plantear el reuso del recurso agua, por ser un líquido vital para los seres vivos, y contribuir así a la conservación de los recursos naturales renovables.

La opción práctica y que podría reducir costos para riego es la de reuso del agua que se puede aplicar en la ciudad universitaria es el uso del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, que actualmente está en funcionamiento y es descargada a la microcuenca que abastece el lago de Amatitlán, rico en nutrientes que conlleva a acelerar el proceso de eutrofización de dicho lago y se desperdicia el potencial que podría ser utilizado en el mantenimiento constante de áreas verdes dentro del campus, y en la reducción de costos por fertilización dada la carga orgánica de las aguas residuales.

El área a beneficiarse es la Granja de Medicina Veterinaria y Zootecnia por su cercanía a la planta de tratamiento, para poder llegar hasta la granja de Agronomía tendrán que hacerse estudios de bombeo y financieros. Se tiene la certeza actualmente de que la utilización de los lodos de la planta de tratamiento que tiene una producción de 1200 sacos anuales en promedio, economiza la compra de fertilizante orgánico para la jardinería de todo el campus universitario y por supuesto lo más importante es que se economizará bombeo del agua de pozos, lo que implica mermar la factura de energía eléctrica y mantener la reserva del nivel freático que actualmente no tiene medición, aunque se cuenta con información de los pozos que abastecen el campus universitario.

5. HIPOTESIS

El efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales es una opción práctica y que puede reducir en un 50% los costos financieramente, para riego de áreas verdes en la ciudad universitaria de acuerdo a los parámetros para reuso del Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales con el que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueve la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

6. OBJETIVOS

6.1 GENERAL

Determinar el reuso del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad universitaria, y viabilidad financiera para riego de las áreas verdes en el campus central.

6.2 ESPECIFICOS

1. Determinar la calidad del agua del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales Acuerdo gubernativo 236 – 2006.
2. Analizar la calidad del agua para riego, para establecer el destino final del agua tratada.
3. Identificar las fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario
4. Establecer las áreas para riego en función de su calidad; riego agrícola u ornamental en la ciudad universitaria
5. Analizar económicamente el abasto actual de agua para riego en el campus universitario versus el uso potencial del agua del efluente de la planta de tratamiento.
6. Realizar el diseño hidráulico del sistema de bombeo para reutilización del agua residual
7. Proporcionar una propuesta económica del reuso del agua residual

7. ALCANCES Y LIMITES

7.1 ALCANCES

Se pretende proponer especificaciones (explicación a detalle) para llevar a cabo la reutilización de aguas residuales en riego dentro de la ciudad universitaria. Como forma alternativa en el uso y reuso del recurso agua residual.

7.2 LÍMITES

El estudio se realizará únicamente para proponer un proceso adecuado para el aprovechamiento – reutilización del agua residual

Esto se realizará para vegetación agrícola y ornamental que se encuentra dentro del campus.

Se realizará un análisis de costos comparativos del agua de pozo utilizada actualmente versus el uso del agua residual de la planta de tratamiento de la ciudad universitaria.

El agua deberá bombearse desde la salida hasta la entrada de la planta y almacenado en un cisterna, para que se analice la distribución más eficiente

7.3 APOORTE

Este estudio propondrá los lineamientos para la reutilización de aguas residuales del campus universitario,

Proveer de una propuesta sobre una forma alternativa de reutilización del agua y aprovechamiento del líquido vital en la ciudad universitaria.

Disminuir la utilización de agua potable para riego.

Reducir el aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, y los costos aplicados a fertilización de áreas verdes, aprovechando los elementos nutritivos del agua residual.

8. MARCO TEORICO

8.1 MARCO CONCEPTUAL

El concepto de sostenibilidad involucra un desarrollo económico que satisfaga las necesidades del presente, sin comprometer las de generaciones futuras, (Segui, 2004) implica una planificación que permita obtener soluciones inmediatas a un problema de corto plazo que no sea más costoso a largo plazo.

De acuerdo con (Segui, 2004) la regeneración y reutilización de las aguas residuales tienen un enorme potencial para la recuperación de recursos hídricos y la disminución de la contaminación.

La reutilización del agua regenerada debe cumplir varios requisitos según Segui (2004), los cuales son:

1. Que satisfaga la calidad de agua para el uso que se le intenta dar
2. Que no deteriore o afecte los ambientes a los que llega
3. Que no cause problemas de salud a los seres que están en contacto con la actividad a la que se destine y
4. Que satisfaga el concepto de sostenibilidad.

8.1.1 ASPECTO TÉCNICO

La gestión del agua, de acuerdo con la Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOC), permite abordar los siguientes aspectos (Segui, 2004):

1. **Gestión integral:** relacionado con criterios físicos (integrar la gestión de las aguas subterráneas con las superficiales, la calidad con la cantidad del agua, los distintos puntos de una cuenca que están vinculados entre sí y las estaciones del año), con los criterios institucionales (debe existir un marco institucional que armonice y coordine en aras de una mejor gestión del agua en beneficio de la sociedad y la economía), y con los criterios de participación pública (es necesario fomentar soluciones consensuadas cuando existan conflictos entre usuarios e instituciones)
2. **Gestión sostenible:** corresponde al discurso de agua suficiente, de calidad adecuada y de disponibilidad en forma oportuna para satisfacer las actividades sociales y económicas del hombre de hoy y mañana.
3. **Gestión eficiente:** es el resultado de la búsqueda de soluciones a la escasez del agua, el objetivo es obtener una mayor productividad o beneficio social por unidad de volumen en los distintos usos y regiones.
4. **Gestión equitativa:** no busca un trato igualitario para las partes, los usos y los usuarios, sino establecer pactos sostenibles entre usuarios, regiones y aún naciones.
5. **Gestión por cuenca:** reconoce las rutas que el agua sigue según su ciclo hidrológico y medio geográfico, que define regiones, humedad, cubierta vegetal y fauna y determina potencialidades y restricciones. Reconoce que los actores de una cuenca forman una colectividad que debe realizar una gestión armónica del agua.

De acuerdo con Seguí (2004) los objetivos básicos de la gestión del agua son:

1. El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe reconocerse como un bien económico
2. Para gestionar este recurso en términos sostenibles es necesario reconciliar los intereses en competencia
3. El acuerdo de intereses sólo se logra si las partes dialogan y acuerdan civilizadamente coordinar sus demandas de agua.

8.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización del agua permite conocer los elementos químicos y biológicos que contiene, proporcionando la información necesaria para su manejo.

A. AGUA RESIDUAL

Pueden definirse las aguas residuales según Pérez (2006) como el conjunto de aguas que llevan elementos extraños bien por causas naturales, bien provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana, estando compuestas por una combinación de:

- Líquidos de desagüe de viviendas, comercios, edificios de oficinas e instituciones
- Líquidos efluentes de establecimientos industriales
- Líquidos efluentes de instalaciones agrícolas y ganaderas
- Aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que discurren por calles, espacios libres y tejados y azoteas de edificios que pueden ser admitidas y conducidas por las alcantarillas

B. COMPOSICIÓN

La composición de las aguas residuales se establece con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas, sobre todo mediante la determinación de su contenido en sólidos, la concentración de materia orgánica (DBO y DQO) y el pH, los cuales son definidos a continuación de acuerdo a Pérez (2006).

Residuos sólidos: comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

Concentración de materia orgánica: se mide con los análisis DBO y DQO. La DBO suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se utiliza para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son

biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

DBO: Demanda biológica o bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un período de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20° C. Para efectuar este estudio DBO es igual a DBO₅

DQO: Demanda química de oxígeno, es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato de una solución ácida y convertida en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO, porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse química pero no biológicamente.

pH: mide la acidez o basicidad de una muestra de aguas residuales

Los valores típicos para los residuos sólidos y la DBO del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas y su pH puede encontrarse entre valores de 6.5 a 8.0.

TIPOS DE SOLIDOS	Sólidos (mg/L)			DBO	DQO
	a. Fijos	b. Volátiles	TOTAL	mg/l	mg/l
1. Disueltos	210	210	420	30	42
2. Suspendidos	70	175	245	110	108
2.1 Precipitados	45	100	145	50	42
2.2 No precipitados	25	75	100	60	66
TOTAL	280	385	665	140	150

Fuente: Pérez, M 2006 Tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono: una alternativa ecológica.

C. CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO

La calidad del agua para el riego (Gispert 2002) se define por las sales que contiene. Estas influyen en el rendimiento y la calidad de las cosechas y si no se eliminan por lavado causan la salinización progresiva del suelo. La influencia en los cultivos de la salinidad del agua de riego depende de la tolerancia de cada especie y variedad vegetal, el tipo y la cantidad de sales disueltas, las características del suelo y el clima y el método de riego. Es por ello que se debe evaluar la calidad del agua, para minimizar o evitar los problemas que pueden causar las aguas de riego, entre ellos podemos mencionar: hacen que las raíces tengan que realizar y mayor presión de succión para absorber el agua, con lo que disminuye el rendimiento de los cultivos, corroen los equipos de riego, reduciendo con ello su vida útil, según los elementos presentes se puede reducir la velocidad de infiltración en el suelo, y si los elementos contienen iones tóxicos para los cultivos hacen disminuir los rendimientos.

8.1.1.2 CLASIFICACION DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales pueden clasificarse de acuerdo a su origen y composición según Aguirre (2011) y Argueta (2009) de la siguiente manera:

Aguas residuales domesticas

Proviene de viviendas, edificios públicos y otras instalaciones públicas, se incluyen aquí las aguas utilizadas para limpieza de calles y control de incendios y además las provenientes de pequeñas industrias locales conectadas al sistema de alcantarillado

Aguas residuales comerciales

Proviene de locales comerciales como rastros, pequeñas industrias que suelen estar conectadas a un sistema común de alcantarillado.

Aguas residuales industriales

Producidas por las grandes plantas industriales de todo tipo.

Aguas residuales agrícolas

Proviene de la cría de ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.

Agua de infiltración

Proviene de los sistemas de drenaje, tuberías de desagüe y del descenso artificial del nivel de las aguas subterráneas, así como de la infiltración de estas hacia el sistema de alcantarillado a través de tuberías y otras instalaciones defectuosas.

Agua de lluvia

Incluye todas las formas de precipitación (lluvia, granizo, niebla, nieve).

Aguas superficiales

Proviene de aquellos cuerpos de agua superficiales que ingresan directamente en el sistema de alcantarillado.

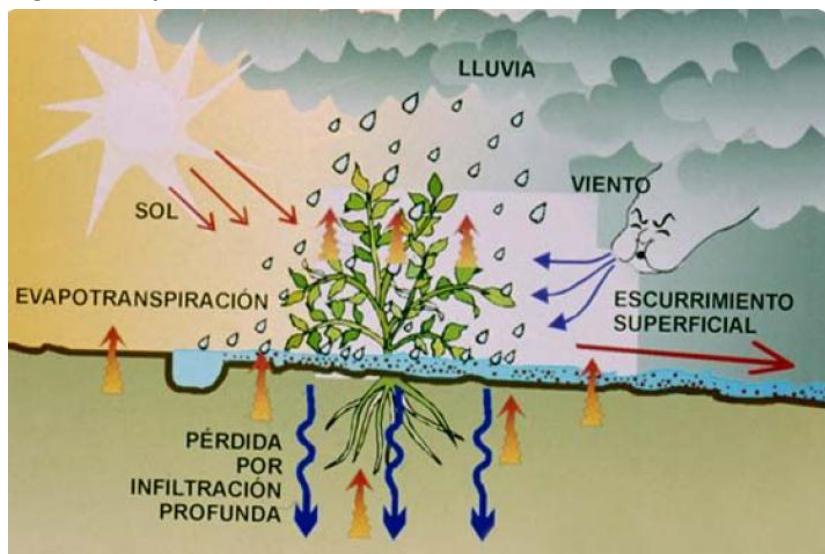
8.1.1.3 RELACIONES AGUA – SUELO – PLANTA – ATMÓSFERA

Nos referimos a la visión general, (Gispert 2002) del comportamiento del agua, del suelo y la planta y la forma cómo se relacionan estos tres factores. Esta información es básica para hacer un buen uso del agua con cualquier sistema o método de riego que se utilice, ya sea en las áreas donde la escasez es permanente o en aquellas donde es eventual, dado que, de todos modos, la disponibilidad de fuentes de agua dulce es cada vez menor, y la demanda cada vez mayor.

De acuerdo con la Comisión Nacional de Riego (2003) el aumento de la población y el desarrollo económico y social, ya ha llevado a algunas naciones a una fuerte competencia por este recurso natural y la agricultura debe rivalizar con otras actividades, tales como la minera y la industria.

El agua representa del 80 al 95 % del peso fresco de las plantas, por ello es que se hace necesaria su disponibilidad, dadas las características físicas y químicas más relevantes que inciden en las plantas (Gispert, 2004).

La disponibilidad de agua para las plantas, que depende en gran parte de las propiedades físicas del suelo, está sometida a constantes variaciones por efecto de su uso por la vegetación, así como por las pérdidas que se producen por infiltración profunda, escurrimiento superficial y evapotranspiración. (Comisión Nacional de Riego, 2003)



Fuente: Comisión Nacional de Riego Relaciones Hídricas Suelo – Agua – Planta

Figura 1 Relación Agua – Suelo – Planta – Atmósfera

Pariani (2005) considera el continuo suelo – planta – atmósfera donde se puede observar que el agua se mueve en el sentido de potenciales decrecientes a fin de satisfacer la demanda atmosférica ya que la absorción de agua consiste en su desplazamiento desde el suelo hasta la raíz, y es la primera etapa del flujo hídrico en sistema continuo suelo-planta-atmósfera.

Para calcular las necesidades en agua de las plantas Gispert (2002) utiliza el concepto “uso consuntivo” que se refiere al agua que precisa un cultivo para que su desarrollo no se vea limitado por deficiencia hídrica. El uso consuntivo es en suma, el agua necesaria para reponer y mantener la que se evapora desde el suelo y desde la parte aérea del vegetal y mantener la retenida en los tejidos. Las dos primeras constituyen lo que se denomina evapotranspiración (ET) de la planta. Como el agua de los tejidos no alcanza generalmente el uno por ciento de la evapotranspirada, se considera que el uso consuntivo coincide prácticamente con la evapotranspiración.

Existen varios métodos para calcular la evapotranspiración, en función de la información que se tiene, A partir de los siguientes criterios de acuerdo con Gispert (2002):

- Cultivo,
- Necesidad de riego,
 - Necesidades de riego netas de las plantas: corresponden al agua que efectivamente precisa un cultivo.

- Necesidades de riego brutas de las plantas: se refiere a la eficiencia en la aplicación del riego, que es la relación (en porcentaje) entre la cantidad de agua que llega a la zona radicular y la cantidad total aplicada por el riego, lo cual depende de las características del suelo, clima, método de riego, pérdidas por escorrentía, percolación profunda, evaporación y red de distribución.
- Agua útil: es la cantidad de agua contenida en el suelo que puede ser utilizada por las raíces, equivale a la diferencia entre, la capacidad de campo (el agua contenida en el suelo) y la cantidad de agua que queda en el punto de marchitamiento permanente (en el que el suelo ya no cede más agua a la planta para la profundidad del suelo explorada por las raíces de las plantas).
- Evapotranspiración,
- Diseño de riego, y cada uno de los elementos que conlleva,

Todo lo anterior se considera con el fin de aumentar el rendimiento de cultivos considerando el ciclo del agua en la naturaleza dentro del sistema agua – suelo – planta – atmósfera, con fines de aprovechamiento del agua y así calcular la dosis de riego.

8.1.1.4 USOS DEL AGUA

El uso común de las aguas se refiere al derecho de toda persona de satisfacer de forma directa, anónima e individual necesidades básicas, esenciales y recreativas, como beber agua, bañarse, lavar ropa, abreviar ganado, navegar y pescar

En cuanto a usos del agua contratada de tipo urbano se refiere a continuación se listan:

Posibles usos del agua contratada		
USO URBANO	Residenciales	Riego de jardines privados Descarga de aparatos sanitarios Sistemas de calefacción y refrigeración de aire Otros usos domésticos.
	Servicios Urbanos	Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos, deportivos ...) Baldeo de calles Sistemas contra incendios Lavado industrial de vehículos Fuentes y láminas ornamentales
USO AGRÍCOLA	Calidad 2.1	Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco
	Calidad 2.2	Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles. Pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento posterior Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne Acuicultura
	Calidad 2.3	Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la

		alimentación humana Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes. Ensilados, cereales y semillas oleaginosas.
USO INDUSTRIAL	Calidad 3.1	Aguas de proceso, limpieza y refrigeración industrial. Excepto en la industria alimentaria Otros usos industriales
USO RECREATIVO	Calidad 4.1	Riego de campos de golf
	Calidad 4.2	Estanques, caudales circundantes de uso recreativo accesibles al público (excepto baños)
	Calidad 4.3	Estanques, masas de aguas y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público
USO AMBIENTAL	Calidad 5.1	Recarga de acuíferos por precolación localizada a través del terreno
	Calidad 5.2	Recarga de acuíferos por inyección directa
	Calidad 5.3	Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público
	Calidad 5.4	Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares)

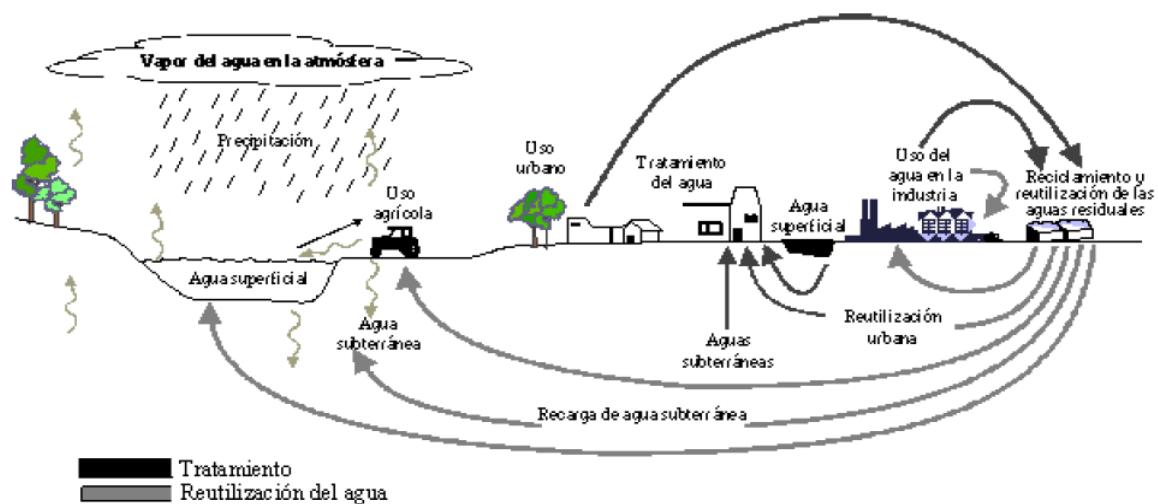
Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía 1995

En cuanto a calidad se refiere depende de los requerimientos de acuerdo a los parámetros establecidos según el uso que se asigne.

8.1.1.5 REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

La reutilización de aguas residuales urbanas (IUPA, 2004) es una práctica aplicada en muchos países, de manera que hoy día este tipo de aguas ha entrado a formar parte del ciclo hidrológico y a ser consideradas como recursos hídricos alternativos que deben ser tenidos en cuenta en todo balance. El tratamiento de estas aguas, en sus diferentes niveles, mejora su calidad y brinda posibilidades de reuso.

La figura 2 (Seguí, 2004) muestra el ciclo que sigue el agua tanto superficial como subterránea a través de los diferentes usos a los que se destina, con el consecuente deterioro del medio ambiente, sin embargo, al integrar las tecnologías de regeneración, reciclaje y reutilización como parte del ciclo hidrológico se puede lograr mantener la calidad del agua que permita el equilibrio de los ecosistemas y el suministro del recurso, dentro de un concepto de sostenibilidad.



Fuente: Seguí Amortegui, L A 2004 Sistemas de regeneración y reutilización de aguas residuales.

Figura 2 Ciclo hidrológico y su relación con el tratamiento, regeneración y reutilización de las aguas residuales

La reutilización del agua residual (IUPA, 2004) evita el vertido a cauces o al mar, en donde pueden tener algunos efectos indeseables, como la eutrofización, malos olores, impacto visual, etc., o la propia contaminación directa de otras aguas.

Dentro de los usos que se da al agua residual en diversos países (IUPA, 2004) cabe mencionar los siguientes: Riego agrícola (cultivos y semilleros), riego de parques y jardines (campos de golf, cementerios, cinturones verdes), reutilización industrial (refrigeración, alimentación de calderas), recarga artificial (recarga de acuíferos, control de la intrusión marina, control de subsidencias), usos urbanos no potables (riego de zonas verdes, lucha contra incendios, sanitarios, aire acondicionado, lavado de coches, riego de calles), uso medio ambiental (caudales ecológicos, zonas húmedas) u otros (acuicultura, fusión de nieve, construcción, eliminación de polvo, limpieza de ganado). Esta reutilización representa una forma de conseguir que los recursos hídricos convencionales se dediquen a cubrir aquellas demandas que exigen una calidad elevada del agua.

Según IUPA, (2004) algunas limitaciones potenciales para el uso de las aguas residuales son sus posibles efectos sobre la calidad del agua superficial o subterránea, sobre la salinidad del suelo, los propios cultivos, algunos aspectos relacionados con la salud pública, particularmente la transmisión de patógenos, aspectos estéticos, etc. Todas estas razones causan algunas dificultades de aceptación social que solo puede mejorarse con una gestión adecuada. La mayor parte del agua reutilizada ya sea en riego o en técnicas de recarga artificial, se aplica al suelo y, en muchos casos, está sujeta a procesos de infiltración a través de la zona no saturada.

A. ASPECTOS TEORICOS

En la mayoría de estudios realizados sobre reutilización del agua residual (IUPA, 2004) se presta mayor atención a su uso como agua de riego, ya que, en comparación con otros tipos de aplicaciones, requiere en muchos casos un nivel de calidad menos estricto lo cual implica, a su vez, que el nivel de depuración que se debe alcanzar durante el tratamiento no sea tan elevado.

Las ventajas que representa la reutilización para riego de aguas tratadas de acuerdo con IUPA (2004) son:

- El agua tratada representa una fuente constante y segura de agua aún en los años más secos,
- Es un aporte continuo de nutrientes para las plantas,
- El contenido de nutrientes del agua residual (n, p, k y microelementos) representa un ahorro en gastos de fertilización,
- Se contribuye a la conservación de los recursos hídricos, y
- Representa una posible reducción del coste económico del agua destinada a riego ya que aguas de otra procedencia pueden resultar a mayor precio.

Los criterios más importantes según IUPA (2004) para establecer la calidad del agua se refieren sobre todo al contenido microbiológico ya que la presencia de ciertas bacterias y virus puede plantear problemas higiénico-sanitarios, sobre todo por transmisión de enfermedades infectocontagiosas.

B. REQUISITOS PREVIOS

De acuerdo con IUPA (2004) como primer paso hay que establecer la calidad de un agua tratada para lo cual se deben tener en cuenta una serie de parámetros físicos, así como de componentes químicos y biológicos. El estudio de estas características permitirá conocer su aptitud o inadecuación por posibles afecciones al suelo, cultivo e incluso al hombre, así como su capacidad o poder fertilizante. Estas características son: materia o sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, elementos nutritivos, pH, metales pesados, microorganismos patógenos, sustancias orgánicas estables o refractarias al proceso de tratamiento, sustancias inorgánicas disueltas y cloro residual.

SELECCIÓN Y GESTION DE CULTIVOS

IUPA (2004) considera que la selección del cultivo que se desea regar determina en gran medida la selección del tipo de sistema de distribución de agua, así como la periodicidad de su funcionamiento y la cantidad de agua utilizada. El proceso de selección está condicionado por diversos factores, entre los que cabe señalar la rentabilidad, la climatología, y las características del suelo. Por otra parte. La sustitución de un recurso de agua dulce por otro de agua residual regenerada introduce condicionantes adicionales.

Los factores determinantes del proceso de selección de cultivos o, en su caso, de la conveniencia de la utilización de aguas residuales regeneradas de acuerdo a IUPA (2004) son:

- 1) la normativa oficial,
- 2) la tolerancia de los cultivos a las sales y a los iones específicos,
- 3) el nivel de gestión exigido,
- 4) la asimilación de nitrógeno y fósforo por los cultivos,
- 5) el consumo de agua por los cultivos,
- 6) el valor económico del cultivo,
- 7) el clima y
- 8) las características físicas del suelo.

No existe una **normativa** general sobre el nivel de tratamiento que debe sufrir las aguas residuales en función del uso al que se destinan. Sólo en algunas comunidades autónomas existen criterios que atienden especialmente a los aspectos sanitarios, pero nada existe sobre los demás riesgos ambientales asociados. Las aguas residuales tienen un **contenido salino** elevado y a veces altas concentraciones de **boro**, que deben ser tenidos en cuenta, no sólo para la selección de los cultivos más adecuados sino también para prevenir efectos indeseables de salinización de los suelos y de acuíferos.

C. PROCESOS FISICOS – QUIMICOS – BIOLOGICOS

Los fenómenos físicos y químicos IUPA, 2004) más frecuentes que dan lugar a la depuración del agua infiltrada son: filtración, absorción, (concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión), adsorción, (transferencia de una masa gaseosa, líquida o de material disuelto a la superficie de un sólido), cambio iónico, precipitación, coprecipitación de metales pesados con carbonatos, sulfuros e hidróxidos, hidrólisis y descomposición microbiológica aerobia y anaerobia. Los procesos que contribuyen más a la mejora de la calidad del agua son los aerobios pues son más eficaces, rápidos y no suelen dar lugar a sustancias indeseables.

Los suelos que ofrecen mejores condiciones para contribuir a la depuración del agua IUPA, 2004) son los que presentan un perfil con una zona superior formada por arenas más o menos finas y una inferior compuesta por material más grosero con suficiente permeabilidad y con una ligera presencia de arcillas para permitir procesos de cambio iónico; por el contrario, los suelos con capas permeables, compuestos por arenas muy gruesas o gravas y los formados por rocas fracturadas no son eficaces.

D. EFECTOS SECUNDARIOS

A continuación se exponen las modificaciones que sufren los principales componentes del agua cuando se emplea un sistema de recarga en superficie y se

produce infiltración a través de la zona no saturada y posterior circulación en el acuífero. (IUPA, 2004)

Sólidos en suspensión y disueltos

La concentración de sales del agua en la balsa de recarga suele ser mayor que la original, alrededor del 1.5 % a 2.5 % más alta, debido a la concentración por evaporación.

Los sólidos en suspensión son eliminados casi completamente por filtración a través del terreno. Las partículas más gruesas se depositan en la superficie del suelo o son retenidas a cierta profundidad; si el tamaño de las partículas es 0,07 veces menor que el de las partículas del medio, se moverán a través del terreno, sin ser retenidas.

Nitrógeno

El nitrógeno puede presentarse en cualquier estado de oxidación, como nitrato, nitrito, amonio y nitrógeno orgánico. Es eliminado por procesos de desnitrificación de tipo biológico que se dan bajo condiciones anaerobias en el terreno produciéndose gases y óxidos de nitrógeno (N_2 , N_2O) lo que da lugar a la disminución del contenido de nitrógeno en el agua. Este proceso requiere la presencia de carbono orgánico como fuente de energía de las bacterias desnitrificantes.

Fósforo

El fosfato se elimina por precipitación como fosfato de hierro y aluminio, sobre todo en suelos ácidos, y como fosfato de calcio en suelos alcalinos. También puede sufrir intercambio iónico con iones OH^- y fijarse en lechos bacterianos.

Metales pesados y elementos traza

En el suelo, los metales pesados intervienen en reacciones de intercambio iónico con arcillas y materia orgánica, reacciones de adsorción con minerales y también en reacciones con moléculas orgánicas; todo ello da lugar a que se fijen en el suelo. Los metales de alto peso molecular son eliminados por filtración mecánica por el suelo y por intervención en reacciones de adsorción. El problema de los metales pesados es que su acumulación en el suelo puede alcanzar niveles indeseables para su uso en actividades agrícolas.

El boro es adsorbido por hidróxidos de Fe y Al, hidróxidos de Mg, óxidos de Fe y Al y minerales micáceos, aunque si se encuentra como ácido bórico no es retenido por el suelo, lo que implica un notable riesgo de toxicidad para los cultivos.

El Fe y Mn, si aparecen como óxidos, son insolubles; pero si existe un medio reductor con presencia de sulfuros pueden precipitar. Los precipitados de Fe y Mn son uno de los causantes de los procesos de colmatación que se dan en pozos, por lo que estos elementos deben ser eliminados con un pretratamiento.

El Cu, Li, Ni, Zn y Cr suelen ser adsorbidos por el terreno, pero en algunos casos es necesario un largo recorrido del agua para ser eliminados.

El Hg es poco soluble; los compuestos de As son muy insolubles en medio aerobio pero existen algunas formas solubles; el Ba está afectado por cambios

iónicos pero tiene movilidad; el Sr es de movilidad moderada y el Be no sufre variaciones.

La mayoría de metales se quedan retenidos en los primeros centímetros de penetración en el terreno por lo cual son fácilmente eliminables.

Compuestos orgánicos

Los mecanismos más importantes que afectan a los microcontaminantes orgánicos son la adsorción, la volatilización y la biodegradación.

La distribución de un microcontaminante orgánico entre el agua residual y el suelo se puede expresar mediante una isoterma (Langmuir o Freundlich),

La adsorción en función de la temperatura, a bajas temperaturas la adsorción se ve favorecida y a altas temperaturas predomina la desorción. El comportamiento puede ser descrito con isotermas las cuales muestran la adsorción del material frente a la concentración en la solución. Las isotermas de adsorción de Freundlich dan una buena aproximación de eliminación de los contaminantes. (Lozano, A, Rovira, T, 2004)

La isoterma de adsorción de Freundlich es aplicada ampliamente, pero no tiene un límite superior de adsorción (Lozano, A, Rovira, T, 2004) sin embargo, la isoterma de adsorción de Langmuir toma una forma curvada y muestra asintóticamente un máximo.

Según IUPA (2004) la *biodegradación* es la descomposición de los compuestos orgánicos mediante reacciones bioquímicas (oxidación-b, rotura del enlace de tipo éter, hidroxilación bencénica, rotura del anillo bencénico, hidrólisis de los ésteres, deshalogenación, n-desalquilación) potenciados por ciertos enzimas. La velocidad de biodegradación en el suelo depende del tipo de microorganismos (bacterias, actinomicetos y hongos), de las características del suelo y de la estructura molecular del compuesto en cuestión. El proceso de absorción por las raíces (*bioacumulación*) de compuestos orgánicos no está bien conocido, aunque debe tratarse de flujo másico. Los microcontaminantes orgánicos de valor elevado de Kow quedarán depositados en las raíces de las plantas, una vez asimilados por estas, debido a su naturaleza hidrofóbica.

Los compuestos orgánicos (IUPA, 2004) se destruyen por oxidación en el terreno o por degradación en medio anaerobio. Esto queda reflejado en la reducción de la DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y COT (carbono orgánico total) a medida que el tiempo y el espacio recorrido por el agua sea mayor. En estos procesos de oxidacióndegradación se produce CO₂ que, al incorporarse al agua, le confiere mayor agresividad que puede incrementar la dureza y la alcalinidad del agua.

Características organolépticas IUPA, 2004)

En medio aerobio se suele conseguir una mejora de las características organolépticas del agua, mientras que en anaerobio esta mejora es menor e incluso puede empeorar la calidad del agua.

La intermitencia en la recarga suele perjudicar estas características ya que provoca la removilización de los compuestos; así, por ejemplo, en pozos de uso dual el agua extraída al inicio del bombeo debe ser desechada.

E. PRECAUCIONES

A veces es necesario un post-tratamiento del agua con el que se trata de corregir algunas características en función del uso al que va a ser destinada esta agua (IUPA, 2004), generalmente este post-tratamiento está ideado para conseguir su potabilidad.

8.1.2 ASPECTO LEGAL

El régimen jurídico del agua (Colom 2005) carece de ley general y se integra por un conjunto de normas contenidas en diversas leyes comunes y especiales sin integrar un sistema de derecho de aguas, entendido como el régimen que norma lo relativo al dominio, uso y aprovechamiento, conservación y administración del agua; el cual es diferente y se distingue del régimen legal de los servicios públicos de agua potable y saneamiento.

8.1.2.1 LEYES DE GUATEMALA

De acuerdo con Colom (2005) los tipos de aprovechamientos especiales del agua, son: doméstico, agrícola, pecuario, navegación, turístico, minero y demás, cuyo ejercicio está parcialmente normado por leyes relativas al sector que demanda el agua.)

Régimen legal de aprovechamiento del agua: se indican las que intervienen en este documento.

TIPO DE APROVECHAMIENTO	ASPECTO REGULADO	LEY
Doméstico	Calidad del agua para consumo humano Calidad del agua para el abastecimiento doméstico Uso medicinal del agua Manejo de aguas residuales	Código de Salud
Doméstico	Prestación de servicios de agua potable y aguas residuales, regulación y vigilancia	Código Municipal
Agrícola	Miniriego Empleo de artefactos	Ley de transformación agraria Reglamento de Riego Reglamento de operación, conservación y administración de los distritos de riego Reglamento para la construcción y administración de sistemas de miniriego

Fuente: Colom, E 2005 Estudio de los Cambios Legales en el Marco de la Privatización del Agua en Guatemala

El ejercicio de los derechos de aprovechamiento del agua (Colom 2005) esta normado por la Constitución política de la República de Guatemala en sus artículos 97 y 121 y para ampliarse por las disposiciones de la Ley de Protección y

Mejoramiento del Medio Ambiente y a continuación se indican algunas normas de acuerdo a conceptos de aprovechamiento del agua.

Condiciones de uso. Entre las condiciones generales de uso está la de protección de derechos de terceros, contemplada en el Código Civil; el uso eficiente, contemplado en el régimen de aguas y regadíos de la Ley de Transformación Agraria (1962); y el uso efectivo resultado de aplicar la caducidad como medio para dar por terminado un derecho de aprovechamiento.

Los criterios del uso eficiente y efectivo son fundamentales para evitar la especulación de los derechos de aprovechamiento de las aguas, pues por un lado obligan sean utilizadas, según necesidades productivas y por el otro, solo amparan las aguas efectivamente utilizadas.

Conservación de las Aguas. Estas disposiciones se refieren a medidas de protección, abastecimiento y recuperación de las aguas. Las primeras incluyen normas para proteger a las personas ante eventos hídricos extraordinarios así como para proteger al recurso de las acciones sociales.

8.2 MARCO REFERENCIAL

8.2.1 DESCRIPCION Y UBICACIÓN

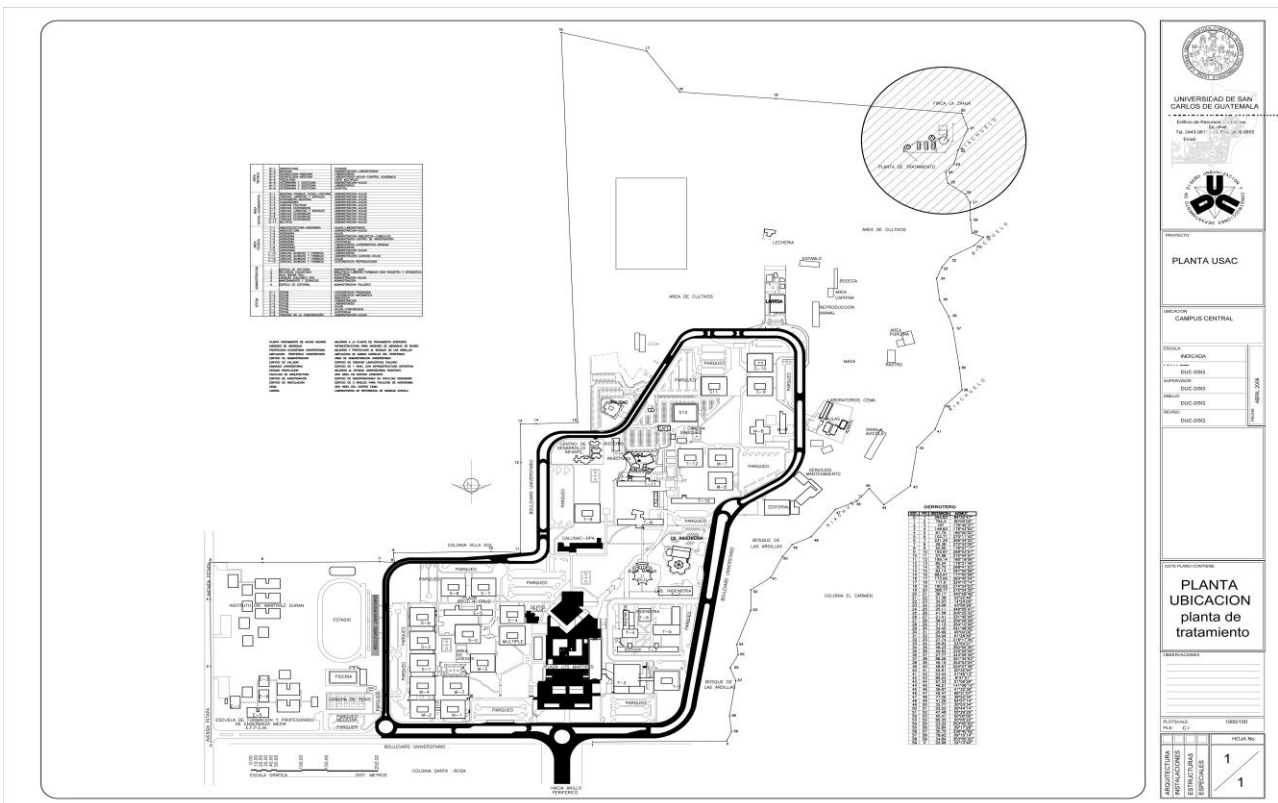
La ciudad universitaria se encuentra ubicada actualmente en la zona 12 de la ciudad Capital, con un perímetro de 3 km, con acceso por el lado de la avenida Petapa y por otro lado por el Anillo periférico de la ciudad capital.

8.2.2 PRINCIPALES SISTEMAS SUPERFICIALES DE UTILIZACIÓN DE SUELOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA

La ciudad universitaria tiene actualmente utilizados sus suelos en dos grandes áreas: áreas verdes (todo suelo con cobertura vegetal) y construcción (parqueos, edificios, banquetas), siendo la primera un área considerable que actualmente por el proyecto de rejardinización del campus central requiere agua para riego.

8.2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La universidad cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, las cuales después de tratadas son evacuadas hacia la cuenca que abastece el lago de Amatitlán, que de acuerdo a las características de las aguas residuales es rica en nutrientes que pueden ser aprovechados en el campus.



9. METODOLOGIA

Se consideran cuatro fases durante la investigación, las cuales son detallados a continuación:

FASE I GABINETE

9.1 RECURSOS

Recursos Humanos

Investigador

Recursos materiales.

Los recursos que se requiere adquirir son: equipo para muestreo del agua, planos de la ciudad universitaria

Recursos financieros.

Los necesarios para las pruebas de calidad del agua

9.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se coleccionará información bibliográfica y cartográfica con el fin de identificar el área para el desarrollo de la investigación.

Se caracterizará biofísicamente la zona de investigación, posteriormente se consultaran otras experiencias en dicho tema, y se establecerá el área verde que requiere riego y se considere más apta económicamente, la cantidad que se requiere y la que actualmente se utiliza en el campus.

FASE II CAMPO

9.3 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En esta fase se realizará una evaluación directa del área, por medio de un reconocimiento de las áreas en análisis.

9.4 MUESTREO DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Se tomaran muestras de agua de la planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a las normas respectivas, con el fin de caracterizar dichas aguas, determinar la capacidad de abastecimiento y se determinaran las variables a considerar

El muestreo permitirá la agrupación de información para el planteamiento del plan de uso del agua, a través de la recolección de datos cuantitativos y cualitativos de la calidad del agua, de acuerdo al reglamento antes mencionado con el uso para campo de la boleta de toma de datos. (anexo 1).

9.5 FRECUENCIA DE MUESTREO

De acuerdo al Reglamento de ley se determina la necesidad de análisis periódico para época seca y lluviosa, es decir dos muestreos por año, sin embargo por las limitantes de tiempo y recursos se realizó una durante la época seca.

9.6 TOMA DE DATOS

Para el estudio se considerará el abasto hídrico actual de las áreas verdes (metros cuadrados) que coordina la administración universitaria, es decir el caudal actual utilizado en el riego ya establecido, por área, así como los nutrientes que se utilizan en función de la cobertura vegetal, y de la relación agua-suelo-planta.

FASE III LABORATORIO

9.7 ANALISIS DEL AGUA RESIDUAL

Se realizará una identificación a nivel de laboratorio de las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales, de acuerdo al reglamento de ley. Además se realizará un análisis de calidad del agua con fines de riego al final de cada etapa de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a la clasificación FAO – UNESCO que utiliza el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

FASE IV GABINETE FINAL

9.8 CÁLCULO, INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE DATOS

Se realizará la comparación económica del sistema actual de riego versus el reuso y aprovechamiento del efluente de la planta de tratamiento. Se propondrá el sistema de aprovechamiento del agua residual

10. RESULTADOS

1. Para determinar la calidad del agua del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales Acuerdo gubernativo 236 – 2006, se hizo necesario realizar un muestreo y análisis de la muestra en laboratorio.

Los laboratorios fueron tres, el de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (CC.QQ), el de la Facultad de Ingeniería (ING), y el laboratorio de la Autoridad en el Manejo de la Cuenca del Lago de Amatitlán – AMSA –, siendo los primeros dos gratuitos y el tercero con un donativo requerido; los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Tabla 1. Resultados del análisis de la muestra del Sedimentador secundario de agua residual y comparación con los parámetros físico, químico y bacteriológico del Reglamento de ley.

PARÁMETRO	DIMENSIONALES	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA	LAB*
Grasas y aceites	mg / l	10	0.038	CC.QQ
Materia Flotante	Ausencia / presencia	Ausente	Ausente	En campo
Sólidos suspendidos	mg / l	100	55	ING
Nitrógeno total	mg / l	20	23.2	ING
Fósforo total	mg / l	10	6.4	ING
Potencial de Hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	7.5	ING
Coliformes Fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^4$	$> 1.6 \times 10^6$	ING
Arsénico	mg / l	0.1	0	CC.QQ
Cadmio	mg / l	0.1	0	CC.QQ
Cianuro total	mg / l	1	0.015	AMSA
Cobre	mg / l	3	0	CC.QQ
Cromo hexavalente	mg / l	0.1	0.01	AMSA
Niquel	mg / l	2	0	CC.QQ
Plomo	mg / l	0.4	0	CC.QQ
Zinc	mg / l	10	0	CC.QQ
Color	Unidades platino cobalto	500	95	ING
DBO	mg / l	200	5.5	ING

Fuente: Datos de laboratorio y reglamento de ley

LAB*: Laboratorio

No se pudo realizar el análisis de mercurio, pero dados los resultados de los demás parámetros se puede establecer que es poco probable que dicho parámetro esté fuera de los valores permisibles.

A continuación se indican los resultados obtenidos de acuerdo al reuso que se desea realizar del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del campus universitario, siendo de acuerdo a la ley:

Tipo I reuso para riego agrícola en general, y

Tipo V reuso recreativo (incluido riego de áreas verdes)

Tabla 2. Resultados del análisis de la muestra del Sedimentador secundario de agua residual y comparación con los parámetros y límites máximos permisibles para reuso del Reglamento de ley.

TIPO DE REUSO	PARAMETROS	DIMENSIONALES	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA	LAB*
Tipo I	DBO	Miligramos por litro	No aplica	5.5	ING
	COLIFORMES FECALES	Número más probable en cien mililitros	No aplica	_____	
Tipo V	DBO	Miligramos por litro	200	5.5	ING
	COLIFORMES FECALES	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^3$	$> 1.6 \times 10^6$	ING

* LAB: LABORATORIO Fuente: datos de laboratorio y reglamento de ley

Tabla 3. Resultados del análisis de la muestra del Sedimentador secundario de agua residual.

PARÁMETRO	DIMENSIONALES	RESULTADOS OBTENIDOS MUESTRA	LABORATORIO
DBO	mg / l	3.95	ING
DQO	mg / l	82	ING

Fuente: Datos de laboratorio

La relación entre DQO y DBO también es conocida como índice de degradabilidad, que en el presente estudio corresponde a materia orgánica poco degradable.

QO/DBO =1.5 $\Rightarrow$ Materia orgánica muy degradable
DQO/DBO =2 $\Rightarrow$ Materia orgánica moderadamente degradable
DQO/DBO =10 $\Rightarrow$ Materia orgánica poco degradable

Tabla 4. Resultados de temperatura en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Hora	T	T
	Entrada	Salida
8:00	22° C	21° C
9:00	22° C	21° C
10:00	23° C	21° C
11:00	24° C	22° C
12:00	25° C	23° C
13:00	24° C	22° C
14:00	23° C	22° C
15:00	23° C	21.5° C
16:00	23° C	21.5° C

Fuente: Datos tomados en campo

Para determinar la calidad del agua con fines de riego de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se hizo necesario realizar un muestreo y análisis de las muestras en laboratorio de cada una de las etapas de que consta la planta. Existen distintos métodos, utilizados de acuerdo a disponibilidad de recursos. El laboratorio donde se realizó el análisis fue el de Suelo – Planta – Agua de la Facultad de Agronomía, los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Tabla 5. Resultados del análisis de las muestras con fines de riego.

ETAPA	pH	μ S/cm	mEq/litro				ppm				RAS	CLASE
		C.E.	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
Canaleta	8.5	1333	1.62	1.01	3.13	0.87	0	0	0.1	0	2.75	C3 S1
Sedimentador Primario	7.4	1138	1.37	1.03	3.70	0.46	0	0	0.3	0	3.36	C3 S1
Etapas 1	7.5	962	1.37	1.01	3.59	0.41	0	0	0	0	3.29	C3 S1
Etapas 2	7.2	884	1.25	0.97	3.59	0.56	0	0	0.3	0	3.45	C3 S1
Etapas 3	6.5	801	1.50	1.05	3.48	0.36	0	0	0.3	0	3.05	C3 S1
Sedimentador Secundario	6.1	840	1.62	1.15	3.80	0.31	0	0	0	0	3.14	C3 S1

Fuente: Datos de laboratorio Facultad de Agronomía

pH: Potencial de hidrógeno, C.E.: conductividad eléctrica, RAS: relación de adsorción de sodio, ppa: partes por millón, Ca: calcio, Mg; Magnesio, Na: sodio, K: potasio, Cu: cobre, Zn; zinc, Fe: hierro, Mn: manganeso.

Según clasificación FAO – UNESCO utilizado por el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala las muestras se clasifican como: **C3S1**

C3: Aguas de alta salinidad, lo cual indica que no pueden usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente, aún con drenaje adecuado se puede necesitar prácticas especiales de control de salinidad, debiendo por tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales.

S1: Aguas de baja sodicidad (bajo contenido de sodio), pueden usarse para el riego en la mayoría de suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable, no obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Con el acoplamiento de la planta al suelo, la tierra afectada por sal puede usarse en forma sustentable, utilizando plantas tolerantes a la salinidad y al riego de pozos salados. Mas de un ciento de especies se han clasificado, incluyendo zacates, arbustos y una variedad de árboles; muchos pueden emplearse para la alimentación humana y animal, maderable, combustible, abonos verdes para el suelo, para el procesamiento de productos industriales como papel, fibras, resinas, químicos, bio-gas, alcohol, ornamentales, medicinales y muchos otros más.

La lista de especies mundial es muy amplia, ya que son varios países los que están trabajando en forma extensiva en el rescate y reincorporación a la producción de suelos salinos. Holanda, Estados Unidos, Canadá, Australia, Egipto, India, Argentina, Perú, Vietnam, Bélgica, Inglaterra, Irak, Irán, Marruecos, Myanmar, Pakistán, Siria, Tunes y muchos otros países están por medio de investigación

Dado que por el período de lluvias en Guatemala, se realiza un autolavado periódico del suelo y la cobertura vegetal que se plantea favorecer en su mayoría es de tipo ornamental, siendo especies tolerantes y que se pueden acoplar a la salinidad.

2. Al analizar la calidad del agua para riego de acuerdo al Reglamento de descargas y Reuso de Aguas Residuales Acuerdo Gubernativo 236 – 2006, se establece que el destino final del agua tratada podría ser apta para Tipo I (reuso para riego agrícola en general) y Tipo V (reuso recreativo por incluirse el riego en áreas verdes donde el público no tenga contacto). Esto dado que las condiciones que se requiere para riego ornamental no son limitantes.

Se realizó un aforo con el método sección – velocidad, calculando la velocidad con molinete para determinar el caudal de agua que es tratado en la planta del campus. Obteniéndose los siguientes resultados:

Fórmula del molinete

$$V = 0.6860 (R/t) + 0.0030$$

$$R = \text{No de pulsos} \times 5$$

$$R = \text{revoluciones} \quad t = \text{tiempo (segundos = s)}$$

$$V = m / s$$

$$Q = V \times A$$

Donde:

$$Q = \text{caudal (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{velocidad (m/s)}$$

$$A = \text{área (m}^2\text{)}$$

Tabla 6. Caudales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

PUNTO DE AFORO	ÁREA (m ²)	VELOCIDAD (FÓRMULA DEL MOLINETE) (m / s)	CAUDAL (m ³ / s)	CAUDAL (l / s)
Entrada canal	0.056	1.01	0.05651	56.51
Entrada Sedimentador primario	0.056	1.45	0.08116	81.16
Salida Sedimentador secundario	0.1313	0.36	0.04768	47.68

Datos tomados en la PTAR el día 13 de mayo 2011 las 12:00 horas del medio día.

Tabla 7. Caudal de agua tratado en la Planta de Tratamiento

PUNTO DE AFORO	HORA	ÁREA (m ²)	VELOCIDAD (FÓRMULA DEL MOLINETE) (m / s)	CAUDAL (m ³ / s)	CAUDAL (l / s)
	07:30	0.1218	0.04	0.005	5.01
	08:30	0.1218	0.02	0.003	2.69

Salida Sedimentador Secundario	09:00	0.1218	0.04	0.005	5.01
	10:00	0.1320	0.10	0.013	12.97
	11:00	0.1370	0.14	0.019	18.69
	12:00	0.1370	0.16	0.021	21.30
	13:00	0.1320	0.14	0.018	18.00
	14:00	0.1269	0.12	0.014	14.89
	15:00	0.1269	0.16	0.019	19.72

Datos tomados en la PTAR el día miércoles 26 de octubre 2011

El caudal promedio es 0.013 en metros cúbicos por segundo y su equivalente 13.14 litros por segundo, obtenido del aforo realizado con el método sección – velocidad, calculando la velocidad con molinete.

Tabla 8. Caudal de agua tratado en la Planta de Tratamiento (Método volumétrico)

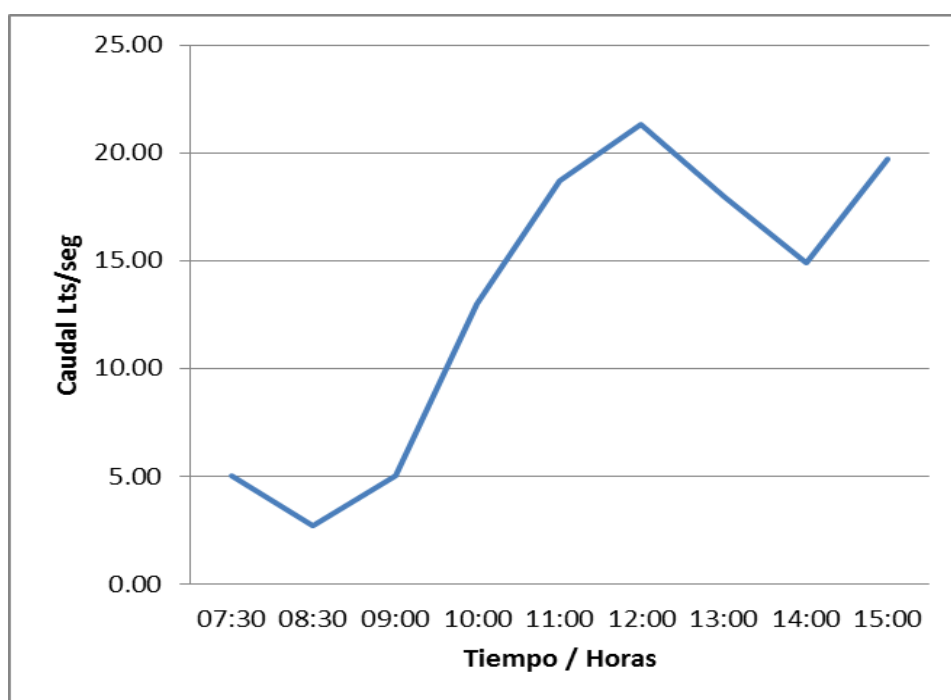
Sedimentador secundario	Tiempo promedio segundos	Volumen m ³	Caudal en m ³ / 2	Caudal en l / s
07:25	162	0.3657	0.0023	2.2576
07:30	95	0.2009	0.0021	2.1147
07:35	67	0.1473	0.0022	2.1988
07:38	59	0.1473	0.0025	2.4970
08:00	100	0.1741	0.0017	1.7411
08:05	80	0.1473	0.0018	1.8415
08:07	55	0.1473	0.0027	2.6786
09:00	21	0.1082	0.0052	5.1511
00:02	19	0.1082	0.0057	5.6933
09:05	20	0.1082	0.0054	5.4087
11:00	24	0.3657	0.0152	15.2387
02:00	31	0.3194	0.0103	10.3023
02:30	23	0.3194	0.0139	13.8856

Datos tomados en la salida del Sedimentador secundario de la PTAR los días 4 y 9 de noviembre 2011

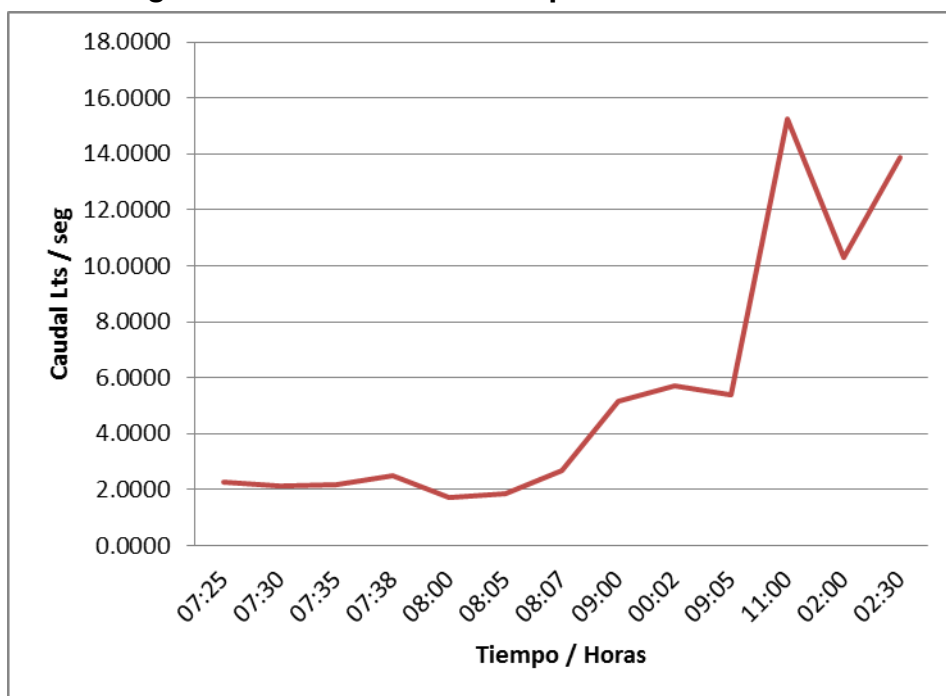
El caudal promedio es 0.0055 en metros cúbicos por segundo y su equivalente 5.46 litros por segundo, obtenido del aforo realizado por medio del método volumétrico. Considerando una jornada laboral de ocho horas con un volumen de 43 litros por segundo.

A continuación se presentan dos hidrogramas de tendencia del caudal en litros por segundo, con respecto al aforo de una jornada laboral, de acuerdo a los dos métodos de aforo utilizados

Hidrograma 1: Caudal obtenido por método Sección – velocidad



Hidrograma 2: Caudal obtenido por método volumétrico



De las gráficas anteriores, podemos deducir que al inicio de la jornada laboral el caudal es menor, y va en aumento a medida que transcurre el día, con picos máximos en determinadas horas.

3. Las fuentes reconocidas que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario son:

- a. Aguas sanitarias, alcantarillado de edificios y campus en general
- b. Agua pluvial, mezclada con aguas sanitarias
- c. Diluciones de químicos de laboratorios de unidades académicas

Para determinar la disposición final de los desechos líquidos de las unidades académicas que cuentan con laboratorio: Agronomía, Ingeniería, Veterinaria, Odontología, y Farmacia, se solicitó a dichas unidades académicas indicaran el procedimiento que realizan para disponer finalmente de los líquidos químicos utilizados, indicándose lo siguiente:

La Facultad de Odontología indicó que no se realiza ningún tratamiento especial y los líquidos que se utilizan en los laboratorios y clínicas egresan directamente al drenaje del campus universitario.

La Facultad de Agronomía indicó que en los laboratorios de: Suelo - Agua – Plantas y Química, los ácidos, reactivos, etc, que se utilizan van directo a la planta de tratamiento, de la siguiente manera: en el laboratorio de Suelo – Agua – Planta, se desechan diluciones de: Ácido sulfúrico, Ácido bórico, Ácido clorhídrico, Ácido acético, Hidróxido de sodio, acetato de amonio, un promedio de 4 litros por semana los días jueves. En el laboratorio de Química, se recuperan y almacenan en botes y frascos de vidrio color ámbar los químicos concentrados y considerados más tóxicos, los líquidos que desechan son: sales diluidas, sulfatos, carbonatos, aminoácidos, lípidos, proteínas, carbohidratos que son utilizados en las prácticas de laboratorio, diariamente, por lo que en promedio por semana de diluciones se desechan 10 litros.

La Facultad de Ciencias químicas y farmacia, indicó la disposición de desechos líquidos, de acuerdo a sus escuelas de Química, Química biológica, Química farmacéutica, Biología y Nutrición. Indicando generalizadamente, que el lavado de cristalería, ciertas diluciones ácidos y bases son descartados en el drenaje de los lavaderos de los laboratorios, así mismo se indica que ácidos y bases más concentrados son descartados en la elaboración de planchas de cemento generalmente en noviembre de cada año, y los desechos que en su mayoría son inorgánicos insolubles en agua y que puedan contener metales o material peligroso al ambiente, son almacenados y algunos son recuperados, sin embargo la inquietud y preocupación que presentan todos los laboratorios, es la seguridad por la cantidad de producto almacenado en los laboratorios.

De las demás unidades académicas que cuentan con laboratorios no hubo respuesta.

4. Las áreas que se deben establecer para riego en función de la calidad del agua tratada de planta de tratamiento del campus, de acuerdo a los parámetros de ley son; riego agrícola u ornamental en la ciudad universitaria.

Es decir que se puede utilizar en jardines y áreas verdes de todas las facultades y escuelas de la ciudad universitaria, además en los viveros ornamentales que la administración universitaria dirige y también en las granjas de Agronomía y Veterinaria, de acuerdo a la reglamentación de ley por tipo de uso, todo lo anterior debido a los nutrientes que posee, considerando su alta salinidad, a manera de fertirriego para recuperación o mejoramiento de suelos o como fertilizante de cultivos que previo a su consumo requieran procesos industriales, no para cultivos de consumo crudo o precocido.

5. Abasto actual de agua para riego:

Tabla 9. Gasto de agua en época seca por día.

EQUIPO	HORARIO/VIAJE	VOLUMEN POR DIA GALONES	VOLUMEN POR DIA LITROS	VOLUMEN POR DIA EN m³
Camión Cisterna	3 /día	7,500	28,387.5	28.387
Aspersor	30 minutos por día	105	397.425	0.397
Aspersores (800)	30 minutos por día	84,000	317,940	317.94
Total agua por día	Cisterna y aspersores	91,500	346,327.5	346.32

Fuente: Datos proporcionados en entrevista por encargados de riego

El camión cisterna realiza un promedio de 3 viajes por día, en un tiempo estimado de llenado por viaje de 1 hora 30 minutos, con un volumen de 2,500 galones por viaje, su equivalente 7,500 galones de agua por día, obtenida de los pozos de agua que abastecen a la ciudad universitaria.

El total de aspersores en funcionamiento es de 800 de diversos circuitos de riego de las áreas verdes de la universidad, y actualmente se están instalando 700 aspersores más para el camellón central, todos estos controlados por la administración universitaria.

Los aspersores funcionan en turnos de 30 min por día de lunes a viernes, con un caudal individual de 3.5 galones por minuto, abarcando un área de riego cada uno de 8.5 metros cuadrados, es decir que se cubren 6,800 metros cuadrados en riego por parte de la administración central, sin contar los sistemas de riego que cada facultad administra independientemente. Por lo que se considera que el caudal promedio por jornada laboral de 8 horas en galones por minuto es de 91,500.

Los pozos que cubren la demanda de agua para riego de jardines son el 1 y el 2, los cuales funcionan automáticamente 15 días del mes cada uno y su horario de bombeo es de acuerdo a la demanda, ya que el equipo se activa y detiene

automáticamente, el caudal promedio de cada pozo es de 240.5 galones por minuto, su equivalente $54.62 \text{ m}^3 / \text{hora}$

Tabla 10. Costo del gasto de agua para riego en la USAC.

ELEMENTO	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Cisterna	Q 307.53	Q 18,451.80	Q 221,421.60
Pozo (pago promedio mensual de c/u) (2 pozos)	Q 3,024.88	Q 6,049.75	Q 72,597.00
Totales	Q 6,357.29	Q 24,501.56	Q 294,018.60

Fuente: datos calculados

El costo de bombeo por metro cúbico es de: Q 0.07692, hacia la red de distribución de agua para riego, el costo por metro cúbico de traslado de agua en camión cisterna es en promedio de Q 32.5, por lo que un viaje de camión cisterna tiene un costo de Q 307.53, por lo anterior, podemos decir que el costo de riego con bombeo a aspersores por metro cuadrado es de Q 0.0036 y el costo de riego con camión cisterna por metro cuadrado es de Q 0.1550

6. Diseño hidráulico para bombear el agua

El diseño hidráulico, comprende el sistema de captación, almacenamiento y traslado a la parte alta de la planta de tratamiento de aguas residuales. Considerando una altura vertical de 24 metros y una distancia horizontal de 70 metros.

Captación y almacenamiento

- **Cisterna rotoplas:** el cisterna tiene un diámetro de 2.20 metros y una altura de 2.90 metros, puede ir sobre la tierra o enterrado, equipado con todos sus accesorios: pichacha, válvulas, flotador, tubería interna, filtro para sedimentos, bomba centrífuga de $\frac{1}{2}$ hp, electro niveles (1 año garantía), con 10 años de garantía.

Traslado

- **Tubería:** conducto que cumple la función de transportar el agua de policloruro de vinilo o PVC, a una presión de 160 psi.
- **Codos:** es un accesorio utilizado en el sistema de conexión de la tubería de PVC para cambiar el flujo de las líneas en grados de acuerdo al plano.
- **Bomba:** equipo que permite la circulación del agua en un sistema.

Fórmulas hidráulicas

Volumen mínimo; corresponde al volumen del tanque cisterna que trasladará el agua, el cual corresponde en promedio a 30 m³ de 3 viajes de un día.

Q bombeo: corresponde al caudal promedio para bombear, en una jornada de 8 horas, del agua utilizada por el camión cisterna y aspersores que corresponde a 91,500 galones por minuto, equivalente a 12 L / s.

Diámetro de Tubería: partiendo de la fórmula de caudal, despejando el área para calcular el diámetro $Q = A \cdot V$ donde: Q: caudal en m³/s, V: velocidad en m/s, considerando que las tuberías tienen área transversal circular y el área de un círculo, donde "r" es el radio $A = \pi r^2$ se despeja el radio de la tubería $A m^2 = \pi r^2$, entonces $r^2 = A / \pi$, al final se multiplica el resultado por 2 porque el diámetro es dos veces el radio, considerando 1 pulgada más para la época de lluvias, dado que la medición se realizó en una época seca.

Potencia de bomba: Horse power

$$Pot_{Bomba} = (CDT * Q_{Bombeo}) / 76 * \text{eficiencia de bomba}$$

Donde:: CDT: carga dinámica total en metros que corresponde a 24 m + hf

Q Bombeo: caudal de bombeo en litros

76 que es una constante, a una eficiencia de 70 %

Pérdidas de carga: hf

$$hf = (10.679 / C^{1.852}) \times (L / D^{4.87}) \times Q^{1.852}$$

Donde:

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interno (m)

Q = caudal (m³/s)

Los valores de los coeficientes “C” se sacan de tabla, según material de tuberías (ver Anexo 1 A)

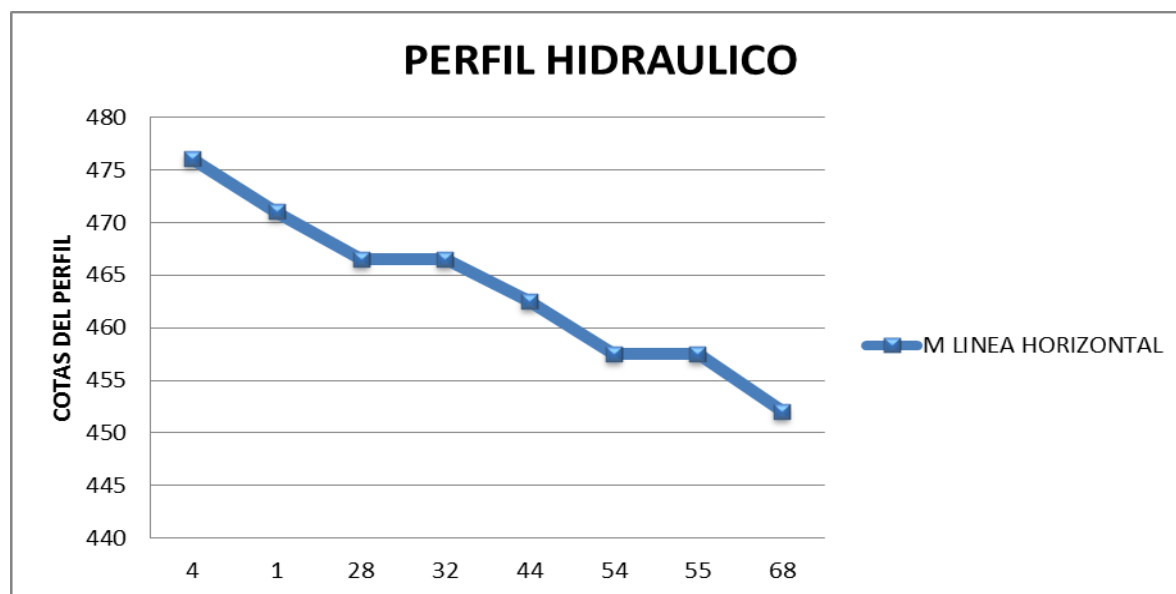
Tabla 11. Elementos del diseño hidráulico

Elementos	Capacidades / requerimientos		
	Unidad de medida	Cantidad	Promedio
Caudal a utilizar	l / s	12	12
Cisterna	L	2	10,000
Tubería	4" PVC metros 160 psi	85	85
Codos	Pvc 45°	6	6
Codo	PVC 90°	1	1
Bomba	Hp	1	6

Fuente: datos calculados

En los planos ubicados en los anexos se indica el punto de captación y almacenamiento ubicado a un lado en la caja de salida del Sedimentador secundario, así como el perfil hidráulico utilizado.

Grafico 1: Perfil hidráulico



7. Propuesta económica

Se considera la propuesta de inversión inicial y mantenimiento mensual, es decir el combustible y lubricantes necesarios para bombear el agua residual, considerando que se utilizará de acuerdo a los requerimientos de riego.

Tabla 12. Elementos del diseño hidráulico vrs costos

ELEMENTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cisterna	2	10,000 L	Q 14,905.00	Q 29,810.00
Tubería	15	Tubo / 6 m c/u 160 psi Diámetro de 4"	Q 509.61	Q 7,644.15
Codos	6	PVC 45°	Q 1,346.92	Q 8,079.52
Codo	1	PVC 90°	Q 1,346.92	Q 1,346.92
Bomba	1	6 hp	Q 29,000.00	Q 29,000.00
Planta eléctrica	1	2000 Watt	Q 3,000.00	Q 3,000.00
Combustible mensual	20	Galones	Q 35.00	Q 700.00
Lubricantes mensuales	5	Litros	Q 32.00	Q 160.00
TOTAL				Q 79,742.59

Datos obtenidos de costos de mercado de dichos elementos

Se considera que los elementos contemplados para el diseño hidráulico son los más recomendables y con los que se incurriría en menor gasto, dada su durabilidad, disponibilidad y garantía en el mercado comercial.

Se debe considerar que por el tipo de nutrientes que lleva el agua, el costo de fertilización disminuirá en un 50 %, es decir que de una inversión promedio anual de Q 40,000.00 en fertilizantes, se contempla un consumo anual de Q 20,000.00 para otros agroquímicos. El costo de mantenimiento de bombeo mensual es de Q860 entre combustibles y lubricantes, sin embargo se calcula que la inversión inicial se recupera en 2 años 7 meses, calculando un ahorro promedio anual de Q 29,616.32 en consumo de agua y fertilizantes, y una inversión inicial de Q 79,742.59, se deduce que se tiene la primera cantidad anual para invertir en la segunda.

11. CONCLUSIONES

El efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales puede reducir en un 26.5 % los costos de riego de áreas verdes; pues se disminuiría el bombeo del pozo de agua para riego que utiliza diariamente 63.54 galones por minuto, de los 240.5 galones por minuto que bombean los pozos, así como determinados fertilizantes, por la carga de nutrientes que tiene el agua residual tratada.

De acuerdo a los parámetros del Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales Acuerdo Gubernativo 236 – 2006, la calidad del agua del efluente es apta para: **Tipo I** reuso para riego agrícola en general, y **Tipo V** reuso recreativo (incluido riego de áreas verdes).

De acuerdo a la clasificación FAO – UNESCO del agua con fines de riego, de cada una de las etapas de tratamiento de agua de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria las muestras se clasifican como: **C3S1**
C3: Aguas de alta salinidad, utilizables en riego, cuidando el drenaje y las especies vegetales tolerantes. **S1**: Aguas de baja sodicidad (bajo contenido de sodio), pueden usarse para el riego en la mayoría de suelos más no en cultivos sensibles, como algunos frutales. Las plantas pueden acoplarse a un suelo salino, y además existen plantas tolerantes a la salinidad y el agua dulce se reserva para consumo humano y animales de granja. Existen otras investigaciones de reuso de agua residual tratada con distintos métodos y utilizando distintas etapas con respecto a producción en vivero de determinadas especies y para especies de consumo humano, demostrándose mayor productividad en su fase de crecimiento y considerando que los productos comestibles deben tener un proceso industrial previo a su consumo para eliminar patógenos.

De acuerdo a la investigación realizada, se determinó que todos los laboratorios que realizan prácticas en la ciudad universitaria de las Facultades de Odontología, Agronomía, Ciencias químicas y Farmacia, descargan diluciones de ácidos y bases al alcantarillado general, periódicamente, y guardan otros

elementos químicos contaminantes en botellas tipo pet y frascos de vidrio ámbar en los laboratorios, desde hace 10 años promedio, lo cual genera riesgo de contaminación a la salud y al ambiente, sin embargo no hubo respuesta de las Facultades de Ingeniería y Medicina Veterinaria y Zootecnia, pero se asume que son las mismas condiciones.

Las áreas que se deben establecer para riego en función de la calidad del agua tratada de planta de tratamiento del campus, de acuerdo a los parámetros de ley son; riego agrícola u ornamental en la ciudad universitaria.

El abasto actual de agua para riego es de dos pozos de agua, el cual implica un 26.5% del caudal de los mismos diariamente para el sistema de riego y el cisterna, así que el costo promedio mensual de agua de pozo es de Q 801.36, anual de Q 9,616.32, además del costo anual de fertilizantes, el cual puede ascender en promedio a Q 40,000.00, y utilizando el efluente de la planta de tratamiento hay una inversión inicial de Q 79,742.59, la cual se recupera en 2 años 7 meses, considerando siempre la compra de Q 20,000.00 en fertilizantes anualmente.

Para poder utilizar el agua, es necesario bombear de la cota 452 del Sedimentador secundario a la cota 471 a nivel de suelo a cota 476, considerando altura de tanque y camión cisterna,, la cual será captada y almacenada en dos tanques cisterna desde el Sedimentador secundario y elevada por medio de una bomba de 6 hp al punto de salida, por medio de tubería de pvc, hasta la entrada a la planta, de acuerdo al plano de perfil de la planta de tratamiento.

Se estima una inversión inicial de Q 79,742.59 para reutilizar el agua residual, y un costo de mantenimiento que contempla el combustible y lubricantes de Q 860.00 mensuales, con lo que se reducirá el consumo de agua de pozo, así como de fertilizantes.

La reutilización directa de aguas residuales tratadas, se ha desarrollado en aquellos países con elevada capacidad tecnológica, escasez de agua y un nivel económico alto.

En el presente caso la finalidad de la reutilización es aumentar el rendimiento aprovechando la materia orgánica y los nutrientes del agua residual.

12. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio de caudales de la planta de tratamiento de aguas residuales, para analizar el comportamiento distribución y variabilidad del caudal en el transcurso de 24 horas, en distintas épocas climáticas, períodos laborales y estudiantiles

Se considera necesario realizar el monitoreo del efluente con respecto a la calidad del agua para riego, por sus efectos en función de la relación agua – suelo – planta, en diferentes horarios, períodos y épocas del año, utilizando distintos métodos como medio de comparación, dada las fuentes que descargan y son tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se recomienda realizar un estudio de suelos, para las áreas donde se utilice el efluente, por el contenido de salinidad del agua, y así aprovechar el efluente de la planta de tratamiento de una forma sostenible.

Es necesario realizar el diseño adecuado para que el sistema de riego actualmente en uso que es abastecido por el agua de pozos de la ciudad universitaria, sea dotado por el efluente directamente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se recomienda hacer el estudio para reutilización de los lodos de la planta de tratamiento con distintos fines, entre ellos: fertilizante orgánico, medio de cultivo, sustrato de mejoramiento del suelo, sustrato con potencial entomotóxico, para jardinería de la ciudad universitaria, dada la valorización de este subproducto de tratamiento de las aguas residuales.

Es necesario evaluar la factibilidad de una planta neutralizadora o de tratamiento de desechos líquidos de los laboratorios que trabajan en el campus universitario, por las cantidades que se descargan al alcantarillado general, dado el peligro que implica su almacenamiento sin condiciones adecuadas, así como la contaminación que se vierte al ambiente.

13. BIBLIOGRAFIA

1. Aguirre C, A ____ Determinación de la dotación del agua. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoentuberias/dotacionagua/determinaciondeladotaciondeagua.html> Consultado 16 Noviembre 2011
2. Argueta López, A E 2009 Aprovechamiento del agua subterránea y manejo sostenible de los recursos hidráulicos en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Fac. Ing Guatemala 156 p.
3. Análisis de aguas, Normas de calidad de las aguas 1999 Gran Canaria España Disponible en: www.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=30673 Consultado 16 Mayo 2011
4. Colom de Morán, E 2005. Estudio de los Cambios Legales en el Marco de la Privatización del Agua en Guatemala. Disponible en: [http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/agua/documentos/nac/\(3\)%20Situacion Legal del Agua en Guatemala.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/agua/documentos/nac/(3)%20Situacion Legal del Agua en Guatemala.pdf) Consultado Mayo 20 de 2009.
5. Comisión Nacional Para el Riego – Instituto de Investigaciones agropecuarias, 2003 Relaciones Hídricas Suelo – Agua – Planta Estudio de validación de tecnologías de riego en el Valle del Huasco, Provincia de Huasco, III Región Chile Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/CursoFertirrigacion2003/RelacionesSueloPlantaAgua.pdf> Consultado Enero 26 de 2012
6. Congreso de la República de Guatemala, GT. 2006. Acuerdo gubernativo 236 – 2006 Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y disposición de lodos. Diario de Centroamérica, Guatemala, Mayo 11: Edición electrónica No. 805.
7. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía 1995 Gestión integral del agua, ciclo integral del agua, depuración y reutilización, estrategia de reutilización España Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnnextoid=facaa7ab49be3210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=4d4d1bf6356b5210VgnVCM1000001325e50aRCRD> Consultado Mayo 20 de 2009
8. Constitución política de la república de Guatemala Reformada por la consulta popular acuerdo legislativo 18-93 Guatemala 79 p.
9. URL (Universidad Rafael Landívar) Revista electrónica No. 13 reuso del efluente de la planta de tratamiento de aguas Residuales del campus central de la universidad Rafael Landívar para el riego de los jardines del campus Consultada Disponible en: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_13 QUI02.pdf Noviembre 11 de 2011
10. Fernández, C, 2001 Manual de Fisiología Vegetal Facultad de Agronomía Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 59 p.
11. Gispert, C. 2002 Enciclopedia práctica de la Agricultura y la Ganadería Editorial Océano, España 1032 p. 1 edición
12. Herrera, I 1995 Manual de Hidrología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de agronomía 223 p.

13. IUPA (Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas) Universidad Jaume I de Castellón 2004- España. Disponible en: <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH28.pdf> Consultado 20 Mayo 2009.
14. Lentini, E, 2010 Estudio servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala costos y beneficios.. Disponible en: <http://www.eclac.cl/dnri/noticias/noticias/8/41958/el02.pdf> Consultado 16 noviembre 2011
15. León Hernández, A. E. 2003 Diagnóstico sobre la situación actual del sistema de drenaje pluvial del campus central de la usac.
16. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente Decreto 68 – 86 Quinta Edición 2002 Guatemala 47 p.
17. Lozano Carreño, A. M., y T. Rovira Peña, *et al* 2004 Evaluación a escala laboratorio de procesos de eliminación de hidrocarburos aromáticos Policíclicos (PAHs) en suelos y aguas subterráneas: Integración de procesos de adsorción Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3139> Consultado Enero 26 de 2012,
18. Morales Cayax, M. A. 2002 Determinación de parámetros de aplicación del agua por el equipo de riego a presión del centro experimental docente de agronomía, Facultad de Agronomía, USAC. Tesis Fac Ing. ERIS. Guatemala 77 p.
19. Pariani, S. 2005 Relación agua – suelo – planta – Efectos del agua sobre el rendimiento Departamento de tecnología, Asignatura Riego y Drenaje Universidad Nacional de Luján España 30p. Disponible en: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:-BoL2WxbROAJ:www.oni.escuelas.edu.ar/2005/ENTRE_RIOS/980/riego%2520y%2520drenaje.pdf+relacion+agua+suelo+planta&hl=es&gl=gt&pid=bl&srcid=ADGEESj1JzQ0PvZeq4OGbOEbolCcGHUhsiTuTOc6JupoEl6bvkvx dqSSpua-XTekZpdnQYQSG8VINxA3NIGUSixYqTwsOyfwJ8bV5r4hwY1qpn-ZvTMmzu55IZ_vrZzZcJxjWi4Rur-X&sig=AHIEtbSzP1Dfm xv1XpyMrO54VuLMUY30LA Consultado Mayo 20 de 2009
20. Pérez Calvo, M. Diciembre 2006 Tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono: una alternativa ecológica CONAMA (Congreso Nacional del Medio Ambiente) España. Disponible en: http://www.cosemarozono.es/pdf/noticia_22.pdf Consultado 20 Mayo 2009.
21. Rodríguez, J. E. y E. M. Sánchez, de León 2006 Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Panajachel Sololá. Tesis Fac. Ing. ERIS – USAC Guatemala 68 p.
22. Sandoval Illescas, J. 1989 Principios de Riego y Drenaje Universidad de San Carlos Facultad de Agronomía 344 p.
23. Seguí Amortegui, L. A. 2004 Sistemas de regeneración y reutilización de aguas residuales. Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Biotecnología Agroalimentaria y Biotecnología, Tesis doctoral en biotecnología agroalimentaria y sostenibilidad Barcelona, España 256 p Disponible en: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/7053>. Consultado Mayo 20 de 2009

14. ANEXOS

ANEXO 1: Boleta de recolección de datos en campo

Fecha:	Temperatura	
Hora	Entrada	Salida

ANEXO 1 A: Tabla de coeficientes de Hazen-Williams

Material	Coeficiente de Hazen-Williams
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130 – 140
Aluminio	130

ANEXO 2: Plano de planta y perfil de la planta de tratamiento de aguas residuales

ANEXO 3: Resultados de análisis de laboratorios



Tabla 1. Resultados del análisis de la muestra del Sedimentador secundario de agua residual y comparación con los parámetros físicos, químicos y bacteriológico del Reglamento de ley.

PARÁMETRO	DIMENSIONALES	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	RESULTADOS	LAB*
Sólidos suspendidos	mg / L	100	55	ING
Nitrógeno total	mg / L	20	23.2	ING
Fósforo total	mg / L	10	6.4	ING
Potencial de Hidrógeno	Unidades	6 a 9	7.5	ING
Coliformes Fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^4$	$> 1.6 \times 10^6$	ING
Color	Unidades platino cobalto	500	95	ING
DBO	mg / L	200	5.5	ING

Fuente: Datos de laboratorio y reglamento de ley

LAB*: Laboratorio

M. Sc. Ing. Zenón Much Santos
Jefe del Laboratorio Unificado de
Química y Microbiología Sanitaria
"Dra. Alba Tabarini Molina"





FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 24769844 y 24439500 ext. 1520		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO																																	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Muestra de agua residual		No. de Código / Marca del Remitente Muestra de agua residual de la planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad San Carlos de Guatemala																																	
No. registro: 1104080		Empresa/Institución: División de Servicios Generales. Remitente/Solicitante: Elizabeth Pérez Solares																																	
Fecha recepción 04/04/2011	Muestras recibidas por PN	Tipo de recipiente Recipiente plástico	Peso neto ***																																
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Determinación de contenido de: As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn y Grasas y Aceite																																			
RESULTADOS DE ANÁLISIS																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetros evaluados</th> <th>Unidades</th> <th>Valor</th> <th>Limite de detección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arsénico</td> <td>mg/L</td> <td>No detectado</td> <td>0.01 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Cadmio</td> <td>mg/L</td> <td>No detectado</td> <td>0.10 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>mg/L</td> <td>No detectado</td> <td>0.10 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Niquel</td> <td>mg/L</td> <td>No detectado</td> <td>0.10 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Plomo</td> <td>mg/L</td> <td>No detectado</td> <td>0.10 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Cinc</td> <td>mg/L</td> <td>No detectado</td> <td>0.10 mg/L</td> </tr> <tr> <td>Grasas y aceites</td> <td>mg/L</td> <td>0.038 mg/L</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Parámetros evaluados	Unidades	Valor	Limite de detección	Arsénico	mg/L	No detectado	0.01 mg/L	Cadmio	mg/L	No detectado	0.10 mg/L	Cobre	mg/L	No detectado	0.10 mg/L	Niquel	mg/L	No detectado	0.10 mg/L	Plomo	mg/L	No detectado	0.10 mg/L	Cinc	mg/L	No detectado	0.10 mg/L	Grasas y aceites	mg/L	0.038 mg/L	
Parámetros evaluados	Unidades	Valor	Limite de detección																																
Arsénico	mg/L	No detectado	0.01 mg/L																																
Cadmio	mg/L	No detectado	0.10 mg/L																																
Cobre	mg/L	No detectado	0.10 mg/L																																
Niquel	mg/L	No detectado	0.10 mg/L																																
Plomo	mg/L	No detectado	0.10 mg/L																																
Cinc	mg/L	No detectado	0.10 mg/L																																
Grasas y aceites	mg/L	0.038 mg/L																																	
Costo por muestra: Sin costo (Ref.DUC.S./UR397-2011)																																			
Fecha: 12/04/2011	Analista(s) PN/MM	Ref. Registro Análisis: Cuad.UAI/PN	Costo total facturado: Sin costo																																
Firma Jefe UAI	Recibido nombre:	Firma	Fecha:																																





**Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca
y del Lago de Amatitlán**
Presidencia de la República

Villa Nueva 16 de mayo del 2011.
DCA-84-2011/EJJ

Ing. Agr. Ana Elizabeth Pérez Solares
Estudiante de USAC

Saludándole cordialmente, me dirijo a usted para hacer entrega de los resultados de cromo y cianuro de las muestra de la planta de tratamiento de aguas residuales de la USAC.

Sin otro particular me suscribo atentamente.


Licda. Elsa Jauregui Jiménez
Jefe División, Control, Calidad Ambiental y
Manejo de Lagos




Vo. Bo. Ing. José Rodrigo Villeda
Director Ejecutivo AMSA



cc. Archivo

Kilómetro 22 Ruta al Pacífico, Villa Nueva, Guatemala
Tel. (502) 6624-1700
www.amsa.gob.gt



Autoridad para el Manejo Sustentable
de la Cuenca y del Lago de Amatitlán
Presidencia de la República



DIVISION DE CONTROL, CALIDAD AMBIENTAL Y MANEJO DE LAGOS			
INFORME DE ANÁLISIS			
Tipo de Muestra	Agua Residual	Marca o Código del Remitente	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales USAC
Número de Registro Laboratorio	AMSA 110289 FQ	Lugar de procedencia	Salida Planta USAC
No. de Ingreso	---	Recibida por	Pamela Camarero
Fecha de muestreo	12/05/2011	Fecha de recibido	12/05/2011
Hora de muestreo	11:00	Tipo de recipiente	Recipiente de Agua Embotellada (polietileno)
Condiciones de recepción	La muestra fue transportada refrigerada y rotulada correctamente		
Fecha de inicio de análisis	12/05/2011	Fecha de finalización del análisis	16/05/2011

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Parámetros (Dimensional)	Resultados	Parámetros (Dimensional)	Resultados
Cianuro (CN mg/L)*	0.015	Cromo hexavalente (Cr ^{VI} mg/L)*	0.01

MUESTRA TOMADA POR	No Refiere.
ANALISTA (S)	Susan Jiménez
Firma Encargada de Laboratorio	Licda. Ana Beatriz Suárez

Método Utilizado

*Determinación por método fotométrico



Lda. Ana Beatriz Suárez
Química Bióloga
Colegiada No. 3141

Kilómetro 22 Ruta al Pacífico, Villa Nueva, Guatemala
Tel. (502) 6624-1700
www.amsa.gob.gt



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: DIRECCION DE SERVICIOS GENERALES
RESPONSABLE: ELIZABETH PEREZ
PROCEDENCIA: CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
FECHA DE INGRESO: 2/6/2011

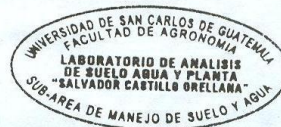
ANALISIS DE AGUA

IDENT	pH	$\mu\text{S/cm}$ C.E.	Meq/litro				Ppm				RAS	CLASE
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
CANALETA	8.5	1333	1.62	1.01	3.13	0.87	0	0	0.1	0	2.75	C3S1
SEDIMENTADOR PRIMARIO	7.4	1138	1.37	1.03	3.70	0.46	0	0	0.3	0	3.36	C3S1
ETAPA 1	7.5	962	1.37	1.01	3.59	0.41	0	0	0	0	3.29	C3S1
ETAPA 2	7.2	884	1.25	0.97	3.59	0.56	0	0	0.3	0	3.45	C3S1
ETAPA 3	6.5	801	1.50	1.05	3.48	0.36	0	0	0.3	0	3.05	C3S1
SEDIMENTADOR SECUNDARIO	6.1	840	1.62	1.15	3.80	0.31	0	0	0	0	3.14	C3S1

Según clasificación **FAO-UNESCO** la muestra ingresada al laboratorio se clasifica como:

C3 : AGUAS DE ALTA SALINIDAD

S1: AGUAS DE BAJA SODICIDAD (bajo contenido de sodio)



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO T-8, SEGUNDO NIVEL, OFICINA B-9. CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12. GUATEMALA.
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 2443 9500, EXTENSION: 1768. FAX: (502) 2476 9758.

**ANEXO 4: Respuestas de disposición final de desechos líquidos
de laboratorios de la ciudad universitaria**



FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Edificio M-4, segundo piso
Ciudad Universitaria, zona 12
Apartado Postal 1029
Guatemala, Centroamérica

RECIBIDO
RECEPCION

2011 MAY 30 PM 2:42

Guatemala 30 de mayo del 2011
Ref.: F.O.D. 0104/2011

USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES

RECIBIDO
31 MAYO 2011
#790 9:00 HRS.

Arquitecto
Manuel Montúfar Miranda
Jefe del Departamento de Diseño,
Urbanización y Construcciones
División de Servicios Generales
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Arquitecto Montúfar:

Atentamente me dirijo a usted, deseándole éxitos en sus labores diarias.

En relación a su nota Ref. DUC.126/2011, de fecha 19 de mayo del 2011, en donde solicitan información acerca de la disposición final de líquidos de los laboratorios en esta Facultad, le informo que no se realiza ningún tratamiento especial y los líquidos que se utilizan en los laboratorios y clínicas, egresan directamente al drenaje del Campus Universitario.

Es importante mencionar, que únicamente se cuenta con el servicio de una empresa privada, quienes realizan tratamiento de los desechos sólidos bioinfecciosos generados por la atención de los pacientes en esta Unidad Académica.

Agradeciendo de la atención a la presente, suscribo.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Manuel Anibal Miranda Ramírez

DECANO



MAMR/mgdg



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía
Secretaría Adjunta

2011 SEP. 2 AM 11:01

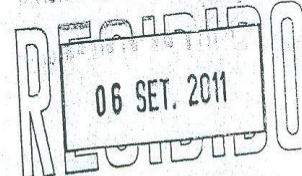


No. 2897

DSG
USAC

31 de agosto de 2011.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIVISION DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Arquitecto
Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Departamento DUC
Su Despacho



Reina. 10:30 HRS.
1291

Arquitecto Montúfar:

En atención a su nota con referencia DUC.207/2011, mediante la cual me solicita le informe la disposición final de líquidos de los Laboratorios en nuestra Facultad, atentamente me permito indicarle que actualmente la contaminación de ácidos, reactivos, etc., utilizados en dichos Laboratorios van directo a la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Ovidio Benigno De León Girón
Secretario Adjunto



ODL/Ana D.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

RECIBIDO
RECEPCION

2011 NOV 16 PM 3:05

DSG
USAC

No.F.2482.11.2011
11 de noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES

RECIBIDO
17 NOV. 2011

Reina 10:24 HRS.
1748

Arquitecto

Manuel Montúfar Miranda, Jefe

Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Arquitecto Montúfar:

En respuesta a lo solicitado por usted, en oficio de referencia DUC.124/2011 de fecha 19 de mayo del año en curso, con relación a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, por este medio, traslado la información proporcionada con respecto a dicho tema, por los Directores de Escuelas de esta Unidad Académica,

- ✓ Escuela de Química
- ✓ Escuela de Química Biológica
- ✓ Escuela de Química Farmacéutica
- ✓ Escuela de Biología
- ✓ Escuela de Nutrición

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.

SECRETARIO



Vo. Bo.

Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto

DECANO



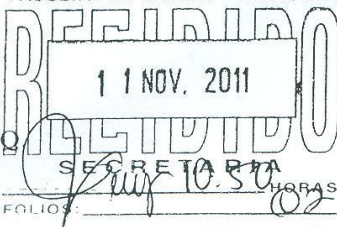
c.c.: archivo, correlativo
POS/bid

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Edificio T-12 Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12 Teléfono: 24189400



FACULTAD DE CC. Q.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE C.C.Q.Q. Y FARMACIA



DEQ.No.307.11.2011

Guatemala, 11 de noviembre de 2011

Licenciado
Pablo Ernesto Oliva Soto
Secretario
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Estimado Lic. Oliva Soto:

Saludándolo cordialmente, a continuación le informo sobre el tratamiento que se realiza a los desechos líquidos en los departamentos de la Escuela de Química:

a) Departamento de Análisis Inorgánico:

1. Lavado de material y cristalería: con agua, extrán, detergente industrial o comercial, se desecha directamente a los drenajes de los lavatrastos que están en los laboratorios.
2. Desechos ácidos y básicos son tratados según protocolo de tratamiento de desechos.
3. Desechos líquidos de prácticas especiales que puedan contener metales o material peligroso, son tratados en el Departamento, según protocolo de tratamiento de desechos para encapsularlos o que no quede expuesto al ambiente.
4. Desechos orgánicos: los desechos orgánicos se almacenan en contenedores adecuados. Estos se llevan a la empresa BAYER para su disposición final (incineración). No son utilizados disolventes orgánicos clorados.
5. Desechos orgánicos de cromatografía líquida: son recuperados los solventes utilizados: metanol, etanol y acetonitrilo, y se asignan para otros usos.
6. El resto de disolventes orgánicos que se utilizan, son almacenados en contenedores especiales para llevarlos a empresas para su disposición final.

b) Departamento de Fisicoquímica y Unidad de Análisis Instrumental:

1. Desechos Orgánicos: Los desechos orgánicos son trasladados a la planta Bayer S.A, ubicada en Amatitlán, en donde son tratados e incinerados. Este tratamiento se realiza por lo general en enero de cada año.
2. Desechos Inorgánicos: Se hace la clasificación como desechos ácidos y básicos. Estos son tratados por los ayudantes de cátedra del departamento de Fisicoquímica y estudiantes del curso de Análisis instrumental III – Q. Son descartados con la elaboración de planchas de cemento. Este tratamiento se realiza en noviembre de cada año.

c) Departamento de Química Orgánica:

Los desechos son en su mayoría orgánicos insolubles en agua, por lo que se almacenan y incinerarán en conjunto con los del Departamento de Fisicoquímica. Los residuos acuosos se tratan

“2011, Año Internacional de la Química”

primero neutralizándolos y luego, se sigue el procedimiento establecido en el Departamento de Análisis Inorgánico, para desechos acuosos.

d) Departamento de Química General: No realizan tratamiento de desechos químicos.

Esperando que la información sea de utilidad, me suscribo,

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Dr. Juan Francisco Pérez Sabido
Director, Escuela de Química



c.c.archivo
JFPS/myb

“2011, Año Internacional de la Química”

RE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

13 de julio del 2 011
REF.EQB.407-2 011

Licenciado
Pablo Oliva
Secretario
Fac.CC.QQ. y Farmacia



Estimado Licenciado Oliva:

Atentamente me dirijo a usted para dar respuesta a su oficio No. F.812.05.2011 en relación a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios de ésta Escuela, la cual me permito detallar a continuación.

Departamento	Tipo de líquidos	Forma de descarte	Comentarios
Microbiología	Desechos de colorantes de uso microbiológico	Se eliminan en los drenajes de las mesas de trabajo.	
Citohistología	Origen fisiológico	Descontaminación con cloro y descarte al drenaje	
	Residuos de solventes (cloroformo y diclorometano)	Se almacenan en contenedores para su descontaminación	
	Alcoholes, cloro, sustancias de limpieza y detergentes	Se eliminan en los drenajes	
Bioquímica	Residuos ácidos de reactivos de las prácticas	Se neutralizan con hidróxido de sodio y se descartan en el drenaje.	
	Residuos alcalinos de reactivos de las prácticas	Se neutralizan con ácido clorhídrico y se eliminan en el drenaje.	

"2 011, AÑO INTERNACIONAL DE LA QUIMICA"

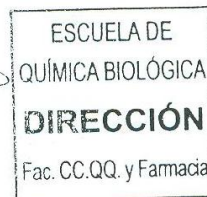
	Residuos de solventes y reactivos peligrosos	Se almacenan en frascos oscuros rotulados.	Se tienen dos anaqueles con frascos rotulados almacenados por más de cinco años.
--	--	--	--

Mucho agradeceré su intervención a efecto que los frascos de desecho que se encuentran almacenados durante años puedan ser descartados en una forma segura y evitar así continuar con este almacenamiento poco seguro para los laboratorios de esta escuela.

Sin otro particular y agradeciéndole su atención al respecto me suscribo de usted,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MSc. Vivian Matta
Directora
Escuela Química Biológica



c.c. Archivo, correlativo

VM*Eugenia

"2 011, AÑO INTERNACIONAL DE LA QUÍMICA"



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

04 de noviembre de 2011

REF.EQF.376.11.011

Licenciado
Pablo Oliva Soto
Secretario Académico
Facultad CC.QQ. y Farmacia
Presente

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE C.C.Q.Q. Y FARMACIA



Estimado Lic. Oliva:

Con un cordial saludo me dirijo a usted, para hacerle entrega de la información enviada por los Jefes de los Departamento de la Escuela de Química Farmacéutica, en las cuales informan los procedimientos que utilizan en la disposición final de los desechos de los laboratorios.

Sin otro particular, suscribo

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Licda. Lucrecia Martínez de Haase
Directora
Escuela de Química Farmacéutica



cc. Archiv
LMH*Ingrid



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

17 de octubre de 2011
REF.EQF.353.10.011

Licenciada
Lucrecia Martínez de Haase
Directora
Escuela de Química Farmacéutica
Presente

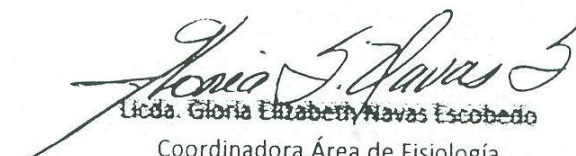
RECIBIDO
D. P. CASTILLO
ESCUELA DE QUÍMICA FARMACÉUTICA
Fecha: 17/10/11
Hora: 15:40

Estimada Licda. Martínez de Haase:

Con un cordial saludo me dirijo a usted, en referencia a su Memo REF.EQF.352.10.2011, sobre la forma de disposición final de líquidos de laboratorio, tengo a bien informarle que en el Área de Fisiología los líquidos que manejamos para el laboratorio generalmente son agua y suero fisiológico, el cual desecharmos en la pila del laboratorio y los líquidos biológicos como sangre se almacenan en guardianes para posteriormente ser llevadas a la Escuela de Química Biológica para su desecho.

Sin otro particular, suscribo

Atentamente,
"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo
Coordinadora Área de Fisiología
Escuela de Química Farmacéutica

cc. Archivo
GENE*Ingrid

Guatemala, 18 de octubre de 2011

Licda. Lucrecia Martínez de Haase
Directora de la Escuela de Química Farmacéutica

Estimada licenciada de Haase:

Me dirijo a usted con el objeto de saludarla y enviarle la información solicitada en cuanto a la forma de disposición final de líquidos en el laboratorio del Departamento bajo mi responsabilidad. Al respecto, me permito indicarle que los alumnos solo desechan en los drenajes alcohol. Tenemos envases de vidrio en donde depositamos por separado los ácidos de los álcalis, y los solventes orgánicos. El problema consiste no en que se esté contaminando las aguas residuales del campus, sino que el peligro y la contaminación permanece almacenada en el laboratorio durante muchos años, tomando en cuenta que en la Facultad nadie se hace responsable del manejo de los desechos químicos. Es por ello urgente que la Junta Directiva por fin decida lo que se va a hacer con este problema, pues representa un gran peligro.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"



Licda. Beatriz Medinilla

Jefa del Departamento de Farmacognosia y Fitoquímica



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

RECIBIDO
INSTRUMENTO CASTILLO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
Fecha: 21/10/11
Hora: 9:00

Guatemala, 19 de octubre de 2011

Licenciada
Lucrecia Martínez de Haase
Directora Escuela de Química Farmacéutica
Edificio T-12.

Estimada Licenciada Martínez de Haase:

Reciba un atento saludo y mis deseos por el éxito de sus actividades.
Me dirijo a usted para dar respuesta a su Memorandum REF.EQF.352.10.2011, en el cual solicita le informe sobre la forma de disposición final de los líquidos de los laboratorios del Departamento a mi cargo.

Al respecto le informo que en el Departamento de Análisis Aplicado los desechos de ácidos y bases débiles se diluyen con agua y a continuación se descartan en las tuberías de los lavatrastos. Los desechos de ácidos y bases fuertes y los de solventes orgánicos se almacenan en recipientes separados en espera de ser tratados para su descarte final.

Es oportuno manifestar que se hace necesario que la Facultad o al menos nuestra Escuela cuenten con un sistema de tratamiento y eliminación de desechos, técnicamente apropiado, para evitar la peligrosa acumulación de recipientes llenos de desechos ó un irresponsable descarte de los mismos con la consecuente y dañina contaminación.

Atentamente,

Licenciada Hada Marieta Alvarado B.
Jefa Departamento de Análisis Aplicado
Escuela de Química Farmacéutica



c.c.: Archivo

DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

REF. EQF. 354. 10. 2011

Guatemala, 21 de octubre de 2011

21 10 11
11:19 U

~~Licenciada~~

Lucrecia Martínez de Haase

~~Directora~~

Escuela de Química Farmacéutica

~~Licenciada Martínez~~

Atentamente me dirijo a usted, en relación a la disposición final de los líquidos de laboratorio, al respecto le informo que el departamento de Química Medicinal, dispone de los líquidos de laboratorio de la siguiente manera.

- ✓ Ácidos y bases diluidos, se descartan en el drenaje con suficiente agua.
- ✓ El resto se han guardado en recipientes de vidrio y están pendientes de ser tratados y destruidos como desechos de laboratorio.

Sin otro particular,

Cordialmente,

"D Y ENSEÑAR A TODOS"

Licda. Lilia Irving Antillón, M.A.

Jefa

Departamento de Química Medicinal

LIA Irving



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 18 de julio de 2011
EB/No.290-2011

Licenciado
Pablo Oliva Soto
Secretario Académico
Facultad de CC.QQ. y Farmacia.
USAC.



Licenciado Oliva:

Atendiendo a lo solicitado en su Oficio Ref. No.F.814.05.2011, me permito manifestarle que luego de realizar las consultas correspondientes, se establece que ninguno de los Departamentos de la Escuela de Biología realiza tratamiento especial para disponer de los desechos líquidos que se originan en los laboratorios de los diferentes cursos que se imparten, ya que los mismos se desechan en el desagüe de los lavatrastos ubicados en las mesas de laboratorio.

Sin otro particular, aprovecho para suscribir con muestras de mi consideración.

"Id y enseñad a todos"


Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares
Director
ESCUELA DE BIOLOGIA



c.c.: Archivo, correl.
SAMV/sdech.

" 2011, Año Internacional de la Química "



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Providencia 10.07.2011

DIRECCION DE ESCUELA DE NUTRICION. Guatemala, once de julio de dos mil once.

ASUNTO: Solicitud del Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A., para que se atienda oficio DUC.124/2011, en donde el Arq. Manuel Montúfar Miranda, Jefe del Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones de la Universidad, solicita se le informe sobre la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en esta Unidad Académica.

Vuelva atentamente a la Licda. Silvia Rodríguez de Quintana, Directora de la Escuela de Nutrición, la respuesta a la solicitud del Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A., en relación al oficio DUC.124/2011, (se adjunta fotocopia) en donde el Arq. Manuel Montúfar Miranda, Jefe del Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones de la Universidad, solicita se le informe sobre la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en esta Unidad Académica.

Al respecto se le informa que en la Laboratorio de Alimentos de esta Escuela no se producen ni se manejan líquidos contaminantes del medio ambiente; solamente se utiliza agua para lavado y desinfección de verduras y frutas, la cual normalmente se desecha en los desagües de los lavatrastos del laboratorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted muy atentamente

"Id y enseñad a todos"

MA. Julieta Salazar de Ariza
Jefa del Departamento de Alimentos
Escuela de Nutrición

SRDQ/glcdg

ANEXO 5: Cartas de solicitud de análisis de muestras en laboratorio e información de disposición final de desechos líquidos de laboratorios de la ciudad universitaria

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 27 de enero del 2011
Ref. DUC. S. /UR 066- 2011

Ingeniero:
Pedro Saravia
Director ERIS
Escuela Regional de Ingeniería
Sanitaria y Recursos Hidráulicos
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Pedro Saravia:

De manera atenta y por este medio hago de su conocimiento que la División de Servicios Generales le brindará la colaboración necesaria a la Inga. Ana Elizabeth Pérez Solares para realizar el trabajo de investigación *"Utilización con Fines de Riego del Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad Universitaria"*.

Agradeciendo el apoyo brindado por la Inga. Ana Elizabeth Pérez Solares, ya que este estudio es de beneficio para nuestro Departamento y para la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Harry Efraín Ochaeta Galindo
Coordinador Proyectos de
Urbanización y Remodelaciones

Arq. Manuel Montufar Miranda
Jefe, Departamento de Diseño,
Urbanización y Construcciones



Vo.Bo. Ing. Marcia Veliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales
Universidad de San Carlos de Guatemala

C.c. Archivo/Inga. Elizabeth Pérez
URBA

28/01/2011
ERIS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica



Guatemala, 04 abril del 2011
Ref. DUC.S./UR 397- 2011

Doctor:
Juan Francisco Pérez Saleino
Jefe de Unidad de Análisis Instrumental y
Director de Escuela de Química
T-12, 2do. Nivel Escuela Química

Dr. Juan Francisco Pérez:

De manera atenta le solicito que por medio de sus buenos oficios se realicen las pruebas de laboratorio:

- ✓ GRASAS Y ACEITES
- ✓ ARSENICO
- ✓ CADNIO
- ✓ COBRE
- ✓ NIQUEL
- ✓ PLOMO
- ✓ CINC

Las muestras serán extraídas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los análisis servirán para el trabajo de investigación "*Utilización con Fines de Riego del Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad Universitaria*", de la Inga. Ana Elizabeth Pérez Solares.

Es importante mencionar que estos análisis de laboratorio nos servirán para evaluar si la Universidad cumple con la nueva normativa ambiental.

Agradeciendo de antemano su colaboración, sin otro particular,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Harry Edwin Ochaeta Galindo
Coordinador Proyectos de
Urbanización y Remodelaciones

Arq. Manuel Montufar Miranda
Jefe del Depto. de Diseño,
Urbanización y Construcciones

Vo.Bo. Inga. Marcia Domínguez Vargas
Jefe División de Servicios Generales

C.c. Archivo
URBA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CC.QQ. Y FARMACIA, ESCUELA DE QUIMICA

UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL -UAI-

Teléfono Directo: 2418-9423

COMPROBANTE INGRESO DE MUESTRAS -UAI-

EMPRESA/INSTITUCION: División de Servicios Generales		
No. RECIBO	TELÉFONO: 4604-6318	NIT:
DIRECCION: Ciudad Universitaria zona 12		
NOMBRE SOLICITANTE: Elizabeth Pérez Solares		
DESCRIPCIÓN Y PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS: Planta de tratamientos USAC		
ANÁLISIS SOLICITADO: Grasas y aceites. Metales Arsénico, Cadmio, Cobre, Niquel, Plomo, Zinc, Cromo total		
CANTIDAD DE MUESTRAS	COSTO/ANÁLISIS	COSTO TOTAL
Una	Sin costo	Sin costo
RECIBIDO POR: PN		Fecha: 04/04/2011
No(s) Registro: 1104080		

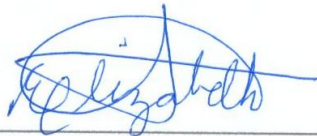


Guatemala, Abril 04 de 2011

Ingeniero:
Jose Rodrigo Valladares Guillen
Director Ejecutivo
AMSA

De manera atenta me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que actualmente estoy realizando la tesis titulada: "Utilización con fines de riego del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad Universitaria" de la Maestría de Recursos Hídricos, de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS– como estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que **solicito** a usted se puedan realizar los análisis de: Cianuro Total y Cromo hexavalente de una muestra de agua de dicha planta en el área de laboratorio de AMSA, para poder determinar la calidad del agua del efluente de dicha planta y si esta cumple con el Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales, por lo que agradeceré una positiva respuesta.

Atentamente,



Inga. Agra. Ana Elizabeth Pérez Solares
Carnet 10015121
Cel. 4604 6318
Email: elizabeth14081@yahoo.com

RECIBIDO
RECEPCIÓN

2011 MAY 12 AM 11:06

Guatemala Mayo 12 de 2011

DSG
USAC

Arquitecto
Manuel Montúfar Miranda
Jefe Departamento de Diseño Urbanización y Construcciones
División de Servicios Generales

Arquitecto:

De manera atenta le solicito que por su medio se pueda obtener la siguiente información: Forma de disposición final de líquidos de los laboratorios de las unidades académicas siguientes: Agronomía, Farmacia, Veterinaria, Odontología. Para cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario del estudio especial "Utilización con fines de riego el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad universitaria", de acuerdo a Ref DUC.S./UR 066 – 2011.

Agradeciendo su atención a la presente, atentamente,



Elizabeth Pérez Solares
Ingeniera Agrónoma en Rec. Nat. Ren.

Adjunto copia Ref DUC.S./UR 066 – 2011.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE C.C.Q.O. Y FARMACIA



Guatemala, 19 de Mayo de 2011
Ref. DUC.124/2011

Doctor
Oscar Manuel Cobar Pinto
Decano, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Universidad de San Carlos de Guatemala
Edificio T-12, Segundo Nivel
Ciudad Universitaria, Zona 12

Dr. Cobar Pinto:

Muy atentamente nos dirigimos a usted con el fin de solicitarle se sirva informarnos referente a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en dicha Facultad; con el propósito de cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario.

Sin nada más por el momento, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Depto. Diseño, Urbanización y Construcciones

Vo.Bo. Inga. Marcia Monte Véliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales

Anexo:
c.c. Archivo
MMM/rj

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
USAC



Guatemala, 19 de Mayo de 2011
Ref. DUC.125/2011

Licenciado
Leonidas Avila Palma
Decano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Edificio M-6, Primer Nivel
Universidad de San Carlos de Guatemala
Edificio T-12, Segundo Nivel
Ciudad Universitaria, Zona 12

Lic. Avila Palma:

Muy atentamente nos dirigimos a usted con el fin de solicitarle se sirva informarnos referente a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en dicha Facultad; con el propósito de cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario.

Sin nada más por el momento, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Depto. Diseño, Urbanización y Construcciones



Vo.Bo. Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales

Anexo:
c.c. Archivo
MMM/rj

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 19 de Mayo de 2011
Ref. DUC.126/2011

Doctor
Manuel Miranda
Decano, Facultad de Odontología
Universidad de San Carlos de Guatemala
Edificio M-4, Segundo Nivel
Ciudad Universitaria, Zona 12

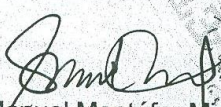
Dr. Miranda:

Muy atentamente nos dirigimos a usted con el fin de solicitarle se sirva informarnos referente a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en dicha Facultad; con el propósito de cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario.

Sin nada más por el momento, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Arq. Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Depto. Diseño, Urbanización y Construcciones

Anexo:
c.c. Archivo
MMM/rj


Vo.Bo. Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

RECIBIDO
24 MAYO 2011

F)



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 27 de mayo del 2011
Ref. DUC. S. /UR 642- 2011

Ingeniero Agrónomo:
Aníbal Sacbajá
Jefe del Laboratorio de Subarea
de Manejo de Suelo y Agua.
2do. Nivel T-8, oficina B-11
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Agrónomo Sacbajá:

De manera atenta y por este medio hago la solicitud para poder realizar el **Análisis de 6 muestras de agua con fines de riego**, cada una representa las etapas que la Planta de Tratamiento de Agua Residuales realiza, lo cual permitirá evaluar cuál de estas etapas es más conveniente para riego dentro de la Ciudad Universitaria.

Esperando su respuesta pronta y positiva.

Me suscribo de usted,

Atentamente

Ing. Harry Efraín Ochaeta Galindo
Coordinador Proyectos de
Urbanización y Remodelaciones

Arq. Manuel Montufar Miranda
Jefe, Departamento de Diseño,
Urbanización y Construcciones

Vo.Bo. Ing. Marcia Veliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales
Universidad de San Carlos de Guatemala

Cc: Archivo
URBA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 12 de julio de 2011
Ref. DUC.183/2011

Ingeniero
Zenon Much
Jefe, Laboratorio Unificado y
Microbiología Sanitaria
Facultad de Ingeniería
Edificio T-5, Segundo Nivel
Ciudad Universitaria, Zona 12

Ing. Much:

Muy atentamente nos dirigimos a usted con el fin de solicitarle se sirva informarnos referente a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en dicha Facultad; con el propósito de cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario.

Sin nada más por el momento, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Depto. Diseño, Urbanización y Construcciones

Vo.Bo. Inga. Marcia Ivonne Velaz Vargas
Jefa, Division de Servicios Generales

Anexo:
c.c. Archivo
MMM/rj

Recibido 13/07/2011

Inga.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

8

Guatemala, 12 de Agosto de 2011
Ref. DUC.207/2011

Doctor
Lauriano Figueroa
Decano, Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Edificio T-9, Segundo Nivel
Ciudad Universitaria, Zona 12

Ing. Figueroa:

Muy atentamente nos dirigimos a usted con el fin de solicitarle se sirva informarnos referente a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en dicha Facultad; con el propósito de cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario. Dicha información se requirió con oficio Ref. DUC123-2011 de fecha 19 de mayo del año en curso; por lo que rogamos la atención a la presente.

Sin nada más por el momento, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Arq. Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Depto. Diseño, Urbanización y Construcciones

c.c. Archivo
MMM/j

Vo.Bo. Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales

USAC

RECIBIDO
17 AGO. 2011
RECEPCION

INGRESO #: _____ FOLIO: _____
A: _____ FIRMA: _____

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



DIVISION DE SERVICIOS GENERALES
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

2



Guatemala, 24 de Octubre de 2011
Ref. DUC.238/2011

Ingeniera
Telma Maricela Cano Morales
Directora, Dirección de Investigación de Ingeniería
Facultad de Ingeniería
Edificio T-5, Segundo Nivel
Ciudad Universitaria, Zona 12

Ing. Cano Morales:

Muy atentamente nos dirigimos a usted con el fin de solicitarle se sirva informarnos referente a la forma de disposición final de líquidos de los laboratorios en dicha Facultad al mismo tiempo favor de indicar en listado los líquidos que se desechan y la cantidad en promedio por semana, con el propósito de cumplir con parte del objetivo de identificación de fuentes que descargan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del campus universitario.

Sin nada más por el momento, nos suscribimos de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Arq. Manuel Montúfar Miranda
Jefe, Depto. Diseño, Urbanización y Construcciones

Vo.Bo. Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas
Jefa, División de Servicios Generales

Anexo:
c.c. Archivo
MMM/rj