



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

***“PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LOS HANGARES DEL MUNICIPIO DE PASTAZA”***

**DIRECTORA:**

**DRA. ANA LUCÍA CHAFLA**

**AUTOR:**

**Romel Vinicio Castillo Bustamante**

Puyo, Junio del 2011

PUYO - ECUADOR

**PRESENTACIÓN DEL TEMA:**

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA SEPARACIÓN DE  
GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LOS HANGARES DEL MUNICIPIO DE  
PASTAZA

**TRIBUNAL DE TESIS:**

ING. BILLY CORONEL ESPINOZA  
MIEMBRO 1

ING. DERWIN BIAFARA BANGUERA  
MIEMBRO 2

ING. EDISON SAMANIEGO GUZMAN  
MIEMBRO 3

## **AGRADECIMIENTO**

Mi atento y respetuoso agradecimiento:

A la Universidad Estatal Amazónica que en sus aulas nos formamos por alrededor de siete años para poder cumplir con una de nuestras aspiraciones personales como es la de ser Ingeniero Ambiental para la República del Ecuador y para el Mundo.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón de Pastaza, en la persona del Señor Germán Flores, quien ha sabido confiar en este servidor para recibir una verdadera y bien fundamentada propuesta de sistema de tratamiento para los efluentes que se generan en los Talleres de dicha Institución.

A toda la Planta Docente de nacionales y extranjeros que trabajaron y trabajan en la UEA, al Personal Administrativo, Autoridades y a las personas que siempre prepararon nuestras aulas y sus predios para que nuestra estancia en la Universidad sea de lo mejor.

A mi familia, al mundo y a la vida...

RomeIvin

## DEDICATORIA

A mi Mamá y a mi hermana María, que aunque nunca me verán llegar a la meta, me vieron iniciar esta carrera con toda la emoción y expectativa, en su memoria y por ser el motivo por el cual continúo superándome cada día.

A mi Papá y a mi hermana Lidia, a quienes extraño cada día y que desde lo lejos esperan inquietos, pero con la seguridad de que pronto habré de terminar esta carrera.

A este sueño llamado Amazonia que ha tenido que esperar muchos años para ver formados verdaderos profesionales quienes le tiendan una mano y la salven de caer en el abismo de corrupción y contaminación que se ha venido formando en todos los ámbitos incluyendo a nuestra propia Estatal Amazónica.

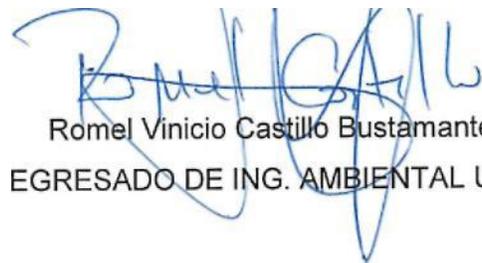
Y por último y no por eso menos importantes a quienes durante el transcurso de estos siete años han logrado transmitir la energía suficiente en esos momentos difíciles en los que poco o nada importa, cuando estas a punto de echarse para atrás y pierdes la fe, como gotas de agua en el desierto te ayudan a superar las adversidades, a esas personas que yo llamo, amigas y amigos, a esas personas también dedico con muchísimo orgullo el presente trabajo.

RomeIvin

## RESPONSABILIDAD

Yo, Romel Vinicio Castillo Bustamante con C. C. 160034462-4, soy responsable de la presente tesis de grado, manifiesto que el tema es inédito y de mi propia autoría, La revisión bibliográfica se encuentran con su respectiva cita y asiento bibliográfico, la información complementaría se encuentra incluida en anexos.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Romel Vinicio Castillo Bustamante  
EGRESADO DE ING. AMBIENTAL UEA

## CONTENIDO

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I,	Composición del aceite virgen de base mineral .....	32
Tabla II,	Composición de los aceites lubricantes usados.....	32
Tabla III,	Composición media del aceite usado .....	33
Tabla IV,	Tipos de separadores de aceites y grasas lubricantes .....	41
Tabla V,	Relación entre velocidad de las partículas y velocidad de sedimentación	50
Tabla VI,	Dimensiones de una trampa de grasas de acuerdo al caudal.....	53
Tabla VII,	Condiciones Meteorológicas en Puyo de los últimos 6 años.....	70
Tabla VIII,	Consumo diario de agua en m <sup>3</sup> del Taller Municipal .....	78
Tabla IX,	Medición del caudal, uso de agua en los talleres municipales.....	79
Tabla X,	Análisis Económico .....	81
Tabla XI,	Planilla presupuestaria .....	82
Tabla XII,	Resumen de costos .....	83
Tabla XIII,	Resultados de los análisis de Demanda Química de Oxígeno, efluentes municipales (DQO 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (DQO 2) en mg/L .....	83
Tabla XIV,	Resultados de los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno, efluentes municipales (DBO 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (DBO 2) en mg/L.....	84
Tabla XV,	Resultados de los análisis de Hidrocarburos Totales, efluentes municipales (TPH's 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (TPH's 2) en mg/L .....	86
Tabla XVI,	Resultados de los análisis de Aceites y Grasas, efluentes municipales (AYG 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (AYG 2) en mg/L....	87

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico I,	Consumo diario de agua en m <sup>3</sup> del taller municipal .....	78
Gráfico II,	Medición del caudal, uso de agua en los talleres municipales.....	79
Gráfico IV,	Análisis de las pruebas de DQO .....	84
Gráfico V,	Análisis de las pruebas de DBO .....	85
Gráfico VI,	Análisis de las pruebas de TPH's.....	86
Gráfico VII,	Análisis de las pruebas de Aceites y Grasas.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura I, Proceso del cemento y co-procesamiento de desechos.....	57
Figura II, Proceso del clinker.....	58
Figura III, Aceite reciclado y aceite usado .....	61
Figura IV, Ubicación del Experimento (Ecuador-Pastaza-Puyo).....	66
Figura V, Área de Influencia Directa .....	68
Figura VI, Área de Influencia Indirecta 1000 m a la redonda .....	69
Figura VII, Región de Mantenimiento de la Hipótesis Nula .....	75

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA .....	4
RESPONSABILIDAD .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS: .....	7
ÍNDICE GENERAL.....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1. Marco Legal .....	13
Las Constitución de la República del Ecuador (2008).....	13
Ley de Gestión Ambiental.....	14
Ley de la prevención y control de la contaminación .....	14
De la prevención y control de la contaminación del agua .....	14
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) .....	14
Reglamento ambiental para operación hidrocarburífera en el Ecuador (RsRAOH-1215).....	16
Aspectos Generales .....	16
Parámetros afectados por aceites y grasa lubricantes generados por los talleres automotrices.....	16

Naturaleza del contaminante proveniente de los talleres automotrices.....	30
Problemas a la salud humana.....	37
Sistema de Tratamiento.....	38
Investigaciones sobre tratamiento .....	39
Alternativas para la separación de aceites y grasas lubricantes.....	41
Antecedentes teóricos acerca de las unidades de proceso que intervendrán en el Sistema de Tratamiento para el Taller de Maquinaria Pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza .....	47
Antecedentes teóricos previos a la Propuesta de Gestión de Desechos producidos por Taller de Maquinaria Pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza.....	56
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>65</b>
<b>3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>65</b>
<b>3.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>70</b>
<b>3.4. FACTORES DE ESTUDIO.....</b>	<b>72</b>
Medición de Caudales.....	72
Selección de parámetros a analizar .....	72
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>74</b>
<b>3.6. MEDICIONES EXPERIMENTALES.....</b>	<b>77</b>
MEDICIÓN DE ÁREAS .....	79
<b>3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>79</b>
<b>3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>81</b>
<b>4. RESULTADOS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>83</b>
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO .....</b>	<b>84</b>
<b>HIDROCARBUROS TOTALES .....</b>	<b>86</b>
<b>ACEITES Y GRASAS.....</b>	<b>87</b>
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>88</b>
Etapas propuestas para el Sistema de Tratamiento para separar Aguas Industriales con Aceites y Grasas Lubricantes .....	92

Propuesta para la gestión de desechos producto del mantenimiento del sistema de tratamiento elegido .....	97
6. CONCLUSIONES .....	101
7. RECOMENDACIONES.....	102
8. RESUMEN .....	103
9. SUMMARY.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS.....	109

## 1. INTRODUCCIÓN

En la época actual, la velocidad con que el mundo se desarrolla y evoluciona resulta vertiginosa por lo que en cualquier lugar del mundo es inevitable o más bien resulta indispensable trabajar con máquinas, se necesita máquinas para la manufactura, maquinaria para abrir carreteras, para el transporte de materiales, productos, personas, para la extracción de materia prima, en fin para casi todo; estas máquinas consumen diferentes tipos de combustibles, unos más y otros menos contaminantes.

Por lo tanto el uso de maquinaria que utiliza combustibles y lubricantes derivados del petróleo en la ciudad de Puyo y su provincia resulta necesario e imprescindible así como enfocarse en el manejo responsable de estos combustibles y lubricantes en sus diferentes etapas como: producción, transporte, almacenamiento, consumo, tratamiento de residuales y disposición final.

Siendo el tratamiento de residuales y disposición final las etapas más delicadas y difíciles de controlar pues en muchos casos están a criterio de los conductores de vehículos, tractores, camiones, retroexcavadoras, buses, motos, volquetas, etc. pues estos equipos requieren mantenimiento periódico, es decir, lavado, pulverizado, cambio de aceite, adición de aditivos, reemplazo de piezas que han cumplido su vida útil como filtros, mangueras, retenedores, llantas, tubos, riñes, cuchillas y demás repuestos, trabajos que se realizan en centros que depositan directamente sus efluentes a la red de alcantarillado de la ciudad de Puyo sin haber realizado un tratamiento previo como ordenan las leyes.

Y no es la excepción el Taller de Maquinaria Pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza que desde su creación hace aproximadamente treinta años ha venido descargando efluentes a la red de alcantarillado, resultado del lavado de los vehículos, equipo caminero y demás maquinaria pesada que posee el Municipio de Pastaza, efluentes que no tienen tratamiento alguno en lo que respecta a separación de grasas y aceites, así como la aplicación de un sistema de buenas prácticas ambientales para talleres industriales.

Según Sainz, J (2004) la presencia de grasas y aceites en las aguas residuales de las plantas y talleres industriales, especialmente en aquellas que manejan combustibles líquidos u otros tipos de hidrocarburos, puede ser elevada. Por eso se han desarrollado técnicas específicas para separar estos aceites antes de conducir las

aguas a la unidad de tratamiento final. Más adelante se describen los distintos tipos de separadores, las bases de cálculo y los criterios de selección.

Pérez, G (2007) afirma que los aceites, el diesel, la gasolina y el petróleo son contaminantes muy peligrosos, no se mezclan con el agua. Es fácil ver cuando existen este tipo de contaminantes en las fuentes de agua debido a que forman una capa que flota sobre ella y se ve de colores. La gasolina y el diesel forman ondas de color negro que quedan sobre la arena de las playas, por lo que agua y suelo se terminan contaminando, en lo que respecta a suelo, López, J; et al (2006) mencionan que tanto en el agua o en el suelo los hidrocarburos impiden el intercambio gaseoso con la atmósfera, iniciando o impidiendo una serie de procesos físico-químicos simultáneos como evaporación y penetración, que dependiendo del tipo de hidrocarburo, temperatura, humedad, textura del suelo y cantidad vertida puede ser más o menos lenta, ocasionando una menor o mayor toxicidad.

Razones por las cuales es necesario hallar una solución técnicamente factible, económicamente viable, socialmente responsable y ambientalmente amigable para este problema. Y debido a que la separación de grasas y aceites no es el único tratamiento para efluentes de talleres industriales, se ha usado como tratamiento terciario la biorremediación que consiste en el uso de plantas, microorganismos o enzimas, para degradar, retener o reducir a niveles inofensivos los contaminantes ambientales como los hidrocarburos a través de procesos que logran estabilizar al contaminante, conforme a lo expuesto por Hernández (2003).

El presente trabajo tiene como objetivo proponer el tratamiento adecuado para liberar las aguas residuales de grasas, y aceites lubricantes, utilizando las técnicas adecuadas de separación. Por lo que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza podrá contar con una herramienta de gestión ambiental que ayudará a la creación de una ordenanza para el manejo adecuado de efluentes producidos en su propio taller y las distintas lubricadoras, lavadoras y talleres de vehículos del cantón Pastaza.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer un sistema de tratamiento para separar aceites y grasas lubricantes de los efluentes del taller municipal, para respetar los límites máximos permisibles.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el grado de contaminación actual en el taller municipal
- Diseñar un sistema de tratamiento para separar aceites y grasas lubricantes de los efluentes del taller municipal
- Recomendar un manejo adecuado de los productos residuales provenientes del sistema de tratamiento.

## **HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

El plan de tratamiento para los efluentes del taller municipal permitirá respetar los límites máximos permisibles y el manejo adecuado de los productos generados por el sistema contribuirán a la disminución de la contaminación.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El grado de contaminación actual en el taller municipal es alto.
- El sistema de tratamiento permitirá controlar los aceites y las grasas lubricantes
- Las recomendaciones permitirán un manejo adecuado de los productos residuales provenientes del sistema de tratamiento aplicado.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Marco Legal**

#### **Las Constitución de la República del Ecuador (2008)**

Capítulo II, Derechos del Buen Vivir, Sección II, Ambiente Sano: Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Capítulo VI, Derechos de libertad: Art. 66. Numeral 27.- El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y armonía con la naturaleza

Capítulo VII, Derechos de la naturaleza: Art. 71.- La naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

## **Ley de Gestión Ambiental**

En su Art. 33, Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

### **Ley de la prevención y control de la contaminación.**

Capítulo I. De la prevención y control de la contaminación del aire: Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

### **De la prevención y control de la contaminación del agua**

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

### **Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)**

Libro VI, Anexo 1 (agua)

#### 4. Desarrollo

##### 4.2. Criterios generales para la descarga de efluentes

4.2.21. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua

4.2.1.4 Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En

sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

**4.2.1.6** Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

**4.2.1.11** Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

**4.2.1.20** Cuando los regulados, aún cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión.

#### **Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público**

**4.2.2.1** Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

**4.2.2.6** Se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc., provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras, restaurantes y hoteles.

## **Reglamento ambiental para operación hidrocarburífera en el Ecuador (RsRAOH-1215).**

Art. 29. Manejo y tratamiento de descargas líquidas. Toda instalación, incluyendo centros de distribución, sean nuevos o remodelados, así como las plataformas off-shore, deberán contar con un sistema convenientemente segregado de drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales para garantizar su adecuada disposición. Deberán disponer de separadores agua-aceite o separadores API ubicados estratégicamente y piscinas de recolección, para contener y tratar cualquier derrame así como para tratar las aguas contaminadas que salen de los servicios de lavado, lubricación y cambio de aceites, y evitar la contaminación del ambiente. En las plataformas off-shore, el sistema de drenaje de cubierta contará en cada piso con válvulas que permitirán controlar eventuales derrames en la cubierta y evitar que estos se descarguen al ambiente. Se deberá dar mantenimiento permanente a los canales de drenaje y separadores.

### **Aspectos Generales**

#### **AGUA**

Definición ABC (2008) describe al agua como una sustancia incolora, inodora, e insípida, fundamental para la vida y presente en la mayoría de los componentes que integran la Tierra. Este compuesto, según su fórmula, está constituido por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). Puede hallarse en diferentes estados: líquido, es el agua de lluvia, que se encuentra en los ríos, mares, lagos, etc.; sólido, es decir, en forma de hielo; y gaseoso vapor de agua; aunque cotidianamente llamamos agua al estado líquido de la misma, definición que es compartida por el autor del presente trabajo.

El ser humano no puede vivir sin agua, puesto que siendo embrión, un 95% de su cuerpo está formado por ella, más tarde este número se reduce al 80%, al nacer; hasta ser en su vida adulta entre un 65 y 75% de agua. Esta sustancia además, le permite al hombre mantener sus pulmones húmedos, forma parte de las lágrimas y la saliva, y ayuda a la transpiración, simbolizando dos tercios del peso de su organismo.

Llamamos al agua solvente universal, puesto que en ella se disuelven la mayoría de los componentes; excepto algunos como el aceite y la arena, que al juntarse con el agua permanecen aparte, formando, junta a ésta, un sistema heterogéneo. Debido a esta capacidad de disolución, ocurren en ella las reacciones metabólicas.

Pese a ser incolora, en grandes cantidades el agua se muestra de un color azul o verdoso, por la refracción de la luz solar al traspasarla; es por ello que desde el espacio, las aguas terrestres se ven azuladas y bañando gran parte de la superficie.

## **CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Es la acción de introducir materias, formas de energía o inducir condiciones en el agua que directa o indirectamente impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Según el autor de esta investigación, aguas residuales se las conoce como aguas resultantes de la utilización en las actividades humanas, domésticas, o industriales que se vierten como afluentes directa o indirectamente a un sistema de alcantarillado; aunque muchas veces se vierten a quebradas, esteros o algún otro cuerpo de agua más cercano; lo cual concuerda con los criterios de Romero, J (2008) y Petroecuador (2005)

La contaminación del agua puede estar producida por:

- Compuestos minerales: pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, cadmio, mercurio y otros), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de  $O_2$  disuelto en el agua) como el fósforo.
- Compuestos orgánicos (fenoles, hidrocarburos y detergentes) Producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen  $O_2$ .
- La contaminación microbiológica se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares
- La contaminación térmica provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua

## **Parámetros afectados por aceites y grasa lubricantes generados por los talleres automotrices**

### **TEMPERATURA**

La Norma Técnica Ecuatoriana (1998) para la calidad de agua de efluentes que se descargan a un sistema de alcantarillado manifiesta que éstos deben ser descargados a menos de 40° C. Según lo señalado por Arce, A (2009) la temperatura determina el nivel de actividad de las poblaciones microbianas y altera la solubilidad de los gases. Estos factores están íntimamente ligados con la calidad del agua en los cuerpos receptores, a la presencia de oxígeno disuelto y a una actividad microbiológica adecuada. Éstos permiten la autodepuración de los cuerpos de agua en fase aerobia y, de ahí, hacer posible la presencia de otras formas de vida. Por otra parte, la temperatura afecta los procesos químicos que ocurren dentro del agua, ya que la solubilidad de las sustancias sólidas e incluso el pH, se ven alterados por la temperatura. Ya que la temperatura del cuerpo receptor es importante para mantener y proteger la vida acuática, se ha establecido un intervalo máximo permisible de temperatura en las descargas de aguas residuales.

### **POTENCIAL DEL HIDRÓGENO (pH)**

Arce, A (2009) considera que el pH es la medida de la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ), o en su defecto de los iones hidroxilo ( $OH^*$ ), en el agua. Si el valor del pH se ubica entre 0 y 7, se dice que el agua es ácida, cuando el valor de pH se sitúa entre 7 y 14, se dice que el agua es básica o alcalina.

Las aguas ácidas pueden corroer los metales y degradar las sustancias no metálicas como el concreto, las aguas alcalinas forman incrustaciones en las tuberías o provocar la precipitación de los metales. Los procesos biológicos se llevan a cabo principalmente, en un intervalo de 6,5 a 8,5; la mayoría de los microorganismos encuentran grandes dificultades para desarrollarse fuera de este rango. La Norma Técnica Ecuatoriana (1998) para la calidad de agua de efluentes que se descargan a un sistema de alcantarillado, establece que éstos deben ser descargados con un pH de 5 a 9.

Cabe señalar la importancia de la temperatura del efluente pues de acuerdo a lo que Fuentes, F; Massol, A (2002) indican ésta afecta a la constante de disociación del

agua y por ende, cambios en temperatura redundan en cambios en las concentraciones relativas de los iones hidronio e hidroxilo.

Sabiendo que el agua residual de los Talleres Municipales confluye en el sistema de alcantarillado de la ciudad de Puyo es necesario medir su acidez o alcalinidad mediante una prueba de (pH).

### **MATERIA FLOTANTE (Aceites y grasas)**

La APHA (2005) formuló que materia flotante es cualquier sustancia sólida de una muestra de agua residual y residual tratada retenida en una malla de acero inoxidable de 2.8 a, 3 mm de abertura. La determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas es de gran importancia para el control y tratamiento de las descargas.

En las aguas residuales provenientes de talleres automotrices existen dos tipos generales de materia flotante, el material particulado que incluye "bolas de la grasa" y componentes líquidos capaces de extenderse como película fina, altamente visibles sobre áreas extensas. Además existe materia flotante que tiene densidad menor que el agua circundante.

La prueba de aceites y grasas no mide una clase exacta de sustancias, los resultados son determinados por las condiciones de la prueba. La fracción medida incluye el aceite y la grasa, flotando y adhiriéndose a los lados del recipiente de la prueba, es un método cualitativo y se basa en la observación de la materia flotante en una muestra de aguas residuales en el sitio de muestreo. Para efectos de la norma se reporta como presente o ausente.

De acuerdo con lo observado por el autor existe una gran cantidad de materia flotante especialmente aceites y grasas en los efluentes del Taller Municipal.

### **CONDUCTIVIDAD**

Según Lenntech, B (2009). La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o *transmitir calor, electricidad o sonido*". Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de EE.UU. Su símbolo es k o s.

El agua pura es un buen conductor de la electricidad. El agua destilada ordinaria en equilibrio con dióxido de carbono en el aire tiene una conductividad aproximadamente de  $10 \times 10^{-6} \text{ W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  (20 dS/m). Debido a que la corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. De tal manera, que la conductividad cuando el agua disuelve compuestos iónicos. En el agua y materiales iónicos o fluidos puede generarse el movimiento de una red de iones cargados. Este proceso produce corriente eléctrica y se denomina conducción iónica. La conductividad eléctrica se define como el radio entre la densidad de corriente (J) y la intensidad eléctrica del campo (e) y es opuesta a la resistividad (r,  $[\text{W} \cdot \text{m}]$ ).

### **SÓLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES**

La EPA (1986). Plantea que la materia sedimentable o sólidos suspendidos sedimentables se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas. Calvo, M (2005) afirma que sólidos sedimentables son aquellas partículas más gruesas que se depositarán, por gravedad, en los fondos de los receptores, se componen de un 70% de sólidos orgánicos y de un 30% de sólidos inorgánicos.

A criterio de la EPA (1986). Se debe mezclar la muestra original a fin de asegurar una distribución homogénea de sólidos suspendidos a través de todo el cuerpo del líquido. Colocar la muestra bien mezclada en un cono Imhoff hasta la marca de 1 L. Dejar sedimentar 45 min, una vez transcurrido este tiempo agitar suavemente los lados del cono con un agitador o mediante rotación, mantener en reposo 15 min más y registrar el volumen de sólidos sedimentables del cono como mL/L. Si la materia sedimentable contiene bolsas de líquido y/o burbujas de aire entre partículas gruesas, evaluar el volumen de aquellas y restar del volumen de sólidos sedimentados; en caso de producirse una separación de materiales sedimentables y flotables, no deben valorarse estos últimos como material sedimentable y posteriormente tomar directamente la lectura de sólidos sedimentables del cono Imhoff.

### **SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES**

Según lo manifestado por Fuentes, F; Massol, A (2002) la determinación de sólidos disueltos totales se basa en filtrar un volumen de agua conocido (100 mL es un volumen conveniente para agua dulce, para ambientes hipersalinos se utilizan

generalmente volúmenes de 25 ml\_) para luego evaporarlo a 105 °C, hasta que alcance un peso constante. A continuación, se procede a pesar el residuo filtrable que permanece luego de la evaporación. Dicho valor representa la concentración de sólidos disueltos totales. En el caso de muestras de agua provenientes de ambientes salinos se puede determinar el contenido de sólidos filtrables inorgánicos y orgánicos quemando la muestra, luego de ser previamente filtrada y evaporada. Al quemar la muestra utilizando temperaturas entre 500 y 550°C queda sólo la ceniza inorgánica. La pérdida en peso de la muestra representa el contenido de materia orgánica.

Un método alternativo y más sencillo consiste en estimar los sólidos disueltos totales utilizando la medida de conductividad del agua. Se ha encontrado que existe una correlación directa entre conductividad y concentración de sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) para cuerpos de agua dulce y salobre. Dicha correlación no se extiende a ambientes "hipersalinos" (salinidad > 5%), donde la conductividad es afectada por la composición específica de iones presentes en el agua. En dichos ambientes, aún cuando la salinidad de dos estaciones pudiera ser la misma, la conductividad puede ser significativamente diferente, dado que las diferentes especies iónicas presentan niveles de conductancia específica diferentes.

La Norma Técnica Ecuatoriana (1998) para la calidad de agua de efluentes que se descargan a un sistema de alcantarillado, menciona que estos efluentes pueden verterse con un máximo de 20 mg/L de sólidos sedimentables, 220 mg/L de sólidos suspendidos totales y 1600 mg/L de sólidos totales.

## **DISOLUCIONES COLOIDALES**

Están formadas por partículas de tamaño intermedio entre las disoluciones verdaderas y las partículas suspendidas groseras, la fase dispersa puede comprender hasta el 40% de los sólidos totales, y suele estar formada por coloides liófilos, es decir, por soles bastante estables, Calvo, M (2005).

## **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

Navarro, A (2002) enuncia que La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno. Se refiere a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua necesario para oxidar la materia orgánica que se incorpora al medio. La prueba de DBO se utiliza para determinar los requisitos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes y aguas

contaminadas. La prueba mide la utilización de oxígeno molecular ( $O_2$ ) para la degradación bioquímica del material inorgánico como los sulfuros y el ion ferroso ( $Fe^{++}$ ) durante un tiempo específico de incubación.

Las descargas domésticas e industriales de aguas residuales, usadas o aguas negras llevan materiales orgánicos y nutrientes inorgánicos como los nitratos y fosfatos (fertilizantes). Estos fomentan la proliferación de algas y las consecuencias son la eutrofización en el sistema. A su vez las poblaciones de algas mueren, se descomponen y generan una gran DBO. El uso excesivo de fertilizantes agrícolas conlleva consecuencias similares.

Calvo, M (2005) puntualiza que la DBO, en la práctica, permite apreciar la carga del agua en materias putrescibles y su poder autodepurador, y de ello se puede deducir la carga máxima aceptable. Este indicador se aplica principalmente en el control del tratamiento primario en las estaciones depuradoras y en evaluar el estado de degradación de los vertidos que tengan carga orgánica.

## **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

Según Calvo, M (2005) ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, cuando se vierte el efluente en un curso de agua, captan parte del oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Estas necesidades de oxígeno, al margen de todo proceso biológico se denominan Demanda Química de Oxígeno o DQO.

La demanda puede ser muy rápida como es el caso de los sulfitos en presencia de un catalizador, y entonces recibe el nombre de DIO, demanda inmediata de oxígeno o más lenta, llamándosele demanda de oxígeno por auto-oxidación, DAO.

La medida de la DQO es una estimación de materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). Es un test particularmente útil para apreciar el funcionamiento de las estaciones depuradoras, y muchos vertidos industriales.

La DQO es función de las características de los compuestos presentes, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, etc., por lo que la interpretación y la reproducción de los resultados no son satisfactorias más que bajo

unas condiciones metodológicas bien definidas y estrictas. Este indicador no es fiable en presencia de cloruros

## **TURBIDEZ**

La APHA (1995) define como turbidez a la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. La medición de la turbiedad, en una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida.

La unidad de turbiedad, fue definida "Como la obstrucción óptica de la luz, causada por una parte por millón de sílice en agua destilada",

1 unidad nefelométrica de turbiedad (NTU) = 7.5 ppm de SiO<sub>2</sub>

Actualmente, la unidad utilizada es la NTU, Unidad Nefelométrica de Turbidez y que equivale a:

1 unidad nefelométrica de turbidez (NTU) = 1 ppm de formazina estándar, criterio que coincide con lo expuesto por la ASTM (1994).

## **HIDROCARBUROS TOTALES (TPH's)**

La ATSDR (1998), afirma que los términos hidrocarburos totales de petróleo (abreviados TPH's en inglés) se usan para describir una gran familia de varios cientos de compuestos químicos originados de petróleo crudo. El petróleo crudo es usado para manufacturar productos de petróleo, los que pueden contaminar el ambiente. Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos de petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de TPH's en un sitio.

Los TPH's son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Los científicos han dividido a los TPH's en grupos de hidrocarburos de petróleo que se comportan en forma similar en el suelo o el agua. Estos grupos se llaman fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene muchos productos químicos individuales.

Algunas sustancias químicas que pueden encontrarse en los TPH's incluyen a hexano, combustibles de aviones de reacción, aceites minerales, benceno, tolueno, xilenos, naftalina, y fluoreno, como también otros productos de petróleo y componentes de gasolina. Sin embargo, es probable que muestras de TPH's contengan solamente algunas, o una mezcla de estas sustancias químicas.

Los TPH's en el ambiente:

- Los TPH's pueden entrar al ambiente a raíz de accidentes, de liberaciones industriales, o como subproductos de uso comercial o privado.
- Los TPH's puede ser liberados directamente al agua por escapes o derrames.
- Ciertas fracciones de los TPH's flotarán en el agua y formarán una capa superficial.
- Otras fracciones de los TPH's se depositarán en los sedimentos del fondo.
- Bacterias y microorganismos en el agua pueden degradar ciertas fracciones de los TPH's.
- Ciertas fracciones de los TPH's se adherirán a partículas en el suelo donde pueden permanecer por largo tiempo.

Formas de exposición:

- Todo el mundo está expuesto a los TPH's de muchas fuentes.
- Respirando aire en gasolineras, usando productos químicos en el hogar o el trabajo, o usando ciertos pesticidas.
- Tomando agua contaminada con TPH's.
- Trabajando en ocupaciones que usan productos de petróleo.
- Viviendo en un área cerca de un derrame o escape de TPH's.
- Tocando tierra contaminada con los TPH's.

## Afectaciones a la salud:

- Algunos de los compuestos de los TPH's pueden perjudicar al sistema nervioso. Un compuesto puede producir dolores de cabeza y mareo en altos niveles en el aire. Otro compuesto puede causar una afección a los nervios llamada «neuropatía periférica» que consiste en adormecimiento de los pies y las piernas. Otros compuestos de los TPH's pueden producir efectos a la sangre, al sistema inmunitario, los pulmones, la piel y los ojos.
- Estudios en animales han demostrado efectos a los pulmones, el sistema nervioso central, el hígado y los riñones a causa de la exposición a compuestos de los TPH's. También se ha demostrado que ciertos compuestos de los TPH's pueden afectar la reproducción y el feto en animales.
- El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (*IARC*, por sus siglas en inglés), ha determinado que un compuesto de los TPH's (benceno) es carcinogénico en seres humanos. *IARC* también ha determinado que benzo[a]pireno (un compuesto de los TPH's) es probablemente carcinogénico en seres humanos y que la gasolina (otro compuesto de los TPH's) es posiblemente carcinogénica en seres humanos. *IARC*, considera que la mayoría de los otros compuestos de los TPH's no son clasificables en cuanto a carcinogenicidad.

## **HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLI CÍCLICOS (HAP's)**

La ASTDR (1995), realizó la siguiente reseña acerca de los hidrocarburos aromáticos policíclicos: (HAP's) Son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo y gasolina, basuras y otras sustancias orgánicas como tabaco y carne preparada en la parrilla. Los HAP's se encuentran generalmente como una mezcla de dos o más de estos compuestos, tal como el hollín.

Algunos de los HAP's son manufacturados. Estos HAP's puros generalmente son sólidos incoloros, blancos o amarillo-verde pálido. Los HAP's se encuentran en alquitrán, petróleo crudo, creosota y alquitrán para techado, aunque unos pocos se usan en medicamentos o para fabricar tinturas y pesticidas.

Los HAP's en el ambiente:

- Los HAP's pasan al aire principalmente por emisiones volcánicas, incendios forestales, combustión de carbón y del escape de automóviles.
- Los HAP's pueden encontrarse en el aire adheridos a partículas de polvo.
- Ciertas partículas de HAP's pueden evaporarse al aire fácilmente del suelo o de aguas superficiales.
- Los HAP's pueden degradarse en un período de días a semanas al reaccionar con luz solar o con otras sustancias químicas en el aire.
- Los HAP's pasan al agua a través de desechos de plantas industriales y de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- La mayoría de los HAP's no se disuelven fácilmente en agua.
- Microorganismos pueden degradar HAP's en el suelo o en el agua después de un período de semanas a meses.
- En el suelo, es probable que los HAP's se adhieran firmemente a partículas; ciertos HAP's se movilizan a través del suelo y contaminan el agua subterránea.
- La cantidad de HAP's en plantas y en animales puede ser mucho mayor que la cantidad en el suelo o en el agua donde viven estos organismos.

### **COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVS O VOC'S)**

Según Peñuelas, J. y Lluís, J. (2003) los compuestos orgánicos volátiles COVs también se conocen en la literatura inglesa como Volatile Organic Compounds VOC's, son sustancias químicas orgánicas cuya base es el carbono y se evaporan a temperatura y presión ambiental generando vapores, que pueden ser precursores del ozono en la atmósfera. Además del carbono es posible hallar en su composición hidrógeno, flúor, oxígeno, cloro, bromo, nitrógeno o azufre. Poseen propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables (en sus acepciones de riesgos). Por otra parte son muy buenos disolventes y muy eficaces para la disolución de pinturas, y para el desengrase de materiales.

Algunos de estos COVs son:

- Butano
- Propano
- Xileno
- Alcohol butílico
- Metiletilcetona

- Acetona
- Etilenglicol
- Tricloroetileno
- Clorobenceno
- Limoneno

#### **Donde es posible encontrar COVs**

- Pinturas y barnices
- Industria del calzado (por las pinturas, disolventes y pegamentos)
- Industria siderúrgica (desengrasado de piezas utilizando disolventes)
- Industria de la madera (disolvente de lacas y barnices: trementina, tolueno)
- Industria cosmética (como dispersante)
- Industria farmacéutica
- Industria de la limpieza en seco
- Artes gráficas

#### **Afectaciones al ambiente:**

Tienen una doble vertiente aparentemente contradictoria, por un lado como destructores del ozono estratosférico y por otro lado como precursores del ozono troposférico.

Como destructores del ozono, los Compuestos Orgánicos Volátiles pueden influir en la degradación de la capa de ozono como son el 1,1,1-tricloroetano y el tetracloruro de carbono. El protocolo de Kyoto y de Montreal contemplan actuaciones para disminuir las emisiones de estos compuestos a la atmósfera de manera que se evite su efecto sobre el ozono estratosférico.

Como precursores del ozono troposférico se producen como consecuencia de su reacción con los óxidos de nitrógeno presentes en la atmósfera y la luz solar. Se producen una serie de reacciones químicas que provocan formación de ozono a nivel del suelo. Estas reacciones son mucho más intensas en presencia de luz solar que es la que necesitan para producirse. A este fenómeno se le conoce como smog fotoquímico creándose atmósferas ricas en ozono de un color marrón - rojizo. El ozono es perjudicial para los seres humanos y las plantas, pues puede provocar graves daños respiratorios. A consecuencia de esto, en todo el territorio español existen redes

de alerta a la población por contaminación de ozono. Por ejemplo, en el caso de la ciudad de Alcoy son niveles que se mantienen muy vigilados dado que la industria textil de la zona tradicionalmente ha utilizado tintes y disolventes ricos en estos compuestos, generando emisiones difusas a la atmósfera.

La evitación del smog fotoquímico se consigue a partir de la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno y de los compuestos orgánicos volátiles. Sobre todo, los picos de ozono se producen en verano por el incremento de la radiación solar, la disminución del movimiento de aire creando atmósferas más confinadas en las ciudades y lugares de emisión.

Afectaciones a la salud:

Los efectos de los COVs se producen tanto a largo como a corto plazo. La principal vía de entrada es la inhalatoria pues como se ha mencionado más arriba producen con facilidad vapores que son fácilmente inhalados. La otra vía de entrada es por contacto, de manera que la piel de las personas puede quedar impregnada de estas sustancias. Estos compuestos son liposolubles almacenándose en distintos puntos del cuerpo humano, gracias a su afinidad con las grasas. Esto provoca que se vayan bioacumulando, aunque sus metabólicos (productos de degradación) sí se pueden eliminar fácilmente porque son hidrosolubles. Entre los efectos que pueden tener son:

- Efectos psiquiátricos: irritabilidad, dificultades de concentración...
- Problemas en el aparato respiratorio
- Algunos de los compuestos orgánicos que generan COVs además son carcinogénicos (como el benceno)

Otro aspecto a tener en cuenta es el riesgo de explosión y de inflamabilidad.

## **METALES PESADOS**

### **ARSÉNICO (As)**

Romero, J (2008). Expresa que el arsénico en agua existe como arsenito o como arsenato, para poderlo eliminar del agua se requiere una etapa previa de oxidación de arsenito en arsenato, mediante la precipitación y la sedimentación.

El arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos, los enlaces de Arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al arsénico a través de la comida, agua y aire. Lenntech (2009)

La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga arsénico.

Los niveles de arsénico en la comida son bastante bajos, pero los niveles de arsénico en peces y mariscos pueden ser altos, porque los peces absorben arsénico del agua donde viven, peces que contienen significantes cantidades de arsénico inorgánico pueden ser un peligro para la salud humana.

### **CADMIO (Cd)**

Godt, J; et al (2006). Considera que el Cadmio es un metal pesado que presenta graves riesgos para la salud humana. Hasta el día de hoy, no puede ser demostrado que el cadmio tiene ninguna función fisiológica en el cuerpo humano, por lo tanto, ha aumentado el interés en los biopeligrosos su potencial. Como se describió por primera vez por Friedrich Stromeyer (Göttingen, Alemania) en 1817, el cadmio puede provocar intoxicación a riñon, huesos, y daños pulmonares.

Romero, J. (2008). Formuló que el Cd es tóxico para los seres vivos, acumulativo. Protector metálico contra la oxidación, de allí su presencia en los aceites lubricantes, usado industrialmente y que la filtración después de la precipitación es conveniente para obtener una buena remoción del mismo.

### **CROMO TOTAL (Cr)**

Romero, J. (2008). Planteó que el cromo total es la suma del cromo hexavalente más el cromo trivalente. El cromo hexavalente es tóxico para los seres humanos, el cromo trivalente es oxidado por las aguas lentamente en cromo hexavalente. Tóxico para las plantas. El control del cromo se lo realiza mediante reducción y precipitación para lo cual se requiere cal o soda cáustica.

## **PLOMO (Pb)**

MILACRON (2004). Publica que el plomo es un metal muy suave y maleable de color gris azul. El plomo es ligeramente soluble en agua en presencia de dióxido de carbono, sales de amonio y nitratos, los compuestos inorgánicos de plomo (Pb) incluyen los siguientes: óxidos de plomo, plomo metálico, sales de plomo y sales orgánicas como jabones de plomo. Los compuestos orgánicos de plomo y el arseniato de plomo.

El plomo puro es un elemento químico y un metal pesado. Se puede combinar con muchos otros materiales para formar numerosos compuestos químicos. La exposición ocupacional al plomo puede ocurrir de varias maneras, incluyendo maquinado o rectificado de metales que contienen plomo, moldeo, soldadura, remoción o encapsulación de plomo y/o compuestos que contienen plomo. Ha habido casos donde las rebabas de plomo han caído dentro de los recipientes del fluido para remover el metal o dentro de los sistemas de distribución, lo que se refleja en el incremento del contenido de plomo en el fluido.

Si los metales o aleaciones con base plomo se utilizan dentro de tu planta, los fluidos deben ser analizados periódicamente para determinar el contenido de plomo. La exposición al plomo en el trabajo ocurre normalmente mediante inhalación o ingestión.

La ruta más común para la exposición al plomo en el trabajo es la inhalación. El plomo, como polvo o niebla, en el aire, puede ser inhalado y absorbido a través de las vías respiratorias superiores y los pulmones. El uso apropiado de los fluidos ayudará a reducir el polvo en la ambiente. Los compuestos inorgánicos de plomo usualmente no se absorben a través de la piel.

### **Naturaleza del contaminante proveniente de los talleres automotrices**

## **PETRÓLEO**

"Petróleo, líquido oleoso bituminoso de origen natural compuesto por diferentes

sustancias orgánicas. También recibe los nombres de petróleo crudo, crudo petrolífero o simplemente "crudo". Se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. Las sociedades industriales modernas lo utilizan sobre todo para lograr un grado de

movilidad por tierra, mar y aire impensable hace sólo 100 años. Además, el petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas y textiles, y para generar electricidad." Encarta (2010)

## **GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES**

Paz, A (2004) afirma que aceite lubricante es un líquido viscoso, producto del petróleo o de la refinación primaria de éste, que tiene como función fundamental la separación de 2 superficies sólidas en contacto al lograr interponerse entre éstas formando una película, reduciendo fricción, desgaste y consumo de energía. Sus funciones auxiliares son: disipación de temperatura, arrastre de contaminantes, protección contra la oxidación, eliminación de ruido y transmisión de potencia.

La mayoría de los aceites lubricantes son de color entre amarillo y castaño claro, usualmente tienen un olor similar al querosén, son inflamables y al quemarse generan temperaturas de 177 a 329 °C, afirman Trujillo, J; Suntaxi, R (2009)

A criterio de Romero, J (2008). Los métodos estándar definen grasas y aceites como grupos de sustancias con características físicas similares, determinadas cuantitativamente con base a su solubilidad común con freón o hexano, además incluye materiales de origen vegetal, materiales de tejido animal, petróleo, componentes de petróleo y otros materiales extraídos por el solvente. Las grasas y aceites pueden acumularse en las alcantarillas y bombas, obstruyéndolas, en los sedimentadores, causan problemas de flujo sobre todos en lodos con alta concentración de grasas y aceites.

## **COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES**

Los aceites lubricantes están constituidos por una base lubricante y una serie de aditivos, dependiendo del uso, la base lubricante será mineral (proveniente del crudo) y sintética o vegetal, siendo la primera la de mayor uso.

Tabla 1, Composición del aceite virger de base mineral

Hydrocarburos totales (85 - 75%)	
Alcanos	45-76%
Cicloalcanos	13-45%
Aromáticos	10-30%

**Antioxidantes**

**Detergentes**

**Anticorrosivos**

**Antiespumantes**

**Antisépticos**

Aditivos (15 - 25%)

Ditiofosfatos, fenoles, aminas  
 Sultanos, fosfonatos, fenolatos  
 Ditiofosfatos de zinc y bario, sulfonatos  
 Siliconas, polímeros sintéticos  
 Alcoholes, fenoles, compuestos clorados

Fuente: Guía para la gestión de residuos peligrosos, Pág. 35

**COMPOSICIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS**

A criterio de Martínez, J (2005) la descomposición de los aceites de motor se debe especialmente a una reacción de oxidación. En todos los casos, como consecuencia de su utilización se degradan perdiendo las cualidades que les hacían operativos y se hace necesaria su sustitución, generándose un residuo que puede ser variable en cantidad y composición, dependiendo de la procedencia. En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de la composición de contaminantes presentes en un aceite lubricante usado.

Tabla II, Composición de los aceites lubricantes usados

Contaminantes	Concentración (ppm)
	1.2
	1.8
Cadmio	220
Cromo	640
Plomo	900
Zinc	<2
Cloro Total	
PCB's	

Fuente: Guía para la gestión de residuos peligrosos, Pág. 36



## COMPOSICIÓN MEDIA DE UN ACEITE USADO SEGÚN SU PROCEDENCIA

Tabla III, Composición media del aceite usado

Contaminantes	Aceites de automoción		Aceite de procedencia industrial
	Motor gasolina	Motor Diesel	
<b>Cadmio</b>	1.7	1.1	6.1
<b>Cromo</b>	9.7	2.0	36.8
<b>Plomo</b>	2.2	29.0	217.7
<b>Zinc</b>	951.0	332.0	373.3
<b>Cloro Total</b>	3600.0	3600.0	6100
<b>PCB's</b>	20.7	20.7	957.2

Fuente: Levantamiento del catastro de generadores, diseño de un plan de recolección y alternativas para la disposición final de los aceites usados en el cantón Rumiñahui-Provincia de Pichincha, Pág. 36

A juicio de Trujillo, J; Suntaxi, R (2009), los aceites lubricantes usados adquieren concentraciones elevadas de metales pesados como Pb, Cd, Cr, As, y Zn producido principalmente del desgaste del motor o maquinaria que lubricó y secundariamente del contacto con el combustible, como es el caso de la presencia de plomo de naftas en gasolinas que contiene tetraetilo de plomo como antidetonante, también se encuentran solventes clorados tales como tricloroetano, tricloroetileno. Otros contaminantes presente son el azufre y hollín generados en la combustión.

### PUNTO DE FLUENCIA

Embankment, A (2005) manifiesta que el punto de fluencia de los hidrocarburos es la temperatura por debajo de la cual los hidrocarburos no fluyen. Este efecto es el resultado de la formación de una estructura interna micro cristalina. Si la temperatura ambiente se encuentra por debajo del punto de fluencia, los hidrocarburos se comportarán como sólidos.

### PUNTO DE INFLAMACIÓN

Es la temperatura mínima a la que existe suficiente vapor sobre los hidrocarburos derramados como para formar una mezcla inflamable. Este es un factor importante en relación con la seguridad de las operaciones de limpieza, según Embankment, A (2005).

## PELIGROS QUE ENCIERRA EL ACEITE USADO

Palacio, R et al (2010). Para determinar la peligrosidad de un lubricante, hay que tener en cuenta varios aspectos

- Biodegradabilidad
- Bioacumulación
- Toxicidad
- Ecotoxicidad
- Emisión de gases
- Degradación química
- Tiempo requerido para ser eliminado del agua

Los aceites vírgenes contienen o pueden contener cantidades pequeñas controladas de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) que durante el funcionamiento del lubricante, mediante la descomposición de los distintos componentes así como reacciones catalizadas por metales, incrementan su presencia en el aceite usado. Muchos de estos HAP's tienen un efecto marcadamente cancerígeno y plenamente demostrado, y de una forma u otra son arrojados a la atmósfera que respiramos.

Murciano, S (2005). Se han efectuado estudio para conocer la capacidad mutagénica del aceite de motor usado. "Se ha detectado que el 70% de estos efectos son causados por HAP's con más de tres anillos, esta fracción representa sólo el 1% del volumen de un aceite usado. De esta fracción mutagénica el 18% del efecto lo produce el benzo-a-pireno según IARC (International Agency on Research for Cáncer). Se considera que el benzo-e-pireno, benzo-a-pireno, benzo-a-antraceno y el criseno tienen un elevado potencial carcinogénico. En los crudos de aceite mineral se han encontrado cantidades de benzo-a-pireno que oscilan entre 400 y 1.600 mg/kg"

Los aceites tienen tendencia en acumularse en el entorno todo aquel aceite que se pierde por las calles, montes, cuando llueve se arrastra a ríos, lagos, acumulándose en sus sedimentos.

También se produce una acumulación importante en la atmósfera que respiramos, pensemos por ejemplo que un motor de dos tiempos (motos, fuerabordas, motosierras) expulsan aproximadamente con los gases, el 25 % del aceite lubricante que utilizan.

El 40 - 70 % de los HAPs que se emiten en los gases, proceden del aceite de motor, otro 30 - 60 % se origina en el proceso de combustión del combustible, la utilización de esteres sintéticos ayuda a reducir considerablemente estas emisiones. La tendencia lógicamente por los estudios que se realizan se encamina a la utilización de lubricantes sintéticos y aceites vegetales, que debido a su superior rendimiento frente a los minerales, precisan menor aditivación, pero lógicamente son más caros.

## **PROBLEMAS AMBIENTALES**

Ajuicio de Trujillo, J; Suntaxi, R (2009), entre los efectos sobre el medio ambiente se destacan los siguientes:

- Contaminación de tierras, ríos y mares por su baja biodegradabilidad.
- En contacto con el agua produce una película que impide la circulación de oxígeno.
- La combustión incontrolada puede aportar emisiones a la atmósfera de gases de cloro, plomo y otros elementos, con los correspondientes efectos.

Según la Agencia de Protección Ambiental de la Comunidad Económica Europea, un litro de aceite puede contaminar 1 millón de litros de agua y formar una mancha de 4000 m<sup>2</sup> sobre el agua (oil slick).

Depuroil S. A. (1999), manifiesta que un gran problema asociado lo crea el plomo que emitido al aire en partículas de tamaño submicrónico perjudica la salud de los seres humanos, sobre todo de los niños. El plomo es el más volátil de los componentes metálicos que forman las cenizas de los aceites usados, por lo que puede afirmarse que, prácticamente, cuando se quema aceite todo el plomo es emitido por las chimeneas.

La cantidad de plomo presente en el aceite usado oscila del 1 al 1,5 por 100- en, peso y proviene de las gasolinas y de los aditivos. Estudios realizados en los Países Bajos han estimado que si llegaran a quemarse las 70.000 toneladas año de aceite usado que pueden recogerse, se recargaría la atmósfera con 350 toneladas adicionales de plomo, lo que representaría una tercera parte más de lo que actualmente emiten los escapes de los vehículos.

Por tanto, las instalaciones donde haya de quemarse aceite usado deberán estar dotadas de un eficaz, pero muy costoso sistema depurador de gases. De lo contrario,

antes de su combustión deberá someterse al aceite usado a un tratamiento químico de refino para eliminar previamente sus contaminantes, pero entonces el aceite que se obtiene es preferible, desde el punto de vista económico, utilizarlo para ser regenerado.

Si optamos por quemar una lata de 5 litros de aceite usado, sola o con fuel, emitiríamos una contaminación atmosférica a través de la combustión incontrolado de los mismos, debido a que los componentes de metales, cloro, que contienen producen gases tóxicos que deben ser depurados que contaminarían un volumen de aire equivalente al que respira un adulto a lo largo de 3 años de su vida.

Por tanto, las instalaciones donde haya de quemarse aceite usado deberán estar dotadas de un eficaz, pero muy costoso sistema depurador de gases o antes de su combustión deberá someterse al aceite usado a un tratamiento químico de refino para eliminar previamente sus contaminantes

Los aceites no se disuelven en el agua, no son biodegradables, forman películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como en tierra, esparcen productos tóxicos que pueden ser ingeridos por los seres humanos de forma directa o indirecta.

SERCAMPO (2006) hace ostensible que los hidrocarburos saturados que contienen los aceites usados no son biodegradables (en el mar el tiempo de eliminación de un hidrocarburo puede ser de 10 a 15 años).

Si consideramos 5 litros de aceite usado, capacidad corriente del cárter de un automóvil, vertidos sobre un lago cubriría una superficie de 5.000 m<sup>2</sup> con un film oleoso que perturbaría gravemente el desarrollo de la vida acuática.

Como vemos uno de los puntos ambientales donde puede producirse una polución muy importante es en el agua. El lubricante que se pierde de los mecanismos, el lubricante usado que se elimina a través de desagües y que alcanza las capas freáticas. El vertido de aceites usados en los cursos de aguas deteriora notablemente la calidad de las mismas, al ocasionar una capa superficial que impide la oxigenación de las aguas y produce la muerte de los organismos que las pueblan.

El aceite usado altera el sabor del agua potable, y por ello debe evitarse la presencia del mismo en las aguas de superficie y en las subterráneas. Según el doctor K.

Reimann, del Instituto Biológico Experimental Bavaro de Munich, concentraciones de aceite usado en agua de 1 a mg/l. convierten aquélla en impropia para el consumo humano. El doctor J. Holluta establece un valor límite de 0,44 mg/l para alterar considerablemente el sabor del agua potable, mientras que el doctor Knorr ha contestado valores inferiores, todos los sujetos de su experiencia detectaron alteración del sabor para concentraciones de 0,01 mg./l. y tres sujetos de cada cinco perciben todavía una diferencia de sabor para un contenido en aceite usado de 0,001 mg./l.

Además, los aceites usados vertidos en el agua originan una fina película que produce separación entre las fases aire- agua. Con ello se impide que el oxígeno contenido en el aire se disuelva en el agua, perturbando seriamente el desarrollo de la vida acuática.

A estas dificultades debemos añadir los riesgos que implican las sustancias tóxicas contenidas en los aceites usados, vertidos en el agua que pueden ser ingeridas por el hombre o los animales. Dichas sustancias tóxicas provienen de los aditivos añadidos al aceite y engloban diversos grupos de compuestos tales como: fenoles, aminas aromáticas, terpenos fosfatados y sulfonados di-alquil-ditiofosfato de cinc, detergentes, poli-isobutilenos, poliésteres., que durante el uso del aceite a temperaturas elevadas forman peróxidos intermedios que son muy tóxicos.

## **CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

NATRUS (2010), publica que los aceites usados vertidos en suelos producen la destrucción del humus y contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La eliminación por vertido de los aceites usados origina graves problemas de contaminación de tierras, ríos y mares. En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo

### **Problemas a la salud humana**

Según Clarimon, L (2009) y la ATSDR (2005), los efectos que producen los combustibles y el aceite usado en humanos son:

- Irritaciones del tejido respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehidos, cetonas, compuestos aromáticos, etc.

- La presencia de elementos químicos como Cl (Cloro), N<sub>2</sub>O (dióxido de nitrógeno), SH<sub>2</sub> (ácido sulfhídrico), Sb (antimonio), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cadmio), Cu (Cobre) afectan las vías respiratorias superiores y los tejidos pulmonares.
- Producción de efectos asfixiantes, impidiendo el transporte de oxígeno, por contener monóxido de carbono, disolventes halogenados, ácido sulfhídrico, etc.
- Efectos cancerígenos sobre próstata, vejiga y pulmón por presencia de metales como plomo, cadmio, manganeso, etc.
- Se han encontrado pequeñas cantidades de querosén en el cerebro, pulmones, hígado, bazo y riñón de personas y animales expuestos. No se sabe si los aceites combustibles se degradan y salen del cuerpo en la orina o las heces.
- Se ha publicado un gran número de estudios sobre casos de envenenamiento de niños que han ingerido querosén. Es probable que estos accidentes sean más comunes en áreas donde comúnmente se usa querosén para cocinar y para calefacción. Beber querosén puede causar vómitos, diarrea, inflamación del estómago, calambres estomacales, tos, somnolencia, inquietud, irritabilidad y estado de inconsciencia. Además, respirar podría tornarse difícil o doloroso. El hecho de que beber querosén puede provocar tos, pulmonía y dificultad y dolor al respirar sugiere que el querosén ha entrado a los pulmones. El ingerir grandes cantidades de querosén puede inducir un estado de coma, causar convulsiones y podría causar la muerte.
- El DHHS, (1995) ha determinado que es razonable predecir que algunos HAP's son carcinogénicos. Ciertas personas que han respirado o tocado mezclas de HAP's y otros compuestos químicos por largo tiempo han contraído cáncer. Ciertos HAP's han producido cáncer en animales de laboratorio que respiraron aire con HAP's (cáncer al pulmón), comieron alimentos con HAP's (cáncer al estómago), o se les aplicó HAP's en la piel (cáncer a la piel).

### **Sistema de Tratamiento**

Los sistemas de tratamiento suelen ser llamados sistemas de depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de agua potable en la actualidad son una alternativa ingenieril de eliminación de contaminantes de diferentes orígenes que contempla la aplicación de etapas físicas, químicas, biológicas que tienen como fin actuar en dependencia de las características de los contaminantes presentes para producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente convenientes para su disposición o rehuso.

Según Orozco J. 2005, los sistemas de tratamiento empezaron a perfilarse balbuceantes al cambio de siglo XIX al XX; se empezaron a desarrollar en la primera mitad del presente siglo, y se consolidaron como una Tecnología Madura en las últimas décadas. Por razones diversas, la tecnología que se desarrollo originalmente es la conocida hoy como la tecnología convencional o aerobia misma que se difundió por el mundo entero hasta el punto de ser conocida a cabalidad todos sus aspectos microbiológicos, bioquímicos, físicos y algunas salvedades como su cinética y estequiometría. Respecto a la tecnología anaerobia de las aguas residuales se puede decir que se inicio al mismo tiempo que la aerobia pero su verdadero desarrollo empezó en la década de los 60 durante la crisis energética y su enfoque fue la producción de bioenergía y no el tratamiento de agua; luego de superar la crisis al conocer de esta alternativa se dio paso al tratamiento de las aguas residuales. En los años 90 ya había numerosas plantas de tratamiento en las industrias.

### **Investigaciones sobre tratamiento**

#### **NACIONALES**

Por lo planteado por FIGEMPA (2006), Las Instituciones en las cuales se ha encontrado trabajos relacionados al tema son:

- UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
  - ◆ Tesis: Diseño de una Planta de Reciclaje de Aceites Lubricantes Usados. 2003
  - ◆ Tesis: Sistema Integral de Manejo Ambiental de Aceites Usados Generados por Automotores e Industrias en la Ciudad de Cayambe. 2005
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
  - ◆ Tesis: Proyecto para el reciclaje de aceites automotores para la ciudad de Máchala, 2002.
- ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
  - ◆ Tesis: Determinación de rutas de recolección de aceite usado, en un sector de la ciudad de Guayaquil, 2003
  - ◆ Tesis: Estudio sobre la Regeneración de Aceite de Cáster, 1977
- UNIVERSIDAD TÉCNICA EQUINOCCIAL

- ◆ Estudio estadístico para la cuantificación de los aceites lubricantes usados, 1996
- ◆ Proyecto de factibilidad para montar una planta de reciclaje de aceites lubricantes en Quito para la obtención de aceites básicos, 1998
- UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
  - ◆ Caracterización física - química de las principales marcas de aceites lubricantes automotriz que se comercializan en el Ecuador.
- DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE DEL MUNICIPIO DE QUITO
  - ◆ Manual de producción más limpia para mecánicas automotrices y lubricadoras
- FUNDACIÓN SUIZA DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO TÉCNICO, SWISSCONTACT
  - ◆ Formación de una empresa para la recolección, acopio, tratamiento y disposición final de los aceites lubricantes en la ciudad de Quito.

## **LOCAL**

Según el Ministerio del Ambiente - Proyecto Ambiente Saludable PRAS, (2010). Se ha realizado en la provincia de Pastaza una Línea Base Ambiental Provincial que incluye un inventario de las actividades referentes a establecimientos dedicados al mantenimiento de vehículos (mecánicas, lubricadoras y estaciones de servicio), establecimientos que en el Cantón Pastaza existen 96, en Mera 11, en Santa Clara 2 y en Arajuno 4, en este último se encuentran incluidos los diferentes centros de facilidades petroleras que tiene la AGIP OIL Ecuador.

Además en la provincia existen estaciones de servicio y lubricadoras que cuentan con un sistema de trampa de grasas, cabe mencionar que no todas funcionan correctamente por falta de mantenimiento, poca proyección a futuro, algunas no cumplen con su función debido a que el sistema de colección presenta averías o no están diseñados correctamente.

## **CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

Según Romero A. (2008), la selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- Las características del agua
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad del terreno los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento
- La confiabilidad el sistema de tratamiento
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

Cabe mencionar que la disponibilidad de espacio es también una característica importante para la toma de decisiones a la hora de implantar un diseño de tratamiento de agua residual.

### **Alternativas para la separación de aceites y grasas lubricantes**

Sainz, J (2007) propone los siguientes métodos para llevar a cabo el proceso de separación de aceites y grasas lubricantes:

- Trampas de aceites y grasas
- Separadores API
- Separadores de placas
- Tanques gravimétricos

Tabla IV, Tipos de separadores de aceites y grasas lubricantes

TIPO	Rendimiento	Coste inicial	Aplicaciones
Trampas de aceites	BAJO	BAJO	Pequeñas instalaciones, talleres, etc.
Separadores API	BUENO	ALTO	Grandes instalaciones, refinerías, petroquímicas, parques de almacenamiento, etc.
Separadores de placas	MUY BUENO	ALTO	Amplia gama de modelos, desde pequeñas instalaciones a muy grandes
Tanques gravimétricos	MUY BUENO	MUY ALTO	Grandes instalaciones, refinerías, petroquímicas, etc.

Fuente: Separación de aceites de efluentes industriales. Tipos de separadores, criterios de selección y diseño, Pág. 95

## TRAMPAS DE ACEITES Y GRASAS

Romero, J (2008), plantea que las trampas de grasa se incluyen en los tratamientos de agua residual que contienen una producción apreciable de grasa con el objeto de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que puedan tener ellas sobre la acción bacterial.

Según Trujillo, J; Suntaxi, R (2009), en lo que respecta a talleres automotrices el aceite usado se genera por: filtros usados, lodos contaminados con aceite, embaces plásticos contaminados con aceite nuevo y los aceites y grasas lubricantes de las trampas.

Sainz (2007) Manifiesta que en todos aquellos casos en que sea precisa la eliminación de grasas y aceites en cantidades y volúmenes reducidos, como puede ser el caso de garajes, talleres, restaurantes, etc., el empleo de trampas de aceite puede ser suficiente, requiriendo estos equipos una limpieza y atención frecuente, con el fin de conseguir unos rendimientos aceptables.

### *Bases de diseño*

El parámetro más importante a definir de estos equipos es el volumen requerido, es decir, el volumen de la trampa debe calcularse para un tiempo de retención mínimo de 30 minutos a caudal máximo.

### *Dimensionado de equipos*

El volumen preciso de la trampa de aceite vendrá dado por:

$$\text{Vol} = Q_{\text{max}} * \text{TR}$$

Que para el tiempo de retención indicado con anterioridad, será:

$$\text{Vol} = Q_{\text{max}} (\text{m}^3/\text{h}) * 30 \text{ min} * (1/60) (\text{h}/\text{min})$$

- De este tipo de equipos hay una amplia gama de unidades prefabricadas en el mercado, estando construidas de diferentes materiales (hormigón, poliéster reforzado con fibra de vidrio, otros plásticos, etc.), así como de diferentes capacidades. Bravo M.; Moreno A.; et al (2005), Sainz (2007).
- Estas unidades, al estar prefabricadas, sólo hay que indicar al suministrador el volumen de la unidad deseada, siguiendo fielmente las instrucciones de instalación de las mismas.
- Su ubicación es enterrada.
- La entrada del líquido en el equipo debe encontrarse entre 15-20 cm por debajo del nivel del agua, con el fin de no producir emulsiones de las grasas ya separadas que se encuentran en la superficie de la unidad, y la salida próxima al fondo por el lado opuesto, de tal forma que el recorrido del agua sea de arriba hacia abajo, mientras que las gotas de grasas y aceites al ser menos densas que el agua se desplazarán hacia arriba, quedando retenidas en la superficie.

## **SEPARADORES API**

API (1990). Separador API es un dispositivo diseñado para separar importes totales de aceite y sólidos suspendidos de aguas residuales efluentes de refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas, plantas de gas natural y otras fuentes industriales. El nombre se deriva del hecho de que tales separadores están diseñados según los estándares publicados por Instituto Americano del Petróleo (API).

Sainz, J (2007) propone que los principios en que se basan estos separadores parten de los trabajos desarrollados en la Universidad de Wisconsin, así como en la gran experiencia adquirida en las múltiples unidades instaladas, principalmente en la industria del petróleo; este tipo de separadores consiste en un canal de sección rectangular, trabajando en régimen del flujo laminar y con un tiempo de retención que permita a las gotas de aceite a separar, alcanzar la superficie de donde serán eliminadas.

Con el fin de facilitar la separación, se instalan unas barrederas superficiales perpendiculares a las paredes laterales del canal y arrastradas por unas cadenas

sinfín, que se desplazan en la misma dirección del flujo, acumulando el aceite en las proximidades de un skimmer, que facilita la eliminación.

Debido a la disminución de la velocidad del agua, en estos equipos tiene lugar una decantación de parte de los sólidos en suspensión presentes en el agua residual, estos sólidos son arrastrados a uno de los extremos del separador, por las barrederas en el camino de regreso, acumulándose en unos pocetos de donde son extraídos por bombeo y enviados a tratamiento de fangos; con el fin de no producir turbulencias en el seno del líquido, la velocidad de las rasquetas debe ser muy lenta, posteriormente los aceites acumulados en la superficie del separador son arrastrados hacia uno de sus extremos por las rasquetas y extraídos de la superficie mediante un skimmer estos pueden ser:

- Tubería rasgada o ranurada.
- Cilindros olefínicos.
- Bandas continuas.

#### *Bases de diseño*

En el diseño de los separadores API, la base de partida es la velocidad ascensional de las gotas de aceite de acuerdo con la ecuación de Stokes, relacionada con anterioridad. Por otra parte, habrá que tener en cuenta la correlación entre los diferentes parámetros y dimensiones fijados por el Instituto Americano del Petróleo, de acuerdo con la experiencia en múltiples plantas operativas.

Los factores más importantes a tener en cuenta son los siguientes:

- El valor de la velocidad longitudinal ( $V$ ) que se adopta es de  $15 \times v$  (velocidad ascensional de las gotas de aceite), siendo el valor máximo que puede alcanzar de 1,7 cm/s.
- La relación profundidad/anchura del canal deberá estar comprendida entre 0,3 y 0,5.
- La anchura del canal estará comprendida entre 2 y 6 m.
- La profundidad mínima del agua será de 1 m y la máxima de 2,5 m.

## **SEPARADORES DE PLACAS**

ECOPRENEUR (2008), señala que estos equipos han sido diseñados y dimensionados para remover todos los aceites no emulsificados que contienen las corrientes de agua contaminadas a ser tratadas por los mismos, produciendo un efluente con un contenido inferior a 10 mg/L de aceites para un tamaño de gota de 20 micrones o superiores. El proceso de separación es automático e incorpora el uso de un exclusivo paquete de placas coalescedoras inclinadas, sinusoidales, dispuestas de forma de inducir la agrupación de las gotas de aceites sobre su superficie. Igualmente las placas inclinadas facilitan la sedimentación de los sólidos contenidos en la corriente a tratar sin que se produzcan atascamientos u obstrucciones. Los sólidos sedimentan en una cámara separada dispuesta al efecto. El separador está diseñado para contener el aceite recuperado sin fugas y es apto para procesar corrientes con amplias variaciones de caudal y contenido de aceites.

Sainz, J (2007), manifiesta que un sistema para aumentar la eficacia de los separadores tipo API sería darles un mayor tiempo de retención. Por otra parte, a medida que las plantas han incrementado su capacidad de producción y, en consecuencia, su generación de aguas residuales, es preciso aumentar el tamaño o el número de los mencionados API's, lo que lleva consigo un aumento importante de la superficie necesaria, no siempre disponible, además de que, a mayor superficie de lámina de agua, mayor influencia de agentes meteorológicos como temperatura y viento, con los problemas que ello conlleva. Con el fin de aumentar el rendimiento y la capacidad de estos procesos, se desarrollaron los separadores de placas, que aumentaron los rendimientos y disminuyeron la superficie requerida.

Entre las ventajas que presentan los separadores de placas, se encuentran:

- Aumenta la superficie de separación de las grasas y aceites, lo que lleva consigo una reducción importante en el ahorro del terreno preciso para su instalación.
- Se generan menos turbulencias lo que conlleva una disminución de la posibilidad de formación de cortacircuitos hidráulicos.

## **TANQUES GRAVIMÉTRICOS**

Un problema que presentan los separadores de grasas y aceites tipo API, y en menor medida los de placas, es que presentan elevadas superficies cubiertas de

hidrocarburos, lo que da lugar a su evaporación, sobre todo en verano, y, en consecuencia, la aparición de olores, así como atmósferas contaminadas, insalubres y peligrosas. En alguna ocasión, estos equipos se han cerrado, evacuando los gases originados a la antorcha de la refinería o petroquímica.

A mediados de los años ochenta, en EE.UU. se comenzaron a utilizar un nuevo tipo de separadores por gravedad, los denominados tanques gravimétricos, que básicamente constan de:

- Tanque de forma cilíndrica, construido en acero al carbono, cerrado por su parte superior mediante techo fijo o flotante.
- Skimmer flotante sobre boyas para separación de la capa de aceite separada en superficie, unido al exterior del tanque mediante una línea flexible o bien con tubería metálica provista de una rótula, que permita el movimiento del skimmer cuando haya variaciones en el nivel de líquido en el tanque.
- Sistema de evacuación de los gases desprendidos hasta la antorcha de la instalación.

Entre las ventajas que presentan los tanques gravimétricos frente a los otros tipos de separadores, se encuentran:

- Al disponer de un volumen elevado, además de la separación de aceites, tiene lugar una cierta capacidad de homogeneización del efluente, lo que redundará en una mayor eficacia de los tratamientos posteriores.
- La posibilidad de dosificación en la línea de alimentación (zona de máxima turbulencia) de algún producto con propiedades desemulsionantes, que va a mejorar el rendimiento de separación de aceites.

Es frecuente en estos equipos llevar a cabo la dosificación de ácido sulfúrico diluido para ajustar el pH ligeramente ácido como agente desemulsionante. Debe tenerse en cuenta que habitualmente las aguas residuales del refino del petróleo son alcalinas.

- Al no tener partes mecánicas móviles, como ocurre en los separadores API, las necesidades de mantenimiento son mínimas.
- Pueden trabajar a nivel fijo o bien a nivel variable, lo que posibilita en este último caso que actúen como tanque de regulación de caudal.

- Eliminan una parte muy importante de la contaminación atmosférica generada por la evaporación de aceites en la planta de tratamiento, así como aumentan de forma notable la seguridad y salubridad de las instalaciones.
- El mayor problema que presentan estos equipos es su elevado coste de primera instalación, muy superior a cualquiera de los sistemas mencionados con anterioridad.

Es práctica habitual en grandes instalaciones el disponer de dos unidades, conectadas de tal forma que puedan trabajar tanto en serie como en paralelo, así como a nivel fijo o variable independientemente una de otra, lo que permite disponer de una gran operabilidad a la planta de tratamiento.

**Antecedentes teóricos acerca de las unidades de proceso que intervendrán en el Sistema de Tratamiento para el Taller de Maquinaria Pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza**

**DESARENADOR:**

En tratamiento de aguas residuales, se usan para remover arena, grava, partículas y otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor al de los sólidos orgánicos, reducen la acumulación de depósitos pesados en tuberías, canales y conductos, estos deben ubicarse antes de las unidades de tratamiento, sin embargo la instalación de rejillas antes del desarenador también facilitan la remoción de arena y la limpieza de los canales de desarenado, su mantenimiento puede ser mecánico o manual, su diseño depende del tipo de flujo, en este caso es de flujo horizontal en la cual el agua pasa a lo largo del tanque en dirección longitudinal, la velocidad horizontal del agua se controla mediante las dimensiones de la unidad o mediante un vertedero de succión especial a la salida.

Los desarenadores de flujo horizontal, para aguas residuales, se diseñan para una velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 30 cm/s. Dicha velocidad permite el transporte de la mayor parte de partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y tiende a resuspender el material orgánico sedimentado, pero permitiendo el asentamiento del material pesado inorgánico. Para el diseño se recomienda conocer los caudales extremos de operación con el fin de garantizar remoción del material orgánico para todas las condiciones de flujo. Romero, J (2008).

La Escuela de Ingeniería de Antioquia (2009), clasifica a los desarenadores de acuerdo al tipo de flujo, el que vamos a utilizar para el taller municipal es el desarenador convencional que es de flujo horizontal y más utilizado en nuestro medio. Las partículas se sedimentan al reducirse la velocidad con que son transportadas por el agua. Son generalmente de forma rectangular y alargada, dependiendo en gran parte de la disponibilidad de espacio y de las características geográficas. La parte esencial de estos es el volumen útil donde ocurre la sedimentación.

La OPS (2005), plantea que un desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El Desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm. En los efluentes del taller municipal encontramos cantidades considerables de arena, lodo y materia orgánica, sustancias que se adhieren a los vehículos cuando estos circulan por las carreteras del Oriente, por esta razón el autor ha considerado la inclusión de un desarenador como parte del tratamiento de los efluentes antes mencionados.

Deben emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con lo siguiente:

- Minimización de pérdida de volumen en tanques de tratamiento.
- Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales.
- Reducción de la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos.
- Protección de equipos mecánicos contra la abrasión.

#### *Velocidad mínima del agua*

Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La variación debe estar únicamente en el rango entre 0.2 m/s y 0,4 m/s *Tiempo de retención hidráulico*

El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse; se recomienda un tiempo entre 20 s y 3 min. Esto se logra mediante dispositivos que permitan regular la velocidad del flujo.

### ***Estructuras de control de caudal***

Se recomienda controlar la velocidad en el desarenador mediante vertederos proporcionales, con secciones transversales que garanticen los rangos de velocidad especificados para diferentes alturas de la lámina de agua.

### ***Operación y mantenimiento***

Se recomienda que los desarenadores con un caudal inferior a 50 L/s sean limpiados manualmente; para caudales mayores de 150 L/s se recomienda una limpieza mecánica. Para caudales intermedios debe justificarse la selección realizada.

En los desarenadores de limpieza manual que se usen con aguas negras combinadas debe llevarse a cabo lo siguiente:

- **Medición periódica del lecho de arena acumulado**
- **Aislamiento del desarenador en el momento en que el arena ocupe la 2 terceras partes del volumen.**
- **Drenaje del agua residual en la cámara.**
- **Remoción de arena**
- **Estimación de la cantidad de arena removida para los registros en las fichas de operación.**
- **Transporte del material removido hacia el sitio de disposición**
- **Lavado del desarenados para ser utilizado nuevamente**
- **Analizar una muestra de arena removida en términos de sólidos volátiles. Adopción de medidas de corrección para las muestras que presenten alto contenido de éstos.**
- **Verificación de la cantidad de arena en las unidades subsecuentes.**
- **Remoción de la arena, si fuera el caso, retenida en las demás unidades de tratamiento. Romero, J (2008).**

## CÁLCULOS A TOMAR EN CUENTA EN EL DISEÑO DE UN DESARENADOR, MÉTODO DE LA OPS/CEPIS (2005)

Tabla V, Relación entre velocidad de las partículas y velocidad de sedimentación

Material	< Límite de las partículas (cm)	#de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	Newton
Arena Gruesa	0.100	1000	10.0	Transición	$v_s = n U^p > \sim c X^d$ $v_s \sim t p v W i_{pr}$ Alien
	0.080	600	8.3		
	0.050	180	6.4		
	0.050	27	5.3		
	0.040	17	4.2		
	0.030	10	3.2		
Arena Fina	0.020	4	2.1	Laminar	$v_s = \frac{g d^2 (\rho_p - \rho_f)}{18 \mu}$ Stokes
	0.015	2	1.5		
	0.010	0.8	0.8		
	0.008	0.5	0.6		
	0.006	0.24	0.4		
	0.005	1.0	0.3		
	0.004	1.0	0.2		
0.003	1.0	0.13			
0.002	1.0	0.06			
0.001	1.0	0.015			

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, pág. 11

Velocidad de sedimentación:

18

$$v_s = \frac{g d^2 (\rho_p - \rho_f)}{18 \mu}$$

$\rho_r$  Densidad relativa

$\mu$  Viscosidad cinemática  
 $d$  diámetro de la partícula

Numero de Reynolds

$$Ke = V_s \cdot d$$

Si se cumple la ley de stoke Re menor a 1 Si  
 se cumple la ley de newton Re mayor a 1



Si se cumple newton: Cálculo del coeficiente de arrastre

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re^2}$$

Velocidad de sedimentación aplicando la ley de newton

$$V_s = \frac{K_s \cdot d^2}{18 \cdot \mu}$$

$$K_s = f$$

Área superficial

$$V_s = \frac{Q \cdot K_s}{A_s}$$

$$A_s = \frac{Q \cdot K_s}{V_s}$$

$$K_s = 1,75$$

Dimensiones del desarenador

$$L = 10-20$$

B  
L largo

B ancho

H altura

Volumen

$$V = L \cdot B \cdot H$$

Velocidad horizontal



$$A_f = B.H$$

Velocidad de desplazamiento o de suspensión

$$V_d = \frac{K}{(p-r-l)d} \sqrt{g \cdot i}$$

si  $V_d > V_h$  no hay suspensión

$K = 0,04$ : Arenas

$K = 0,06$ : Sólidos orgánicos

Tiempo de retención  $V$

Longitud del tramo de transición

$$L = \frac{B-b}{2 \tan \theta}$$

$$L = 12,5$$

=

$$L = 0,15m$$

=

$$L = 0,5 L_1$$

2

#### TRAMPA PARA ACEITES Y GRASAS LUBRICANTES

Romero, J (2008). Establece que el éste es el sistema más sencillo de para remoción de aceites y grasas no emulsificadas usada para industrias pequeñas, este sistema se diseña para retener las grasas y aceites, así como para permitir su limpieza y mantenimiento apropiado, la trampa debe tener un diseño hidráulico y un tiempo de retención adecuado; la distancia entre la entrada y la salida de la trampa ha de ser suficiente para permitir las separación diferencial por gravedad y no dejar escapar

grasas por la unidad de salida, las pantallas de control de flujo son esenciales para garantizar un régimen hidráulico apropiado y prevenir trastornos hidráulicos por cambios súbitos de caudal. Una trampa de grasa es una cámara de flotación donde la grasa flota a la superficie libre de agua y es retenida, mientras que el agua más clara subyacente es descargada. En una trampa de grasas no hay equipo mecánico.

La entrada del agua residual se hace por debajo de la superficie de agua y la salida generalmente por el fondo, entre más grande sea el tanque más eficiente es la trampa. Normalmente se diseña con tiempos de retención de 15 a 30 min y de un tamaño mínimo de 2,8 m<sup>3</sup>

El mantenimiento pobre hace que en la mayoría de los casos las trampas no funcionen adecuadamente, la falta de limpieza continua permite la acumulación excesiva de grasa en la trampa y su descarga con el efluente, para un buen funcionamiento deben evitarse las descargas súbitas sobre ellas ya que estas pueden producir agitación excesiva del contenido de la trampa, impide la retención y flotación de la grasa y permite se escape por la unidad de salida.

Tabla VI, Dimensiones de una trampa de grasas de acuerdo al caudal

Rango de Caudales (Litros/seg) (m )	Volumen trampa de grasa	Dimensiones estimadas (metros)		
		Profundidad Largo (H)	Ancho (A)	(L)
0-1	1.8	1.00	1.00	1.80
0-1	1.8	1.50	0.67	1.20
1-2	3.6	1.50	1.33	2.40
2-3	5.4	2.00	1.50	2.70
3-4	7.2	2.00	2.00	3.60
4-5	8.1	2.00	1.50	2.70
5	9.12	2.00	1.60	2.85

Fuente: Manejo de residuos líquidos, pág. 0

## FILTRO

Un filtro contiene materia porosa mediante la cual se hace pasar un líquido para depurarlo, en la actualidad existen diferentes tipos de filtros, entre estos los filtros típicos convencionales mono medio y el filtro ascensional profundo mono medio, el

primero se caracteriza por utilizar arena o antracita como medio filtrante y opera por gravedad con tasa de filtración constante o variable, mientras que el segundo, la filtración procede medio grueso a fino y permite utilizar un medio con tamaño efectivo más grande con mayor coeficiente de uniformidad, el tiempo requerido para lavado es menor por que el tiempo de drenaje es mínimo, se puede usar agua cruda para el lavado. La desventaja de esta es la necesidad de una rejilla que detenga el medio filtrante cuando se ejerza la fuerza ascensional para la filtración. Romero, J (2008).

*Ventajas de los filtros convencionales de arena:*

- La filtración procede de medio grueso a fino, utiliza un solo medio filtrante y permite usar un medio con tamaño efectivo más grande y con mayor coeficiente de uniformidad.
- El tiempo requerido para lavado es menor porque el tiempo de drenaje es mínimo.
- Se puede usar agua cruda para lavado, disminuyendo la cantidad de agua que debe filtrarse dos veces.
- No requiere una caja muy alta porque no se necesita cabeza estática para energía de filtración.

*Desventaja:*

- La principal desventaja radica en la necesidad de proveer una rejilla que retenga el medio filtrante en su sitio cuando se ejerce la fuerza de salida.

*Lavado del Filtro*

Dependiendo del método usado para retrolavar el filtro, éste puede ser del medio estratificado o no estratificado. El uso de agua solamente para retrolavar y fluidizar un filtro de un solo medio da como resultado un filtro estratificado con las partículas más pequeñas del medio localizadas en su superficie. El uso simultaneo de agua y aire para el retrolavado cuando se lava y fluidiza un solo medio, produce un lecho no estratificado debido a la mezcla de las partículas finas con las gruesas. El uso simultáneo de lavado con aire y agua para medios duales y múltiples requiere el uso al final del ciclo de retrolavado, de agua solamente para lograr un medio estratificado.

La filtración de aguas residuales, en filtros lentos de arena de 30 a 75 cm de profundidad, con capas de arena de 15 a 40 cm de espesor, sin sistema de lavado ascensional, en los cuales la tasa de ampliación del efluente secundario es de 3 m/d, operados hasta que la pérdida de carga alcanza un punto en el cual el nivel del agua alcanza el borde de la pared de la pared de los filtros, no ha sido muy popular debido a las grandes áreas requeridas y el taponamiento rápido del filtro. En algunos estudios se indica que la frecuencia de limpieza de los filtros lentos varía de una a dos veces por mes, con remociones del 60% de SS y el 40% de DBO, para tasas de aplicación de efluente de filtros percoladores de 1,5 a 2,4 m/d con 20 a 90 mg/L de SS

### *Crterios de diseo*

La diferencia principal entre los filtros para purificación de agua y los filtros para tratamiento de aguas residuales radica en el tamaño del medio filtrante. Los granos de medio filtrante para aguas residuales deben ser más grandes para que el filtro tenga una velocidad apropiada de filtración y pueda almacenar el volumen de floc removido. Otras dos variables importantes en filtración de aguas residuales son la resistencia del floc y la concentración de sólidos suspendidos.

### *Recomendaciones generales de diseo*

- Se debe evaluar la variabilidad de la carga hidráulica y de sólidos suspendidos para evitar tasas cortas de filtración y consumos excesivos de agua de lavado.
- Es preferible utilizar filtros que permitan la penetración de sólidos suspendidos, es decir, sistemas de filtración gruesa a fina para obtener tasas de filtración razonables. El medio filtrante sobre el lado de entrada del afluente debe tener un tamaño efectivo no menor de 1 a 1,2 mm.
- La tasa de lavado debe ser suficiente para fluidizar los granos más gruesos de cada componente del lecho filtrante. Medios más uniformes reducirán la tasa de lavado requerida y son más deseables, aunque más costosos.
- Se recomienda instalar lavado superficial o un sistema de frotación con aire.
- Se debe evaluar el efecto de la recirculación del agua de lavado, a través de la planta, sobre la tasa de filtración y sobre la duración de la carrera de filtración.
- Tasas bajas de filtración, o cargas bajas de sólidos suspendidos en el afluente, permiten el uso económico de filtros por gravedad, sobre todo en plantas grandes donde se requieren varios filtros. Romero, J (2008).

Para evitar la obstrucción de la tubería por el medio filtrante, se consideró la fusión de los diseños antes mencionados y se obtuvo un filtro mixto, es decir, dos filtros en uno, el primero de flujo descendente y el segundo de flujo ascendente que están separados por una lámina donde el residual se somete a un doble filtrado, removiendo los sólidos, material no sedimentable, turbiedad, DBO, DQO y metales pesados.

### **Antecedentes teóricos previos a la Propuesta de Gestión de Desechos producidos por Taller de Maquinaria Pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza**

FIGEMPA, (2006) y Holacim Ecuador (2005) Aportan con varias definiciones que se han considerado importantes para poder hacer una buena propuesta de gestión de desechos.

#### **MINIMIZACIÓN**

Menos entradas de materia prima. Componentes de un producto que pueden ser utilizados en un rango o dosis mínimas sin que altere sus propiedades en el producto final o reducir volúmenes de materiales sin cambio en las propiedades. En el manejo de desechos o residuos no diluir los contaminantes para reducir a un espacio o volumen mínimos.

#### **REPARACIÓN Y REUSO**

Maximizar el tiempo de vida útil del material. Consiste en usar de nuevo un producto, una botella de refresco se reutiliza cuando se devuelve a la embotelladora para rellenarla de nuevo. También se entiende el encontrar nuevas funciones a objetos o materiales que han envejecido para su uso original.

#### **RECUPERACIÓN DE RECURSOS**

Es un término general utilizado para describir la extracción de materiales económicamente rentables o de energía de los residuos. El concepto puede involucrar el reciclaje o la conversión a usos distintos y a veces no relacionados, uno de estos es el co-procesamiento.

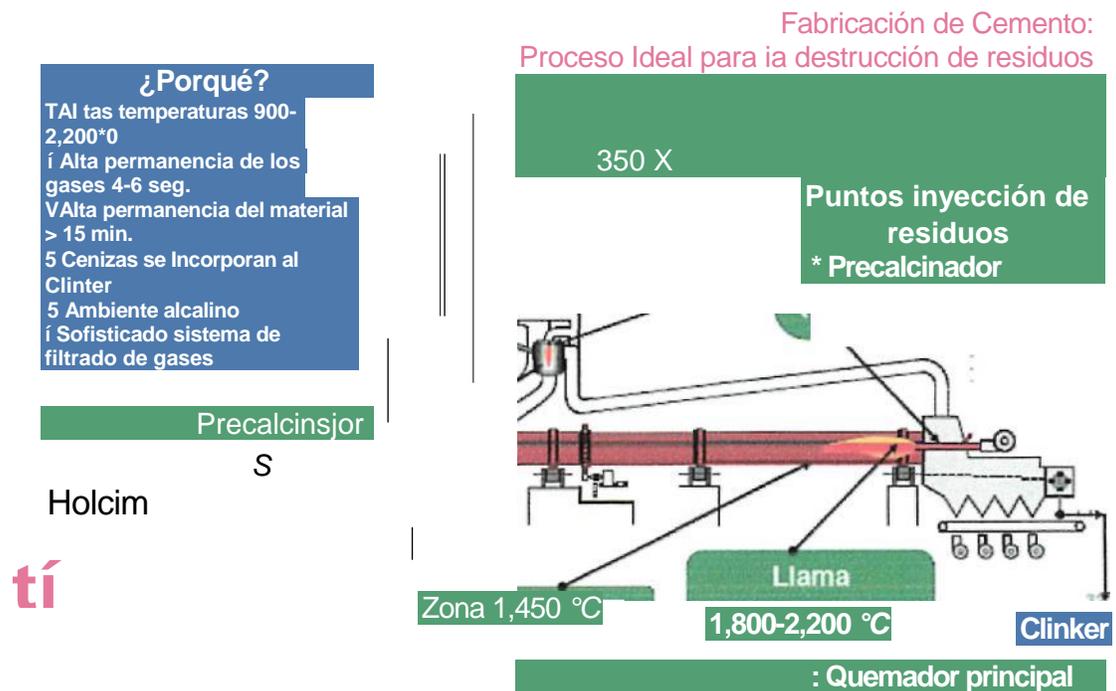
## DESTRUCCIÓN DE RECURSOS

Incineración o neutralización química. La incineración es un proceso tecnológico que implica la quema o combustión para degradar térmicamente materiales residuales. Las incineradoras deben cumplir las normas de aire limpio. Este proceso se usa principalmente para los residuos orgánicos. Los residuos se reducen mediante oxidación y normalmente sostendrán el proceso de combustión sin emplear combustible adicional.

## CO-PROCESAMIENTO

Es el uso de residuos o derivados de un proceso industrial como combustible o materia prima en otro proceso y consiste en la eliminación ambientalmente segura de residuos industriales, aprovechando en forma eficiente la energía térmica y/o componentes químicos, que ese residuo pueda aportar a un proceso productivo. Mundialmente existen sistemas de alta complejidad en Ingeniería Ambiental que posibilitan el uso de residuos industriales generados por la industria, como combustibles alternativos para los hornos de la industria del cemento, reemplazando parcialmente a los combustibles tradicionales como el fuel-oil o el gas. Holcim (2005)

Figura 1, Proceso del cemento y co - procesamiento de desechos

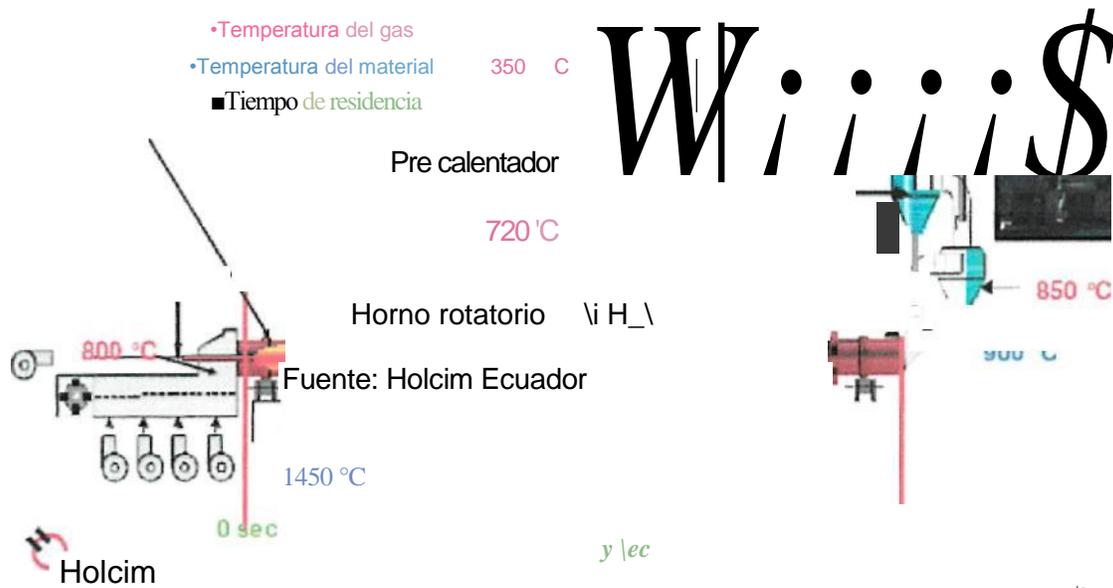


Fuente: Holcim Ecuador

### Altos tiempos de residencia

Como consecuencia del tamaño del horno que tiene una relación largo/diámetro de 21 a 1, con 107 metros de longitud y 5 metros de diámetro. Los caudales de aire operados, hacen que los tiempos de residencia de los gases se encuentren en el orden de 4 a 6 segundos en el horno propiamente dicho, sin considerar el tiempo de residencia en los equipos de intercambio térmico. Esto permite que todas las sustancias orgánicas en fase gaseosa se oxiden completamente a dióxido de carbono y agua, incluso los compuestos orgánicos muy estables constituidos por uno o más anillos aromáticos.

Figura II, Proceso del clinker



### Eliminación de elementos trazas

Introducidos por medio de los residuos o materiales alternativos al proceso de producción de clinker, estos son retenidos en la estructura cristalina de los silico-aluminatos que conforman el clinker. Contrariamente a otros sistemas de incineración que generan productos secundarios concentrados y a menudo tóxicos, el horno de clinker ofrece la posibilidad singular de incorporar elementos traza en forma diluida e inmóvil a las estructuras cristalinas del clinker, donde reemplazan cationes propios del mismo por los metales pesados. Estos elementos traza incorporados a la estructura

cristalina del clinker no son extraíbles por lixiviado, siendo una forma muy eficaz de disponer de los mismos. Hay que mencionar que la incorporación de estos elementos al clinker, no afecta la calidad del mismo, pues son 100% compatibles con la estructura química del mismo.

### *Reducción global de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera*

Por ser que esta industria genera este gas, tanto en la combustión de combustibles como en la descarbonatación de la materia prima. Si paralelamente los residuos fueran quemados en hornos de incineración tradicionales (no en hornos para cemento) o dejados simplemente a la acción de los microorganismos de la naturaleza, estos generan dióxido de carbono en forma paralela a la fabricación de cemento. Por esta causa decimos que el co-procesamiento de residuos en los hornos de cemento, en sustitución de combustibles tradicionales, disminuye globalmente las emisiones del gas.

En resumen las principales características del proceso de co-procesamiento son las siguientes:

- Altas temperaturas (hasta 2000 grados centígrados)
- Largos tiempos de residencia (más de tres segundos a 1200 grados centígrados)
- Alta turbulencia (garantía de una buena combustión)
- Alta inercia térmica (imposibilita cambios abruptos)
- Proceso continuo de combustión
- Ambiente alcalino (la caliza neutraliza ácidos)
- Alta tecnología
- Proceso automatizado

### *Beneficios*

Los beneficios ambientales se resumen en que se genera la misma cantidad de emisiones que al usar combustibles convencionales y la conservación del recurso no renovable, como son los combustibles fósiles, sin generar cenizas ni subproductos. En términos ambientales y sociales, el co-procesamiento coadyuva a la disminución de un pasivo ambiental y social, como es la contaminación de residuos y su manejo racional, lo que disminuye riesgos y costos

## RECICLAJE O RE-REFINAMIENTO

El reciclaje o re-refinamiento de aceites usados es una secuencia de procesos físico-químicos que remueve los contaminantes presentes en el mismo. Estos contaminantes, pueden ser:

- Agua: que proviene de la condensación de la humedad existente en el aire de infiltración.
- Productos volátiles: combustibles líquidos como gasolina y diesel, provenientes de mezclas ricas de combustibles/aire, arranques repetidos con el motor frío, posibles fugas en los cilindros, fugas en la combustión.
- Compuestos solubles en aceites: son producto de combustión de hidrocarburos inestables, que se encuentran presentes en el aceite debido al calor, pudiendo sufrir una polimerización con la consecuente conversión en materias asfálticas y altos polímeros. También, puede estar presentes aditivos no degradados.
- Compuestos insolubles en aceite: por ejemplo el carbono, que proviene del hollín, polvos de contaminaciones externas, partículas metálicas formadas por la fricción y aditivos degradados, entre otros.

El reciclaje de aceites usados, constituye una actividad industrial especial, por tratarse de una solución práctica y racional para los problemas de contaminación ambiental y producción de lubricantes. El precio actual del petróleo, hace que el refinamiento sea la solución para evitar el desperdicio y aumentar la producción de lubricantes. En varios países se están implementando proyectos con tecnologías apropiadas, acorde a sus necesidades y viabilidad económica, que a partir del aceite lubricante usado, se obtiene un producto con características físico-químicas similares a un aceite lubricante base nuevo.

Figura III, Aceite reciclado y aceite usado



Fuente: Manejo ambientalmente adecuado de los desechos aceitosos del Ecuador, 2006

Este proceso tiene un rendimiento de entre 60% y 70%, dependiendo de la calidad y del tipo de aceite usado en el proceso.

## EXPERIENCIAS EN EL PAÍS

Como se ha señalado, existen varias alternativas para el manejo de aceites usados, tales como la minimización, recuperación, reciclaje, co-procesamiento e incineración, para poder hacer una buena elección se analizaron los pros y los contras de la tecnología usada, a continuación se muestra quienes la utilizan y en qué lugar:

### *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*

Basados en la ordenanza N° 0146, Art 343, que faculta la concesión de la recolección, transporte y disposición final de los residuos, se adjudicó la concesión a la empresa privada Biofactor para la recolección, transporte y disposición ambientalmente adecuada de los aceites lubricantes usados por un periodo de 10 años.

La disposición final que da Biofactor al aceite usado, transportar el desecho a Guayaquil para ser usado como combustible en los calderos de la empresa Papelera Nacional, no es ambientalmente adecuada, ya que no cumple con las condiciones de: temperatura de combustión, tiempo de residencia y turbulencia señaladas en la teoría.

Esta acción es una forma de evadir las disposiciones ambientales del lugar de recolección y transferir a un sector donde no hay el requisito. FIGEMPA, 2006.

#### *Petroecuador*

En el terminal "El Beaterío", el aceite usado obtenido del mantenimiento de los vehículos de la empresa es recolectado en un tanque de 500 galones, se registra 450 galones cada tres meses. Este aceite es llevado a la Estación Reductora de Presión del Oleoducto "San Juan" e inyectado a la tubería, FIGEMPA, 2006. El autor considera que la afectación al ambiente es mínima y puede ser una buena alternativa, pues no se desecha el aceite usado, sino más bien sirve para alivianar el crudo que atraviesa por el oleoducto y a la vez tiene una nueva oportunidad de servir como cualquier derivado de petróleo.

#### *Harvert, Nor-oriente Ecuatoriano*

Proceden a la recuperación de aceites usados de sus equipos con cumplimiento de normas ambientales de seguridad, entrega los desechos aceitosos a Petroecuador para integrar al proceso. Los filtros son escurridos y luego se entrega al grupo Minga / Incinerox para incineración. FIGEMPA, 2006.

#### *Agip OH Ecuador, Pastaza*

- Desechos de filtros de aceite, filtros hidráulicos, etc. Incineración y gestión como subproducto, disposición final: Celda de seguridad.
- Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua: Biorremediación y/o incineración.
- Arenas, lodos, ripios contaminados con hidrocarburos: Deshidratación y confinamiento

#### *Mercado Informal, todo el país*

FIGEMPA, 2006. Existe un mercado informal que compra el aceite usado entre 15 y 25 dólares el tanque de 55 galones, destinándolo a:

- Industria de la construcción, desmoldaje de bloques, desencofre de hormigón.

- Combustible alternativo, en condiciones no recomendables ni técnica ambientalmente adecuada.
- Industria agraria, pesticida, herbicida.
- Recubrimiento de caminos de tercer orden
- Lubricante en actividades madereras
- Preservante de madera
- Pulverización de automotores

### *Holcim, Guayaquil*

El único proceso aceptable actualmente utilizado es el co-procesamiento en el horno de la Holcim-Guayaquil, por las altas temperaturas requeridas en el proceso de obtención del clinker, se asume la destrucción total de los hidrocarburos y la incorporación de las cenizas al cemento, por lo que estaría utilizando en última instancia la energía y la materia del desecho, FIGEMPA, 2006.

### *Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador en convenio con Petroecuador, Pichincha*

La Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Central diseñó, construyó y puso en marcha una planta piloto experimental de reciclaje de Aceites usados, cuyo proceso consiste en: destilación, tratamiento químico y clarificación-filtración, el valor del proceso es de USD 1,80 por galón (año 2005), siendo el valor del aceite base importado USD 2,84 por galón, cabe mencionar que el precio es calculado con la información obtenida en una planta experimental, tan solo como referencia investigativa. Con estos datos podemos apreciar que el reciclaje puede generar utilidad y quizás económicamente es más conveniente reciclar que quemar, teniendo en cuenta que las empresas de cemento desean recibir el aceite usado a un ínfimo precio o gratuitamente. FIGEMPA, 2006. Por otra parte el autor agrega que si se recicla el aceite usado, cada vez será menor el aceite que las refinerías deban producir ya que entraríamos al ciclo repetitivo del reciclaje, de esta manera, dependeremos menos del petróleo o sus derivados.

## **INFRACCIONES Y SANCIONES**

**Las conductas que infrinjan las disposiciones del reglamento, serán juzgadas y sancionadas, las autoridades competentes aplicarán el principio precautorio para el juzgamiento de las infracciones, se sancionará con multa de entre mil a dos mil salarios mínimos vitales generales.**

**Se concede acción popular para la denuncia por el daño o riesgo causados por un sujeto de control del reglamento, al infringir cualquiera de sus disposiciones, estos artículos deberían incorporar los municipios en su ordenanza, como representantes de la comunidad y ente con atribuciones y conocimiento del sector.**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO**

Para caracterizar el área y realizar la proyección del sistema de tratamiento se procedió al análisis cuantitativo del área de mantenimiento, zona de descarga, esto mediante la técnica de observación directa; posterior a ésta, se hizo la medición de las siguientes áreas: mantenimiento, sistema de conducción, área de descarga, terreno disponible, hangar de mantenimiento y retiros con respecto al lindero.

Para la caracterización se aplicó la observación directa, la ubicación geográfica a través de coordenadas con GPS, en Datum WGS 84 ZONA 18 SUR y la ubicación satelital a través del navegador de GOOGLE EARTH accesado en Abril del 2011.

Las condiciones del lugar se las realizaron por medio de recorridos en el lugar y la toma de mediciones lineales con la ayuda de un flexómetro, dentro de esta actividad, se procedió a la medición de canaletas, zona destinada al lavado y cambio de aceite, área disponible para la construcción del sistema de tratamiento.

#### **UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Los Talleres se encuentran en Ecuador, provincia de Pastaza, cantón Pastaza, ciudad de Puyo, barrio La Merced, Hangares del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza, junto al Cementerio Municipal de la ciudad de Puyo.



Fuente: Municipio de Pastaza (2010), Sistema Nacional de Información - SNI (2011) combinado con foto satelital de Google Earth (2010) y propia autoría.

- **Extensión:** 7979 m<sup>2</sup>, Municipio de Pastaza (2010), (Ver anexo 1 y 2)
- **Aspectos Físicos**
  - y Altura: 928 msnrm, Google, E (2011).
  - Latitud: Sur 1°29'19.53" S, (En coordenadas UTM: 9835184.41 m S), Google Earth (2011).
  - Longitud: Este, 77°59'52.21 O, (En coordenadas UTM: 166378.41 m E), Google Earth (2011).

## CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO

- **Relieve:** Su relieve es plano, con una ligera inclinación en la entrada y una depresión tras la zona de lavado de vehículos.
- **Tipo de suelo:** Franco arcilloso, INAMHI (2010)
- **Hidrología:** El río Puyo atraviesa por el perímetro oriental de la ciudad de Puyo a una distancia aproximada de 540 m del Taller Municipal, mediciones realizadas en Google Earth, (2010). El río Pindó Grande rodea la parte sur de la ciudad de Puyo a aproximadamente 1100 m del Taller Municipal, mediciones realizadas en Google Earth, (2010).

## CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO BIÓTICO

En lo que respecta a fauna se puede observar que a los alrededores del Taller Municipal existe presencia de animales domésticos, varias especies de insectos como: grillos, mariposas, mosquitos, etc.

En lo correspondiente a flora existen jardines en algunas residencias, árboles y vegetación silvestre en terrenos no construidos que se encuentran cerca del Taller Municipal.

## CONDICIONES ACTUALES DEL TALLER

- **Construcciones existentes:** Una garita de entrada, un edificio de 2 plantas donde funcionan las oficinas del Departamento de Higiene y Salubridad así como la Empresa de Agua Potable de Pastaza (EMAPAST), un hangar donde funciona la Bodega, dos hangares para la maquinaria pesada y vehículos, área de soldadura, área de lubricación y lavado de vehículos.
- **Actividades:** Mantenimiento y reparación de Vehículos y Maquinaria pesada propiedad del Municipio de Pastaza y de entidades que mantengan convenio con el mismo.
- **Efluentes generados:** Los efluentes tributan directamente a la red de alcantarillado de la ciudad de Puyo, esta red a su vez tributa sus aguas contaminadas a los ríos Puyo y Pindó Grande, dependiendo el sector

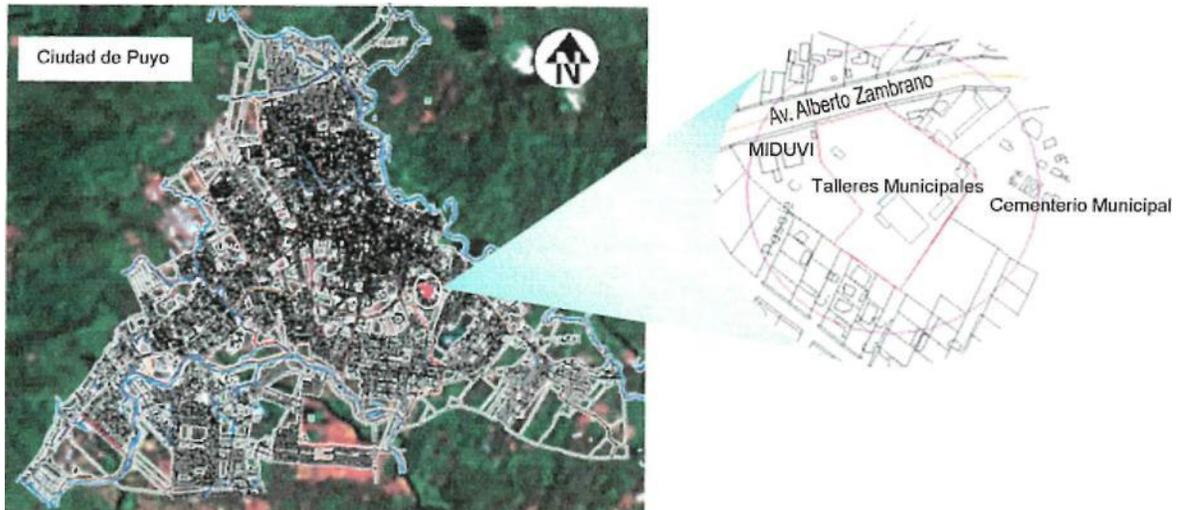
## ÁREA DE INFLUENCIA

Considerando el grado de interrelación que tiene el Taller Municipal con las distintas variables socioambientales, el área de influencia se ha subdividido en dos: directa e indirecta. Esta subdivisión permite tener una mayor comprensión y facilidad de análisis de la situación ambiental del sitio en estudio.

- **Área Directa:** Corresponde al área aledaña al Taller Municipal, donde los impactos generados por su operación son directos y de mayor intensidad. Se incluye en un mapa, indicando la vía de acceso que alimenta e interconecta el Taller en estudio; hasta las áreas de uso definidas para las actividades propias

del proceso (oficinas, área de reparación, mantenimiento, soldadura, lavado, estacionamiento, etc.); teniéndose como referencia un área de 7979 m<sup>2</sup>. El Taller Municipal posee gran influencia urbana, pues se encuentra rodeado totalmente de barrios residenciales, entidades públicas y hasta de un cementerio.

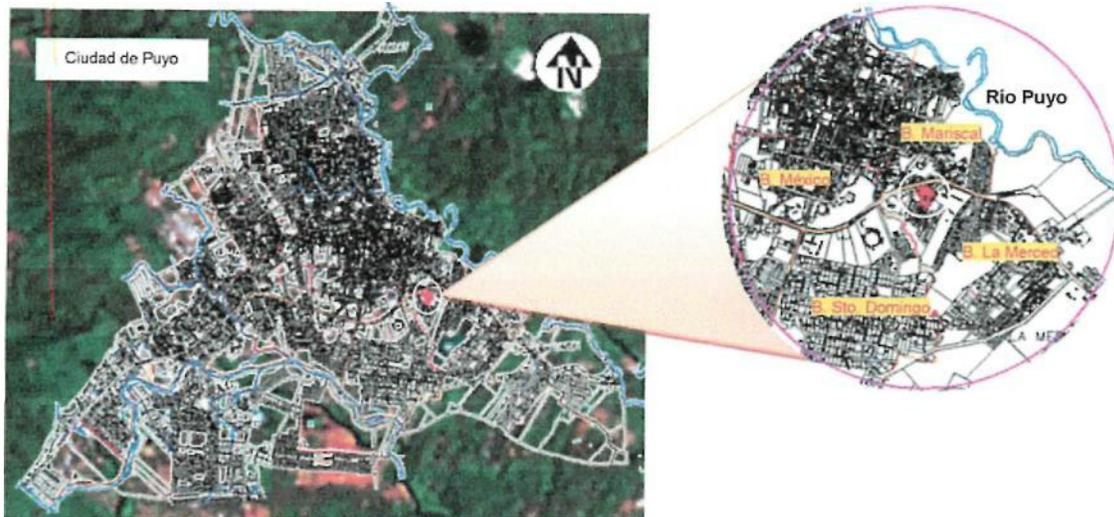
Figura V, Área de Influencia Directa



Fuente: Municipio de Pastaza (2010) combinado con foto satelital de Google Earth (2010) y propia autoría

- **Área Indirecta:** Se estableció en base a las áreas o sectores que son afectados indirectamente por las operaciones del Taller Municipal, así como áreas potencialmente afectadas a mediano y largo plazo por los efluentes producidos, en este contexto, se abarca la cuenca hidrográfica de río Puyo, con estrecha relación unitaria con el sector evaluado, oficinas, áreas urbanas y áreas educativas.

Figura VI, Área de Influencia Indirecta 1000 m a la redonda



Fuente: Municipio de Pastaza (2010) combinado con foto satelital de Google Earth (2010) y propia autoría

#### DURACIÓN DEL EXPERIMENTO:

El experimento ha durado tres meses

#### 3.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Teniendo en cuenta que el *sistema* de tratamiento actuará independientemente de las condiciones meteorológicas de la zona, pues debe ser construido bajo cubierta ya que de nada serviría un sistema de tratamiento para separar aceites y grasas lubricantes de efluentes industriales que trate agua lluvia, sabiendo que en un fuerte aguacero el sistema colapsaría, o a su vez el sistema esté afectado por la radiación solar directa, sabiendo lo volátiles que son los elementos a tratar cuando la temperatura aumenta excesivamente, por ende las condiciones meteorológicas incidirán muy poco en el mismo, por otra parte las muestras tomadas en días lluviosos se verán afectadas por la disolución del contaminante, así mismo si las muestras están siendo incididas por la radiación directa del sol, por lo que a continuación se presentan las mediciones climatológicas realizadas por el INAMHI Estación Meteorológica Puyo, en los últimos 6 años e incluyendo los 4 primeros meses del 2011

Tabla VII, Condiciones Meteorológicas en Puyo de los últimos 6 años

Mes	T°	T°	AÑO 2005				
	Media °C	Máxima °C	T° Mínima Humedad °C Relativa %	Precipitación mm	Evaporación mm	Insolación horas	
Total	257.50	358.80	176.60	1054.00	172.06	30.26	1173.70
Promedio	21.46	29.90	14.72	87.83	14.34	2.52	97.81
<b>AÑO 2006</b>							
<b>Total</b>	254.70	357.40	174.10	1061.00	158.09	27.73	1108.80
<b>Promedio</b>	21.23	29.78	14.51	88.42	13.17	2.31	92.40
<b>AÑO 2007</b>							
Total	255.40	359.80	171.50	1056.00	160.04	28.65	1101.30
Promedio	21.28	29.98	14.29	88.00	13.34	2.39	91.78
<b>AÑO 2008</b>							
Total	253.70	325.50	205.50	1056.00	147.80	27.91	1082.90
Promedio	21.14	27.13	17.13	88.00	12.32	2.33	90.24
<b>AÑO 2009</b>							
Total	257.10	321.10	214.20	1060.00	157.94	27.36	1134.90
Promedio	21.40	26.70	17.85	88.33	13.16	2.28	94.58
<b>AÑO 2010</b>							
Total	262.00	326.40	110.80	1044.00	80.66	14.36	558.90
Promedio	21.83	27.20	18.47	87.00	13.44	2.39	93.15
<b>AÑO 2011</b>							
Enero	21.4	26.6	17.6	87	13.2	2.3	108.0
Febrero	21.1	25.9	18.2	90	15.6	1.9	45.6
Marzo	21	25.9	17.6	89	13.20	2.26	78.4
Abril	21.6	26.8	18	87	14.60	2.75	103.2
<b>PROMEDIO DEL 2005 AL 2010</b>							
Mes	T° Media °C	T° Máxima °C	T° Mínima °C	Humedad Relativa %	Precipitación mm (mes)	Evaporación mm (mes)	Insolación horas
<b>Total</b>	1540,40	2049,00	1052,70	6331,00	876,59	156,27	6160,50
<b>Promedio</b>	21,39	28,46	14,62	87,93	12,17	2,17	85,56

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Puyo (2011)

### 3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales utilizados en la construcción del sistema de tratamiento a escala fueron:

- 7 recipientes de varios tamaños de plástico para microondas.
- 6 placas de vidrio transparente de 0.04 m de espesor, varios tamaños
- Accesorios de tubería PVC para agua a presión de 1/4", tales como: 12 codos y 7 niples.
- Como aislante en las roscas de la tubería se usó teflón de 0,007 m de espesor
- Para unir los diferentes accesorios de proceso se usó adhesivo para tubería PVC.
- Como sellador para evitar fugas de agua se utilizó DOW CORNING 784 que es un sellador de silicona para la construcción.

Se usaron materiales plásticos pues evitan la corrosión y no interfieren en el proceso de oxidación, la temperatura de trabajo es la temperatura ambiente, los materiales son de bajo costo y muy fáciles de encontrar en el mercado local.

Para el montaje y puesta en marcha del sistema a escala se seleccionó un lugar bajo techo que posibilitara la experimentación a flujo, que corresponda a las condiciones reales de trabajo, con luz solar suficiente para poder experimentar con diferentes plantas acuáticas.

El efluente que se trató en el sistema a escala es el mismo que se genera en los talleres municipales, que hubo que recolectar diariamente durante el lavado de la maquinaria y los vehículos.

La capacidad de almacenamiento de las unidades del sistema a escala es:

- 1,5 L para el desarenador
- 4 L para la trampa de aceites y grasas
- 4 L para el filtro mixto
- 1 recipiente de 3 L para tomar la muestra "Después del filtrado"
- 2 recipientes de 3 L para el tratamiento biológico, para experimentar con distintas especies vegetales.
- 1 recipiente de 3 L para tomar la muestra "Descarga del sistema de tratamiento a escala"

### 3.4. FACTORES DE ESTUDIO

Para llevar el sistema de tratamiento a dimensiones reales de diseño, se tuvo que estudiar los siguientes factores:

#### Medición de Caudales

Se determinó el caudal (Q), utilizando el método de la cubeta, por cinco días consecutivos y se calculó el promedio del caudal.

Además se determinó el volumen de efluente diario, midiendo la cantidad de agua que se consumió diariamente a través de la observación de la marcación del medidor de agua instalado para tal efecto que fue proporcionado por EMAPAST, su unidad de medida es m<sup>3</sup>, esto se lo hizo en días laborables en los meses de septiembre y octubre del 2010. Con ello se consiguió determinar el consumo máximo, medio y mínimo de agua por día.

#### Selección de parámetros a analizar

Romero, J (2008) manifiesta que para caracterizar el agua residual existen muchas maneras, dependiendo de su propósito específico e implica un programa de muestreo apropiado para asegurar la representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio conforme a las normas estándar, un programa de muestreo para caracterización y control de la calidad de las aguas, supone un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben analizar.

El autor consultó la opinión de varios expertos nacionales y extranjeros de la planta docente de la Universidad Estatal Amazónica así como de otras instituciones y en consenso determinó analizar los siguientes parámetros para la muestra "Efluentes de los talleres municipales".

- Parámetros Físicos
  - s Temperatura
    - pH
  - s Turbiedad
  - S Sólidos Totales Disueltos STD
  - S Conductividad

**Parámetros químicos: incluyen a los orgánicos e inorgánicos:**

■ **Parámetros Químicos**

- DBO
- DQO
- HAP's

^ Hidrocarburos Totales ^

Aceites y grasas

**Metales pesados:**

S Arsénico s

Cadmio S

Cromo

- Cobre Total

S Mercurio Total S

Níquel S Plomo

Una vez obtenidos los resultados de la primera muestra, se consideró volver a repetirla en dos ocasiones debido a factores económicos (abaratando costos), con los mismos parámetros analizados pero para las muestras "Después del filtrado" y "Descarga de planta de tratamiento a escala", se consideraron los siguientes parámetros:

■ **Parámetros Físicos**

\* Temperatura

- pH

S Turbiedad

S Sólidos Totales Disueltos STD

s Conductividad

■ **Parámetros Químicos**

- DBO
- DQO

s Hidrocarburos Totales S

Aceites y grasas

**Metales pesados:**

**s Cadmio**

**\* Plomo**

Por ser éstos los más representativos y los que apoyarían a la presente investigación, además el resto de metales pesados tales como: Arsénico, cromo, cobre, mercurio y níquel, aparecen en los resultados en concentraciones muy bajas.

### **3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

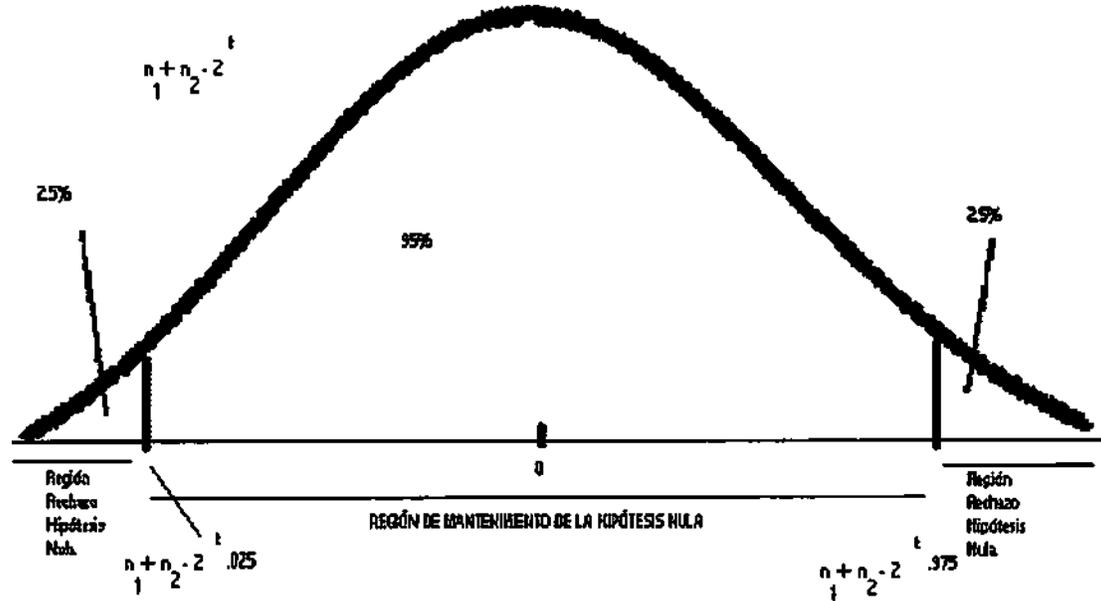
Una vez que se ha obtenido los resultados del análisis de laboratorio (de los datos descriptivos) de las muestras, se procede a elegir el estadístico más apropiado para la prueba de la hipótesis.

Urquiza, A (2000), manifiesta que las hipótesis deben ser planteadas a prueba para ver si son apoyadas o refutadas de acuerdo a los resultados de los datos obtenidos. Mientras más investigaciones apoyen una hipótesis más credibilidad y validez tendrá el contexto en el que se la planteó. Una prueba de hipótesis estadística es una regla que con base en una hipótesis nula ( $H_0$ ) nos ayuda a decidir si ésta se acepta o rechaza. Generalmente la prueba de hipótesis se realiza:

- Cuando se analiza alguna característica (rendimiento por ejemplo) de dos muestras.
- Cuando se analiza el rendimiento de un grupo al que se le ha aplicado dos metodologías diferentes y se quiere establecer que una de ellas es mejor que la otra ( $H_i$ );
- Cuando se analiza por ejemplo características cuantitativas de un grupo y se comparará con algún promedio poblacional hipotetizado  $\mu$ ; etc.

Para la presente investigación se utilizará el método estadístico de análisis de datos t-student para dos rangos de muestras con varianzas desiguales.

Figura VII, Región de Mantenimiento de la Hipótesis Nula



Fuente: Guía de para la investigación educativa

La prueba t-student sirve para comparar (sobre una variable, por ejemplo rendimiento) la media de una muestra con la media de una población; o evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias.

Algunos autores recomiendan utilizar t-student en muestras menores que 30, pero se puede aplicar tranquilamente en muestras un poco mayores a 30 cuando la distribución es aproximadamente normal, siempre que se conozca la desviación típica o estándar muestral  $s$ .

En el caso de dos muestras A y B de las que se conocen las medias  $\bar{X}$  y  $\bar{Y}$  respectivamente, las varianzas muestrales  $s_A^2$  y  $s_B^2$  y con la hipótesis nula  $H_0: \mu_A = \mu_B$ . Se utiliza el estadístico t-student, cuyo valor se calcula con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{(n_A - 1)s_A^2 + (n_B - 1)s_B^2}{n_A + n_B - 2}}} \quad M$$

**Planteamiento de la Hipótesis:**

$H_0: \mu_A = \mu_B$   
 $H_1: \mu_A \neq \mu_B$

**Al Nivel de significado:**

Normalmente se utiliza el 95% de confianza

$\alpha = 0.05$ , para ensayos a una cola  
 $\alpha = 0.25$ , para ensayos a dos colas

**Criterio:**

Rechace la hipótesis nula si  $t_c < -t_\alpha$  o bien  $t_c > t_\alpha$

Donde  $t_\alpha$  es el valor teórico de t con X grados de libertad y  $\alpha = 0.025$  (ensayo a dos colas), caso contrario acepte la investigación,  $t_c$  es el valor calculado de t que se obtiene aplicando la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{(n_A - 1)s_A^2 + (n_B - 1)s_B^2}{n_A + n_B - 2}}} \quad M$$

**Donde:**

$\bar{x}_A$  ~ Promedio de rendimiento del grupo cuasiexperimental A

$\bar{x}_B$  =

\* ~ Promedio de rendimiento del grupo de control B

SA<sup>2</sup>= Varianza del grupo cuasiexperimental A SB<sup>2</sup>=

Varianza del grupo de control B

<sup>n</sup>A = número de elementos del grupo cuasiexperimental A

<sup>n</sup>B = número de elementos del grupo de control B

*Cálculos:*

Se realizan cálculos independientes para cada parámetro analizado en el laboratorio

*Decisión:*

De acuerdo a los resultados obtenidos de  $t_c$  y  $t_t$  se procede a rechazar o aceptar la hipótesis nula.

Los resultados del presente análisis se muestran en el literal correspondiente a la discusión del trabajo.

### **3.6. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

#### **CONSUMO DE AGUA POR DÍA**

Para diseñar un sistema de tratamiento de efluentes, fue necesaria la medición de la cantidad de agua que se consume diariamente en el taller municipal, de lo cual se ha obtenido los siguientes datos:

Tabla VIII, Consumo diario de agua en m<sup>3</sup> del Taller Municipal

MEDICIÓN	DÍA	FECHA	HORA	MEDIDA m <sup>3</sup>	
<b>CONSUMO DIARIO</b>					
1	Jueves	09-sep-10	8:10	0,351	1,431
2	Viernes	10-sep-10	8:02	1,782	3,245
3	Lunes	13-sep-10	8:06	5,027	2,511
4	Martes	14-sep-10	8:16	7,538	1,753
5	Miércoles	15-sep-10	8:10	9,291	3,101
6	Jueves	16-sep-10	8:18	12,392	2,425
7	Viernes	17-sep-10	8:17	14,817	2,968
8	Lunes	20-sep-10	8:24	17,785	1,684
9	Martes	21-sep-10	8:19	19,469	1,814
10	Miércoles	22-sep-10	8:15	21,283	1,879
11	Jueves	23-sep-10	8:20	23,162	2,963
12	Viernes	24-sep-10	8:05	26,115	3,330
13	Lunes	27-sep-10	8:14	29,445	0,835
14	Martes	28-sep-10	8:16	30,280	1,885
15	Miércoles	29-sep-10	8:25	32,165	1,346
16	Jueves	30-sep-10	8:30	33,511	2,240
17	Viernes	01-oct-10	8:21	35,751	0,836
18	Lunes	04-oct-10	8:14	36,587	1,513
CONSUMO:				MÍNIMO	0,835
				MEDIO	2,136
				MÁXIMO	3,330
				VARIANZA	0,625

Fuente: Propia autoría

Gráfico I, Consumo diario de agua en m<sup>3</sup> del taller municipal



Fuente: Propia Autoría

## MEDICIÓN DEL CAUDAL

El caudal en L/s permitirá determinar las dimensiones de los diferentes elementos que intervienen en el proceso:

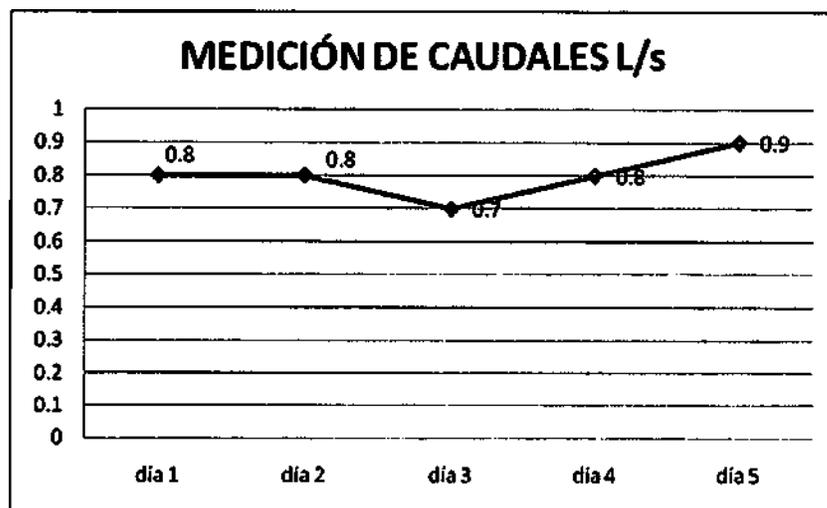
Tabla IX, Medición del caudal, uso de agua en los talleres municipales

DÍA	MEDIDA L/s
día 1	0,8
día 2	0,8
día 3	0,7
día 4	0,8
día 5	0,9
Promedio	0,8

Fuente: Propia Autoría

Fuente: Propia Autoría

Gráfico II, Medición del caudal, uso de agua en los talleres municipales



## MEDICIÓN DE ÁREAS

Del mismo modo se procedió a tomar medidas longitudinales del terreno y edificaciones existentes en el taller municipal, esto permitió elaborar un plano del mismo y determinar la ubicación del futuro sistema de tratamiento (Ver Anexo 1 y 2).

### 3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se determinó el tipo de tratamiento a realizar, se construyó un sistema a escala para poder hacer las mediciones y análisis del caso, posteriormente se utilizó la

metodología diseñada por la autora Hernández, A (2004) que considera los siguientes pasos para el manejo experimental:

- Muestreo.
- Caracterización físico química de los afluentes y efluentes.
- Cálculo de la eficiencia de remoción.

### ***Toma de Muestras***

Esta acción se llevó a cabo cada quince días en el horario de actividad más notorio (07H00-9H00), se consideró la técnica de "muestreo combinado", debido a su mejor nivel de representatividad pues las descargas cambian en función del tiempo, el procedimiento contempló la toma de submuestras cada quince minutos, esto por una hora, hasta obtener un litro de muestra, Las muestras tanto del efluente de talleres municipales como del agua después del filtrado y el agua tratada por el sistema de tratamiento a escala se recogieron en frascos de vidrio de color ámbar del 1L de capacidad y se conservaron en refrigeración una temperatura de 10 a 15 °C, los resultados de los análisis se muestran en la sección Resultados Experimentales.

### ***Análisis de muestras***

El análisis de muestras se las realizó en dos laboratorios, el CESTTA donde utilizan las normas PEE/LAB-CESSTA-APHA y UEA, la primera realizó el análisis de parámetros específicos y determinantes sobre las concentraciones de contaminantes; en la UEA se analizó parámetros físicos por la disponibilidad del laboratorio. El procesamiento estadístico de los resultados del muestreo tanto del efluente de talleres municipales como del agua después del filtrado y el agua tratada con vistas a obtener muestras integrales se realizó mediante la técnica del análisis de varianza t-student.

### ***Cálculo de la eficiencia de remoción***

En la determinación de la eficiencia de remoción, se seleccionó la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Hidrocarburos Totales (TPH's) y Aceites y Grasas (AYG), por ser parámetros de referencia debido al grado de contaminación del residual, además de ser parámetros establecidos en las normas

ecuatorianas para el vertimiento de residuales al sistema de alcantarillado o cuerpos de agua. La calidad del agua tratada se valoró en relación al cumplimiento de las normas ambientales ecuatorianas: TULAS, Libro VI, ANEXO 1, Tabla 11.

El cálculo de la eficiencia de remoción se realizó según la expresión:

$$E = [(DQO_e - DQO_s) / DQO_j * 100$$

### **Análisis Estadístico**

Todos los cálculos realizados, análisis económico, obtención de resultados del estadístico descriptivo t-student, así como los gráficos de puntos, se los realizó en la hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2007.

### **3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Tabla X, Análisis Económico

<b>RUBRO</b>	<b>COSTO</b>	<b>AUTO FINANCIAMIENTO</b>	<b>MUNICIPIO DE UNIVERSIDAD PASTAZA ESTATAL</b>	
Papelería, impresiones	<b>100,00</b>	100,00		
Transporte	<b>150,00</b>			150,00
Internet	<b>50,00</b>	50,00		
Análisis de aguas	<b>721,28</b>		721,28	
Construcción del sistema de Tratamiento a escala	<b>70,00</b>	70,00		
Diseño	<b>1000,00</b>	1000,00		
Imprevistos	<b>99,00</b>	99,00		
<b>TOTAL</b>	<b>2.191,28</b>	<b>1.319,00</b>	<b>721,28</b>	<b>150,00</b>

Fuente propia

### **Valoración Económica de la Construcción del Sistema de Tratamiento Propuesto**

Esta valoración se la realizó en el Departamento de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pastaza, con ayuda la Ing. Katerine Sánchez y el sistema PUNÍS, creado por el Ing. Javier Moncayo, cada rubro contempla:

Materiales (tablas, clavos, alambre, hierro, tol, electrodos, pingos, arena, cemento, ripio, etc.), alquiler de herramientas (soldadora, concretera, y demás), mano de obra



(peón, albañil, ayudante, carpintero, soldador, maestro de obra, topógrafo, etc.), IVA (12%) e Imprevistos (10%), de forma más detallada del por qué de cada precio unitario lo encontramos en el Anexo 11, a continuación la planilla presupuestaria:

Tabla XI, Planilla presupuestaria

<b>INSTITUCIÓN:</b>	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA				
<b>PROYECTO:</b>	SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES DEL TALLER MUNICIPAL				
<b>UBICACIÓN:</b>	PUYO				
<b>OFERENTE:</b>	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA				
<b>ELABORADO:</b>	ROMEL CASTILLO				
<b>FECHA:</b>	03 DE JUNIO DE 2011				
<b>TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS</b>					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	[UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
1	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m <sup>2</sup>	90.00	0.70	63.00
2	EXCAVACIÓN MANUAL 0-2m	m <sup>3</sup>	78.00	5.52	430.56
3	RELLENO COMPACTADO (REPOSICIÓN DE SUELO)	m <sup>3</sup>	8.00	10.43	83.44
4	CANAL DE DRENAJE	M	145.30	21.88	3,179.16
5	MURO DE H.S. F <sub>c</sub> =180 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	4.7	151.81	713.51
6	LOSETA DE H.S. F <sub>c</sub> =180 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1.66	204.52	339.50
7	HIERRO ESTRUCTURAL	Kg	1,268.00	1.56	1,978.08
	<b>CUBIERTA</b>				
8	HORMIGÓN EN COLUMNAS	m	2.00	170.43	340.86
9	PILARES DE MADERA 10*10 cm	M	21.00	4.27	89.67
10	CUBIERTA DE ZINC SOBRE VIGAS DE MADERA	m <sup>2</sup>	45.00	31.71	1,426.95
11	CUMBRERO DE ZINC	m	15.00	4.32	64.80
12	ESTRUCTURA METÁLICA	m	10.65	6.86	73.06
	<b>ACCESORIOS</b>				
13	TUBERÍA PVC 6"	m	21.00	9.71	203.84
14	CODOS PVC 6"	U	10.00	11.82	118.20
15	PEGAMENTO PVC	U	5.00	0.60	3.00
				<b>TOTAL:</b>	<b>9,107.63</b>
SON : NUEVE MIL CIENTO SIETE, 63/100 DÓLARES					
PLAZO TOTAL PARA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA: 45 DÍAS					
	ROMEL CASTILLO		PUYO, 03 DE JUNIO DE 2011		
	ELABORADO				

Fuente: Elaborado en el Sistema PUNÍS, Municipio de Pastaza (2011).

Tabla XII, Resumen de Costos

<b>C •ETALLE VALOR</b>	
Costo de estudios	<b>2,191.28</b>
Materiales, mano de obra	<b>9,107.63</b>
Costo total de la obra	<b>11,298.91</b>

Fuente propia

#### 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados de las tablas XIII, XIV, XV y XVI, se los obtuvo de los análisis encargados al laboratorio CESTTA de Riobamba, se tomó el resultado del laboratorio y las dos réplicas que hacen para obtener este resultado, es decir, por cada análisis mandado a hacer se obtuvo tres resultados, las dos replicas y su media, esto para tener más grados de libertad hablando estadísticamente y sobre todo para abaratar costos, ya que los análisis son muy costosos y con el empleo de estudiante no se puede pagar los mismos, por lo que se pidió el apoyo del Municipio de Pastaza que pagó los análisis que se pueden ver en el Anexo 10.

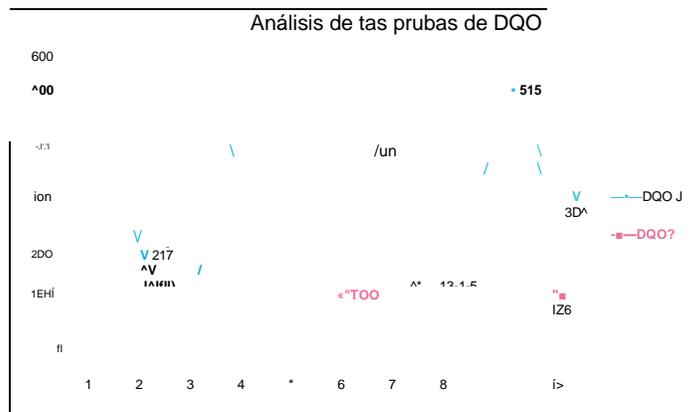
#### DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO

Tabla XIII, Resultados de los análisis de Demanda Química de Oxigeno, efluentes municipales (DQO 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (DQO 2) en mg/L

ANÁLISI	KE^tH	!p.tq@.§	IHAHfjB
1	486.00	140.00	71.19
2	217.00	125.00	42.39
3	410.00	137.00	66.58
4	494.50	180.00	63.59
5	477.50	100.00	79.05
6	249.50	130.00	47.89
7	184.50	120.00	34.95
8	515.00	148.00	71.26
9	305.00	126.00	58.68
MEDIA	371.00	134.00	59.51

Fuente propia con análisis de laboratorio realizados por el CESTTA 2010 - 2011

Gráfico IV, Análisis de las pruebas de DQO, cantidad de mg/L, 9 resultados



Fuente propia

La línea azul muestra las variaciones que ha tenido la DQO en las muestras de efluente que se tomó del taller municipal, se nota claramente que en su mayoría los valores sobrepasan el límite máximo permisible de 250 mg/L, por otra parte se nota una gran variación e inconstancia de valores.

La línea roja muestra las variaciones no muy bruscas que ha tenido la DQO en las muestras tomadas luego del tratamiento físico en el sistema a escala, todas se encuentran dentro del límite máximo permisible, por lo tanto se puede mencionar que el sistema es eficiente en un 59.51% en lo que corresponde a la remoción de la DQO

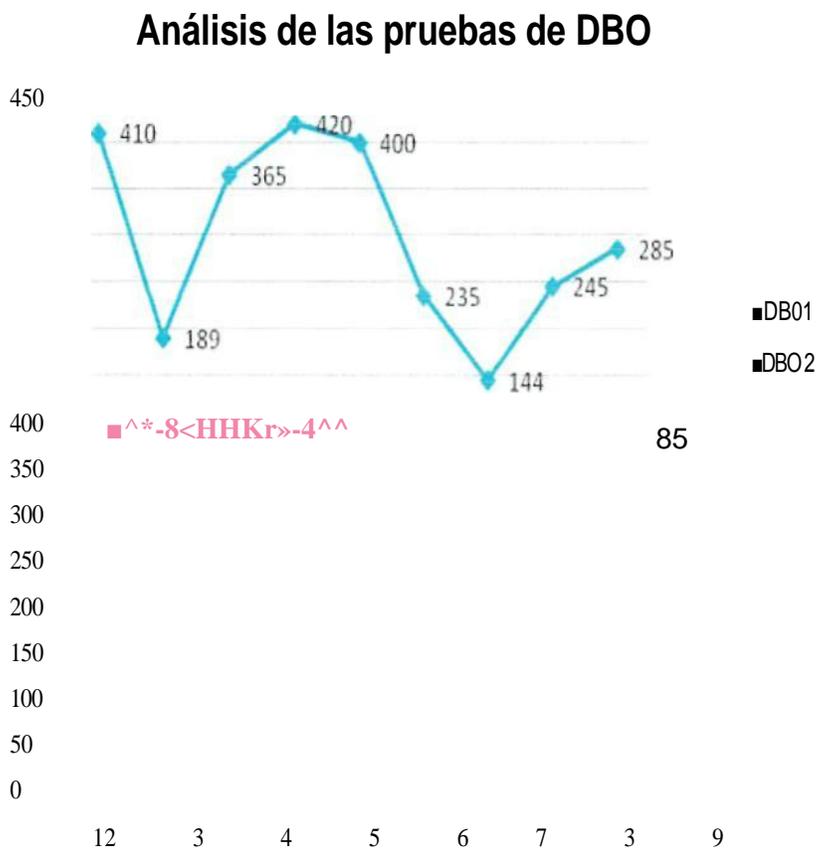
### DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

Tabla XIV, Resultados de los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno, efluentes municipales (DBO 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (DBO 2) en mg/L

1	410.00	95.00	76.82
2	189.00	80.00	57.67
3	365.00	90.00	75.34
4	420.00	100.00	76.19
5	400.00	90.00	77.50
6	235.00	81.00	65.45
7	144.00	79.00	44.94
8	245.00	95.00	61.22
9	285.00	85.00	70.17
MEDIA	299.11	88.33	67.26

Fuente propia con análisis de laboratorio realizaos por el CESTTA 2010 - 2011

Gráfico V, Análisis de las pruebas de DBO, cantidad de mg/L, 9 resultados



Fuente propia

La línea azul muestra las variaciones que ha tenido la DBO en las muestras de efluente que se tomó del taller municipal, más de la mitad de los valores sobrepasan el límite máximo permisible de 250 mg/L, por otra parte se nota una gran variación y poca constancia en los valores.

La línea roja muestra la constancia que ha tenido la DBO en las muestras tomadas luego del tratamiento físico en el sistema a escala, todas se encuentran dentro del límite máximo permisible, por lo tanto se puede mencionar que el sistema es eficiente en un 67,26% en lo que corresponde a la remoción de la DBO



## HIDROCARBUROS TOTALES

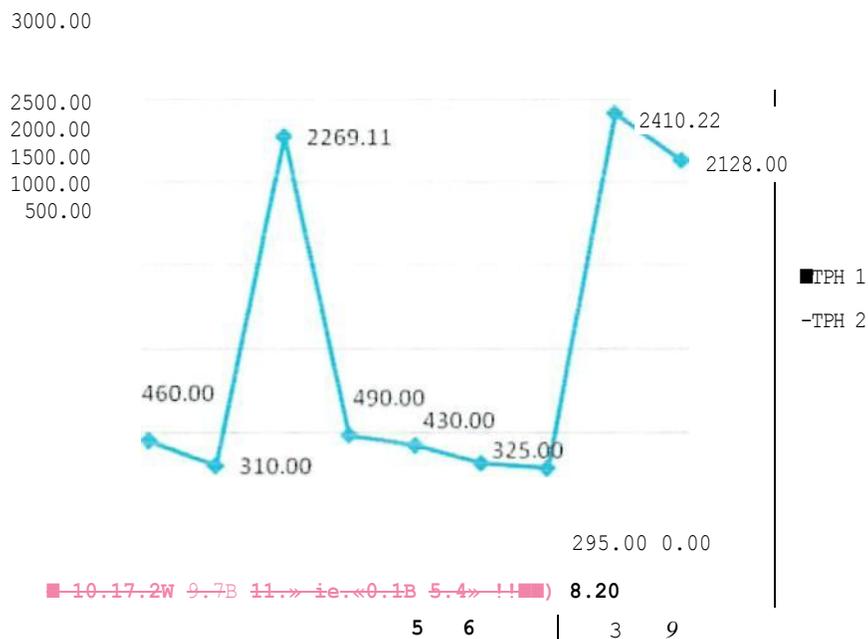
Tabla XV, Resultados de los análisis de Hidrocarburos Totales, efluentes municipales (TPH's 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (TPH's 2) en mg/L

ANÁLISIS	..... TPH's 1	TPH's 2	EFICIENCIA
1	460.00	10.50	97.71
2	310.00	7.26	97.65
3	2269.11	9.70	99.57
4	490.00	11.00	97.75
5	430.00	10.00	97.67
6	325.00	9.12	97.19
7	295.00	5.40	98.16
8	2410.22	11.20	99.53
9	2128.00	8.20	99.61
MEDIA	1013.04,	9.15	98.32

Fuente propia con datos de laboratorio por el CESTTA 2010 - 2011

Gráfico VI, Análisis de las pruebas de TPH's, cantidad de mg/L, 9 resultados

### Análisis de las pruebas de TPH



Fuente propia

La línea azul muestra las variaciones que han tenido los TPH's en las muestras de efluente que se tomó del taller municipal, todos los valores sobrepasan el límite máximo permisible de 20 mg/L, por otra parte se nota una gran variación y poca estabilidad en los valores.



La línea roja muestra la estabilidad que han tenido los TPH's en las muestras tomadas luego del tratamiento físico en el sistema a escala, todos se encuentran dentro del límite máximo permisible, por lo tanto se puede mencionar que el sistema es eficiente en un 98,32% en lo que corresponde a la remoción de TPH's

## ACEITES Y GRASAS

Tabla XVI, Resultados de los análisis de Aceites y Grasas, efluentes municipales (AYG 1) y luego del tratamiento físico del sistema a escala (AYG 2) en mg/L

ANÁLISIS		AYG 2	EFICIENCIA
1	1200.00	7.80	99.35
2	965.70	3.20	99.66
3	8858.70	5.70	99.93
4	1210.00	9.00	99.25
5	1190.00	6.60	99.44
6	1020.80	3.40	99.66
7	910.60	3.00	99.67
8	9120.00	6.40	99.92
9	8597.40	5.00	99.94
MEDIA	3674.80	5.56	99.65

Fuente propia con análisis de laboratorio realizados por el CESTTA 2010 - 2011

Gráfico VII, Análisis de las pruebas de Aceites y Grasas, cantidad de mg/L, 9 resultados

### Análisis de las pruebas de Aceites y Grasas



Fuente propia con análisis de laboratorio realizados por el CESTTA 2010 - 2011

La línea azul muestra las variaciones que han tenido los AYG en las muestras de efluente que se tomó del taller municipal, todos los valores sobrepasan el límite máximo permisible de 100 mg/L, por otra parte se nota una gran variación y poca estabilidad en los valores.

La línea roja muestra la gran estabilidad que han tenido los AYG en las muestras tomadas luego del tratamiento físico en el sistema a escala, todos se encuentran dentro del límite máximo permisible, por lo tanto se puede mencionar que el sistema es eficiente en un 99,65% en lo que corresponde a la remoción de AYG

## 5. DISCUSIÓN

Se procede a analizar estadísticamente los resultados de laboratorio anteriormente mostrados y a rechazar o aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis de la investigación ( $H_i$ ), usando el modelo t-student

*Planteamiento de la Hipótesis:*

$H_0$ :  $\mu_A = \mu_B$  (El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal (A) es igual al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala (B)).

$H_i$ :  $\mu_A \neq \mu_B$  (El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal (A) es significativamente diferente al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala (B)).

*Nivel de significado:*

$\alpha = 0.025$  (ensayo a dos colas)

*Criterio:*

Rechace la hipótesis nula si  $t_e < -t_c = -2.30$  o bien  $t_e > t_c = 2.30$

Donde  $t_c$  es el valor teórico de t con 8 grados de libertad y  $\alpha = 0.025$  (ensayo a dos colas), caso contrario acepte la investigación.  $t_e$  es el valor calculado de t.

*Cálculos:*

En vista que se ha trabajado con 4 parámetros distintos (los que sobrepasan los límites máximos permisibles para efluentes descargados a un sistema de alcantarillado, es decir, DQO, DBO, TPH's, AYG), se procederá a realizar los respectivos cálculos para cada uno de ellos.

## **DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

Cálculos estadísticos obtenidos luego de procesar los datos de la tabla XIII:

	<u>DQO 1</u>	<u>DQO 2</u>
Media		
371.00	134.00	
Varianza		
17461.62	483.75	
Observaciones		
9.00	9.00	
Diferencia hipotética de las medias		0.00
Grados de libertad		(n-1)=
8.00		
Estadístico t		
5.30		
Valor crítico de t (una cola)		
1.85		
<u>Valor crítico de t (dos colas)</u>		<u>2.30</u>

*Decisión:*

Como el valor del estadístico t o t calculado  $t_c$  es 5.30 que es mayor al valor t teórico o crítico  $t_t$  (dos colas) que es de 2.30, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la de la investigación, esto es: "El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal (DQO 1) es significativamente diferente al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala (DQO 2)".



## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

Cálculos estadísticos obtenidos luego de procesar los datos de la tabla XIV:

	<i>DBO1</i>	<i>DBO 2</i>
Media	299.11	88.33
Varianza	10633.92	56.50
Observaciones	9.00	9.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	8.00	
Estadístico t	6.11	
Valor crítico de t (una cola)	1.85	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30	

*Decisión:*

Como el valor del estadístico t o t calculado te es 6.11 que es mayor al valor t teórico o crítico  $t_t$  (dos colas) que es de 2.30, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la de la investigación, esto es: "El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal (DBO 1) es significativamente diferente al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala (DBO 2)".

## HIDROCARBUROS TOTALES

Cálculos estadísticos obtenidos luego de procesar los datos de la tabla XV:

	<i>TPH's 1</i>	<i>TPH's 2</i>
Media	1013.03	9.15
Varianza	896945.63	3.62
Observaciones	9.00	9.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	8.00	
Estadístico t	3.17	
Valor crítico de t (una cola)	1.85	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30	

*Decisión:*

Como el valor del estadístico  $t$  o  $t$  calculado  $t_c$  es 3.17 que es mayor al valor  $t$  teórico o crítico  $t_t$  (dos colas) que es de 2.30, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la de la investigación, esto es: "El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal (TPH's 1) es significativamente diferente al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala (TPH's 2)".

## **ACEITES Y GRASAS**

Cálculos estadísticos obtenidos luego de procesar los datos de la tabla XVI:

	AYG1	AYG 2
Media	3674.80	5.56
Varianza	15144107.30	4.47
Observaciones	9.00	9.00
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	8.00	
Estadístico $t$	2.82	
Valor crítico de $t$ (una cola)	1.85	
Valor crítico de $t$ (dos colas)	2.30	

*Decisión:*

Como el valor del estadístico  $t$  o  $t$  calculado  $t_c$  es 2.82 que es mayor al valor  $t$  teórico o crítico  $t_t$  (dos colas) que es de 2.30, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la de la investigación, esto es: "El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal (AYG 1) es significativamente diferente al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala (AYG 2)".

## **Etapas propuestas para el Sistema de Tratamiento para separar Aguas Industriales con Aceites y Grasas Lubricantes**

Se han mencionado anteriormente 4 alternativas de tratamiento para separar aceites y grasas lubricantes; tomando en cuenta el terreno disponible, la cantidad de efluente generado diariamente, el costo de diseño, construcción y mantenimiento; el sistema de tratamiento contempla los siguientes procesos: canales de recolección de aguas lluvia, canales de recolección de aguas con aceites y grasas lubricantes, desarenador, trampa de aceites y grasas, filtro mixto y tratamiento biológico. Se descartan las otras alternativas pues se han concebido para grandes parques o complejos industriales, áreas de procesos, producción y centros de facilidades petroleras.

### **CANALES DE RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN:**

Se distinguen dos tipos de canales, los primeros rodean externamente el piso del hangar de reparación y recogerán agua lluvia para conducirla directamente a la alcantarilla, los segundos van internamente en el piso del hangar de reparación así como el área de lavado, recogerán agua contaminada con aceites y grasas lubricantes y la conducirán al sistema de tratamiento, el grosor de las paredes y el piso del canal es de 0,1 m, se aconseja construir con hormigón armado que tiene más resistencia que el ciclópeo pues sobre ellos circulará maquinaria pesada; se plantean 2 opciones que muestran las ubicaciones de los canales en forma distinta. (Ver Anexo 1 y 2)

### **DESARENADOR:**

El desarenador de 1,5 m de ancho por 3,1 m de largo y 0,5 m de profundidad con respecto a la altura de la tubería de salida, sus paredes internas y externas tienen un grosor de 0,1 m., está compuesto por canales en paralelo conectados entre sí, el ancho del canal es de 0,4 m; ancho suficiente para poder facilitar la limpieza manual, se recomienda utilizar una pala cuadrada para limpiar el material retenido; el largo total de los canales si los pusiéramos en línea recta es 8,3 m, recorrido suficiente para que el lodo y arena precipiten al fondo, así como también lograr que la velocidad del efluente baje, pues a la trampa de aceites y grasas debe llegar un fluido lento, además durante el recorrido el efluente proceda a desmenuzarse, es decir, que las partículas de aceites y grasas que se encuentran dispersas en el agua floten sobre ésta y se cohesionen; el desarenador tiene una capacidad máxima para almacenar 1,9 m<sup>3</sup> (suponiendo que esté limpio), capacidad suficiente para retener el agua contaminada

el tiempo necesario para que las partículas de arena y lodo puedan precipitar, mientras que los procesos subsiguientes realizan su trabajo; teniendo en cuenta que el volumen máximo de efluente que se produce actualmente en el taller es de 3,3 m<sup>3</sup> en aproximadamente dos horas de lavado, y que no se usa la lavadora el resto del día, agregando que a futuro se puede incrementar el parque automotor municipal y que por ende el volumen de efluente también aumentará trabajaremos con un volumen máximo de efluente de 4 m<sup>3</sup>, por lo tanto: 4 m<sup>3</sup> - 1,9 m<sup>3</sup> = 2,1 m<sup>3</sup>, estos 2,1 m<sup>3</sup> deben ser capaces de albergarse en los procesos siguientes, trampa de grasa y filtro mixto. (Ver anexo 3).

El desarenador tiene dos tuberías de salida de 0,15 m de diámetro, una ubicada a 0,35 m del piso interior que permitirá desalojar el agua y el sobrenadante que se encuentre por encima de los 0,35 m hacia la trampa de aceites y grasa, el segundo tubo se encuentra a nivel del piso el mismo que deberá contener material filtrante de tipo textil para evitar que lodo y arena asentados en el piso del desarenador se trasladen a la trampa de aceites y grasas, dejando únicamente que el agua pase durante el resto del día y la noche permitiendo que el material contenido en el desarenador se escurra, esto facilitara la remoción manual del material alojado. (Ver Anexo 3).

Cálculos para el desarenador rectangular:

Caudal de circulación de aguas

residuales	1 L/s	0,001 m <sup>3</sup> /s
Concentración de sólidos solubles totales	50 mg/L	50000 mg/m <sup>3</sup>
Velocidad de sedimentación	3x10 <sup>-2</sup> cm/s	0,0003 m/s
Velocidad de sedimentación critica	0,037 cm/s	
Eficiencia de remoción de partículas	0,6 %	
Tiempo de retención	2	7200 S
Largo del desarenador	3,1 m	L
Ancho del desarenador	1,5 m	B
Densidad de los lodos	1,02 gr/cm	

1. Área de sedimentación

2. Numero de desarenadores

$A_s = B \cdot L$

$A_s = 4,65 \text{ m}^2$

$A_s = 0,71684588$       1 Desarenador

3. Área total AT

= Ns.As

3,3333333 m<sup>s</sup>  
0,0003 m<sup>2</sup>/s

4. Carga superficial

$CsuP = \frac{Qmax}{AT}$  unidades:  $\frac{m^3}{d}$   
3/^.2/

5. Profundidad del desarenador

$H = \frac{Q.Tr}{As.Ns}$

0,8 m

6. Volumen del desarenador

$Vol = Qmax.Tr$

7,2 m<sup>3</sup>

10,044 nv

7. Altura máxima y mínima del desarenador

$Hmax = H + m.L$

0,775 m

$Hmin = H - m.L$

0,625 m

8. Cantidad de SST removidos

$Co = I - Ci$

0,4  
0,8

$CT = l - Co + [ \frac{Uo.UoJ}{2}$

$SSTr = CT.SST$

40000 mg/m<sup>3</sup>

0,00004 mg/crrv

9. Volumen de lodos a eliminar

$SSTr. Qmax$

pl

3,92157E-08 m<sup>3</sup>/s

0,00338824 m<sup>3</sup>/d

0,10164706 m<sup>3</sup>/mes

VL =

En conclusión, el desarenador atrapará  $0,1016 \text{ m}^3/\text{mes}$ , esto quiere decir que se formará un sedimento de  $0,1 \text{ m}$  en el fondo del desarenador cada mes.

### **TRAMPA PARA ACEITES Y GRASAS LUBRICANTES:**

Mientras más grande es la trampa de aceites y grasas lubricantes, mayor va a ser el tiempo de retención y mejor va a ser la remoción, según la tabla 5 el volumen que debería tener una trampa de aceites y grasas lubricantes que recibe de  $0$  a  $1 \text{ L/s}$  debería ser  $1,8 \text{ m}^3$ , el autor de esta tabla no toma en cuenta que la trampa de aceites y grasas no se vacía por completo mientras está en reposo, sino que el aceite y la grasa como también parte del agua y sedimentos se queda en la trampa al nivel de la segunda pared interna, por lo tanto se hace necesario medir su capacidad desde esa altura para evitar que la trampa colapse y derrame su contenido al momento que nuevo efluente ingrese a ella, por lo tanto la trampa tendrá:  $1,5 \text{ m}$  de ancho,  $2 \text{ m}$  de largo y  $1,8 \text{ m}$  de profundidad, descontando las paredes internas y externas que son de  $0,1 \text{ m}$  tendrá una capacidad máxima de:  $3,5 \text{ m}^3$ , esto suponiendo que esté vacía y va a estar vacía solo la primera vez de uso, por lo tanto descontando el volumen que siempre va a estar ocupado que es de:  $1,83 \text{ m}^3$ , nos da una capacidad real de la trampa de grasa de  $1,67 \text{ m}^3$ . (Este volumen de  $1,67 \text{ m}^3$  se acerca al volumen propuesto por el autor de la Tabla 5,  $1,8 \text{ m}^3$ ). Como el volumen máximo del efluente que se ha tomado para el cálculo es de  $4 \text{ m}^3$  y el desarenador tiene la capacidad máxima de  $1,9 \text{ m}^3$ , entonces:  $4 \text{ m}^3 - 1,9 \text{ m}^3 - 1,67 \text{ m}^3 = 0,43 \text{ m}^3$ , estos  $0,43 \text{ m}^3$  deben ser capaces de albergarse en la primera sección del filtro para evitar que el sistema colapse. (Ver anexo 4)

### **FILTRO MIXTO**

El filtro mixto tiene las siguientes dimensiones: largo  $2 \text{ m}$ , ancho  $1,5 \text{ m}$  y profundidad  $1,9 \text{ m}$ , descontando el material filtrante y el agua que se queda contenida en el filtro, en la primera sección tiene una capacidad de almacenaje de  $0,82 \text{ m}^3$ , por lo tanto si quedaban  $0,43 \text{ m}^3$  para que sean ocupados por esta sección habría una diferencia a favor de  $0,39 \text{ m}^3$ , por otra parte, la segunda sección tiene la misma capacidad de almacenaje, es decir,  $0,82 \text{ m}^3$  a lo que le sumamos la diferencia a favor y tendríamos:  $0,39 \text{ m}^3 + 0,82 \text{ m}^3 = 1,21 \text{ m}^3$ , resultado que nos dice que el sistema es capaz de albergar hasta  $5,21 \text{ m}^3$  de efluente para un momento de máxima utilización en caso de

que el sistema esté limpio, o los 4 m<sup>3</sup> de efluente que habíamos definido y 1,2 m<sup>3</sup> serían ocupados por arena, lodo, aceites y grasas retenidas. (Ver anexo 5)

Cálculos para el filtro mixto:

Flujo volumétrico	4 m <sup>3</sup>
dbo5 del afluente	410 mg/L
Temperatura de trabajo	25 °C
dbo5 del efluente	82 mg/L
k20	0,1 m/día
Área de la empaquetadura	8 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Altura	1,8 m
my n	1
E	80 %

1-£

1. Dbo de recirculación  $S_r = \text{---}$

$$E = \frac{[(DQO_e - DQC)]}{80}$$

410 mg/L

Velocidad de reacción específica  
 $KT = K_{293} C^T - TM$

$$T = 25 + 273 = 298$$

0,13382256 c

© « ■ 4 ?

1,02 a 1,14

Caudal del sistema  
 $Q_s = Q_o + Q_r$

$$A = V/H$$

Volumen  
Despejando el volumen sería

Carga Hidráulica  
4 m<sup>3</sup>/d

' -->> © £

$$Ch = \frac{Q_o}{A}$$

7. Carga

6,0133 m<sup>3</sup>

$$\frac{Q_s \cdot S_r}{A \cdot H}$$

orgánica  
Carga org =

272,727

Área Seccional del Filtro

**mg/L/d 3,34073 m<sup>2</sup> 1,19734**

**m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d**

## **TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

El sistema contará con tratamiento biológico en su fase final para reducir aún más la cantidad de contaminante que se descarga a la red de alcantarillado público de la ciudad de Puyo, la investigación realizada con distintas especies vegetales será presentada por parte de la compañera tesista Ricarda Landázuri P.

### **Propuesta para la gestión de desechos producto del mantenimiento del sistema de tratamiento elegido.**

## **ALTERNATIVAS A TOMARSE**

Existen dos tipos principales de contaminantes que el sistema atrapa, en el desarenador se precipitan *arenas y lodos* contaminados con metales pesados, aceites y grasas lubricantes, en la trampa de aceites y grasas precipitan partículas más pequeñas de los contaminantes mencionados anteriormente, además flocculan *aceites usados y grasas usadas*; por otra parte también se extraen de los automotores filtros de aceite, filtros de hidráulicos, filtros de agua y filtros de aire usados.

## **RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO**

Dentro de esta etapa de gestión, los aceites y grasas lubricantes recuperados por el sistema de tratamiento deberán ser extraídos manualmente con un recipiente o con la ayuda de una bomba aspirante sea esta manual o eléctrica, así mismo se recomienda hacer la recolección de las arenas y lodos los días lunes o después de los feriados que es cuando más escurridos van a estar, los contaminantes antes mencionados deben ser puestos en tanques de almacenamiento y etiquetados, en forma tal que no afecten la salud de los trabajadores y al ambiente, siguiendo para el efecto las normas técnicas pertinentes establecidas por el INEN o en su defecto por el MAE en aplicación de normas internacionales validadas para el país.

El lugar de almacenamiento temporal debe cumplir con las siguientes normas mínimas:

- Ser suficientemente amplios para almacenar y manipular los recipientes que contendrán los con residuos peligrosos.
- Acceso restringido a estos locales, únicamente a personal autorizado.

- Disponer de equipo y personal adecuado
- Las instalaciones no deberán permitir el contacto con agua
- Señalización apropiada
- El lugar de almacenamiento debe ser un cubeto, estable y con capacidad del 110% del tanque de mayor capacidad, sus dimensiones y área serán suficientes para contener este volumen. IVANHOE, 2008

Los envases empleados en el almacenamiento deberán ser utilizados únicamente para este fin y ser contruidos de un material resistente, tomando en cuenta las características de peligrosidad y de incompatibilidad de los desechos peligrosos con ciertos materiales.

## **TRANSPORTE**

Solo quienes obtengan la licencia ambiental, de la Unidad Técnica del MAE, estarán autorizados para transportar desechos peligrosos.

Sin perjuicio de lo anterior, el generador está obligado a notificar por medio del respectivo manifiesto acerca del transporte de los desechos peligrosos al MAE antes que se inicie esta actividad. El transporte de desechos peligrosos deberá realizarse acompañado de un manifiesto de identificación entregado por el generador.

Estos deberán ser entregados en su totalidad y solamente, a las plantas de almacenamiento, reciclaje, tratamiento o disposición final debidamente autorizados que el generador hubiere indicado en el manifiesto.

El MAE expedirá las normas complementarias a las que deberán ajustarse el transporte de desechos peligrosos

## **DISPOSICIÓN FINAL**

*Para los aceites y grasas recuperados por el sistema el autor recomienda dos opciones:*

- La aplicación del co-procesamiento, es decir, el aceite usado recuperado por el sistema de tratamiento se almacenaría para luego ser transportado a la

empresa de cemento más cercana, en nuestro caso a Riobamba, a la fábrica de cemento Chimborazo, que por lo señalado por FIGEMPA, 2006 la cemento Chimborazo realiza el co-procesamiento del aceite usado que la misma empresa genera, para la cual se realizaría el respectivo convenio.

- Otra alternativa a la que debemos todos apuntar es la realización de un convenio entre la Universidad Central del Ecuador, Universidad Estatal Amazónica, Petroecuador, Agip Oil Ecuador, Ministerio del Ambiente y los Gobierno Autónomos Descentralizados de la Provincia de Pastaza, para diseñar, construir y poner en marcha la Planta de Reciclaje de Aceites Usados de Pastaza, la misma que serviría para reciclar todo el aceite usado que se produce en nuestra provincia y acabar de esta manera con el problema de contaminación por aceites y grasas lubricantes que van a dar a los ríos y suelos de Pastaza.

*Para el resto de desechos el autor recomienda:*

- Filtros de aceite, filtros hidráulicos, filtros de agua y filtros de aire usados. Escurrimiento en caso necesario, gestión como subproducto (filtros de aire), disposición final en celda de seguridad.
- Arenas y lodos contaminados con hidrocarburos: Deshidratación y confinamiento en celda de seguridad; ubicada en el relleno sanitario de la ciudad de Puyo y preparada apropiadamente para tal efecto, bajo cubierta con piso, paredes de hormigón y cuando esté llena, sellada con hormigón.

## GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente del Municipio de Quito, establece:

- Todos los establecimiento de mecánicas, lavadoras y lubricadoras, deberán mantener sus lugares de trabajo en condiciones sanitarias y ambientales que protejan la seguridad y la salud de sus trabajadores
- Los pisos de los talleres deberán ser construidos con materiales sólidos, no resbaladizos en seco y húmedo, impermeables y no porosos de tal manera que faciliten su limpieza completa.

- Los locales serán enteramente contruidos con materiales estables, con tratamientos acústicos en los lugares de trabajo que lo requieran por su nivel de ruido.
- Los lugares de trabajo, pisos, pasillos deberán estar permanentemente libres de obstáculos, y que permitan su circulación diaria sin impedimentos en actividades normales y en caso de emergencias.
- Ningún establecimiento podrá verter al alcantarillado público ninguna sustancia contaminante sin previo tratamiento, más aún las substancias inflamables y con contenidos ácidos o alcalinos.
- En caso de que existan emisiones de procesos (polvo, olores, vapores, etc.), los lugares de trabajo deberán contar con ventilación.
- Toda sustancia inflamable deberá ser almacenada por separado e independientemente y se prohibirá fumar en las áreas colindantes a este sitio de almacenamiento.
- Las labores de corte de materiales, soldadura, o que generen riesgo de combustión, deberán ser realizadas lejos del sitio de almacenamiento de materiales combustibles.
- Toda instalación deberá tener el número y tipo de extintores apropiados para su actividad, ubicados correctamente (fácil acceso) y actualizados. Todo el personal deberá estar capacitado para el uso de extintores en caso de emergencia y el empleador además tiene la obligación de mantener un plan de contingencia.
- Ningún establecimiento utilizará las vías públicas, aceras y otros espacios exteriores públicos para realizar sus actividades, lo realizará dentro del local en las áreas designadas para el efecto.
- Por ningún motivo se permitirá realizar cambio de aceites si no se cuenta con una fosa con cajas sedimentadoras o conectadas a una trampa de aceites y grasas.

## 6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de la presente investigación se arriban a las siguientes conclusiones:

- Se identificaron los problemas ambientales que el Taller Municipal está causando a su entorno, entre los fundamentales se cuentan: Carencia de un sistema de tratamiento para efluentes industriales con aceites y grasas lubricantes, inadecuado manejo de los residuos sólidos producidos, mal estado de los pisos y de los techos, canales de conducción para aguas lluvia, canales de conducción para aguas con aceites y grasas.
- Las descargas de aguas residuales del Taller Municipal alteran notablemente la calidad de las aguas del sistema de alcantarillado fundamentalmente en los Indicadores DQO, DBO, hidrocarburos totales y aceites y grasas por lo que el Taller Municipal desde el punto de vista de sus descargas de aguas se puede considerar como una fuente contaminante.
- Se ha diseñado un sistema de tratamiento para separar aceites y grasas lubricantes que consta de desarenador, trampa de aceites y grasas lubricantes, y filtro mixto que es capaz de remover los contaminantes y entregar un efluente que respete los límites máximos permisibles contemplados en la ley.
- Se propone una guía de gestión de desechos producidos por el sistema de tratamiento elegido, así como una guía de buenas prácticas ambientales para talleres de este tipo dirigidas a disminuir el impacto generado por el Taller Municipal.

## 7. RECOMENDACIONES

Por el rigor de la investigación, el Autor de la misma Recomienda lo siguiente:

- Implementar el sistema de tratamiento propuesto, el cual incidirá positivamente en la disminución del contaminante que genera el Taller Municipal y en la Rehabilitación medioambiental del área objeto de estudio.
- Establecer sistemas de tratamiento como el propuesto en otros talleres con similares características que las estudiadas en esta investigación.

## **8. RESUMEN**

La presente investigación propone un sistema de tratamiento para los efluentes del taller de maquinaria pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Pastaza, que consta de canales de conducción, desarenador, trampa para aceites y grasas lubricantes y filtro mixto, se construyó un sistema de tratamiento a escala que se puso a prueba con muestras diarias obtenidas en el taller municipal, se analizaron en el laboratorio varios parámetros que permitieron obtener el grado de contaminación generado y diseñar un sistema de tratamiento para estos efluentes, además se propone un plan de gestión de residuos que se obtienen producto del tratamiento.

El análisis estadístico de los resultados de laboratorio de las muestras tomadas del efluente producido por el taller municipal y al final del tratamiento en el sistema a escala arroja buenos resultados, pues éstos últimos se encuentran dentro del límite máximo permisible, por lo tanto se puede mencionar que el sistema es eficiente en un 59.61% en lo que corresponde a la remoción de la DQO, un 67,26% en lo que corresponde a la remoción de la DBO, un 98,32% en lo que corresponde a la remoción de TPH's y un 99,65% en lo que corresponde a la remoción de Aceites y Grasas, rechazando la hipótesis nula y aceptado la hipótesis de la investigación: El promedio de los análisis de las muestras obtenidas en los efluentes del taller municipal es significativamente diferente al promedio de los análisis de las muestras obtenidas luego del tratamiento físico realizado por el sistema a escala.

La propuesta está enmarcada para ser económicamente viable, socialmente aceptable y ambientalmente amigable, para ello se consultó un buen número de autores y de esta manera se logró plantear una solución que se ajuste al medio donde se ha desarrollado.

## **9. SUMMARY**

**This research proposes a system of effluent treatment for heavy machine shop of the Autonomous Decentralized City Of Cantón Pastaza, which consists of conducting channels, sand trap, trap oils and greases and combination filter, we constructed a treatment system scale that was tested with samples obtained daily in the municipal workshop were analyzed in the laboratory several parameters that enabled the determination of pollution generated and design a treatment system for effluents, also proposes a waste management plan obtained from the treatment.**

**Statistical analysis of laboratory results of samples taken from the effluent produced by the municipal workshop and end of treatment in the scale system built for this purpose drive success, as the latter are within the allowable limit, so Therefore one can conclude that the system is efficient in a 59.61% this corresponds to the removal of COD, a 67.26% this corresponds to the BOD, a 98.32% in corresponding to TPH's removal and 99.65% in corresponding to the removal of oils and fats, rejecting the null hypothesis and accept the research hypothesis: The average analysis of effluent samples from municipal workshop is significantly different from the average of the analysis of samples obtained after physical treatment by the system to scale.**

**The proposal is framed to be economically viable, socially acceptable and environmentally friendly, for it was consulted a number of authors and thus it was possible to propose a solution to fit the environment where it has developed.**

## BIBLIOGRAFÍA

•PS

1. American Public Health Association. Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 21° Edición. USA; 2005
2. Álvarez, P. La prospectiva en condiciones irregulares y emergentes, un ejemplo territorial. Facultad de Economía. Universidad de la Habana. 2004
3. API - Instituto Americano del Petróleo. Gerencia de las descargas del agua: Diseño y operaciones de los separadores del Aceite-Agua. Edición 1ra. Estados Unidos; 1990
4. Asamblea Nacional Constituyente. Constitución de la República del Ecuador; 2008
5. Arce A. Serie Autodidáctica de medición de la calidad de agua. Primera edición. México: Gerencia de Recaudación y Control de la Subdirección General de Administración del Agua e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; 2009
6. ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry, División of Toxicology and Environmental Medicine. Estados Unidos: Atlanta; 2005
7. ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (en inglés). Estados Unidos; 1995
8. ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Reseña Toxicológica de Hidrocarburos totales de petróleo (TPH's) (en inglés). Atlanta, GA: Estados Unidos; 1998
9. ASTM - American Society for testing and Materials. Annual book of Standards. Estados Unidos; 1994
10. ASTM - American Society for testing and Materials. Determinación de turbidez en agua. Método ASTM D1889-88a
11. Bravo M.; Moreno A.; et al. Implementación y monitoreo de la etapa inicial del sistema de tratamiento de aguas residuales del laboratorio de procesamiento de alimentos de la universidad Earth. Tierra tropical 2005 1(1): 89-97
12. Calvo M. Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costos. Primera Edición. España: Mundi-Prensa Libros, s. a.; 2005
13. CESTTA, Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental, Resultados Analíticos, 2010-2011.
14. Clarimón L. Aceites sí, pero biodegradables. Daphnia. 2009; 49
15. Definición ABC, Sobre conceptos. 2008
16. DSSH - Departamento de Salud y Servicios Humanos. Cancerígenos. Estados Unidos; 1995

17. Depuroil S. A. Riesgos medioambientales de los aceites industriales. España; 1999
18. Diseño, construcción y puesta en marcha de una Planta Piloto Experimental de Reciclaje de Aceites Lubricantes Usados. UCE-Petroecuador; 2005
19. ECOPRENEUR S. A. - Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Coalescedor de placas inclinadas para separación agua-aceite. Argentina; 2008
20. Embankment A. Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos. Segunda edición. Reino Unido: Arkle Print Ltd. Northampton; 2005
21. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. Environmental Monitoring and Support Laboratory, Estados Unidos: Office of Research and Development; 1986
22. ETAPA. Manual para el manejo de Aceites Usados; 1996
23. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Obras Hidráulicas. Desarenadores. Colombia; 2009
24. FIGEMPA. Estudio de factibilidad para el manejo ambientalmente adecuado de los desechos aceitosos del Ecuador, Universidad Central de Ecuador; 2006
25. FIGEMPA. Manejo ambientalmente adecuado de los desechos aceitosos en el Ecuador, Universidad Central de Ecuador; 2006
26. Fuentes F.; Massol A. Manual de Laboratorios: Ecología de Microorganismos. Puerto Rico: Impresos RUM; 2002
27. Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pastaza. Mapa de los predios de la Ciudad de Puyo. Puyo Total.dwg; 2010
28. Godt J; et al. La toxicidad del cadmio y los riesgos resultantes para la salud humana. Journal of Occupational Medicine and Toxicology. England 2006; 1: 22-22
29. González J. Tratamiento para aguas residuales albañales en zonas turísticas costeras. Matanzas, Giona. Cuba; 2005
30. Cabrera A. El ideario del desarrollo sostenible. Matanzas. Cuba; 2004
31. Hernández I.; Mager D. Uso de Panicum máximum y Brachiaria brizantha para fitorremediar suelos contaminados con un crudo de Petróleo liviano. Bioagro. 2003; 15(3); 149-156.
32. HOLCIM - GTZ. Co-procesamiento de residuos sólidos en plantas cementeras. México; 2004
33. HOLCIM ECUADOR. Desarrollo del Co-procesamiento. Proyecto AFR. Dense Cajas Arenas. Ecuador; 2005
34. INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Estación Meteorológica Puyo. Condiciones Meteorológicas del 2005 al 2011. 2011

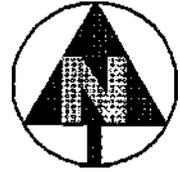
35. INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma NTE INEN 2029:95, Derivados del petróleo. Bases Lubricantes para uso automotor. Requisitos, Quito; 1995
36. INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma NTE-INEN-ISO 14001:2004, Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Quito; 1995
37. IVANHOE ENERGY ECUADOR - SAMBITO. Estudio de Impacto Ambiental (EIA), Plan de manejo ambiental (PMA), para la producción de avanzada y pruebas de producción en el bloque 20 de los Pozos IP-13, IP-15, IP-5A E IP-5B;
38. Lenntech B. Water Treatment Solutions. Water Conductivity. Holanda: Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft; 2009
39. López J.; Quintero G.; Guevara A.; Jaimes D.; Gutiérrez S.; Miranda J. Bioremediación de Suelos Contaminados con Hidrocarburos Derivados del Petróleo. *Nova*. 2006; 4(5); 82-90.
40. Martínez J.; Mallo M; et al. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, Fichas Temáticas. Uruguay: Centro coordinador del convenio Brasilia para América Latina y el Caribe; 2005
41. Microsoft Corporación; Biblioteca Encarta. Estados Unidos; 2010
42. Milacron Marketing Co. Plomo (Pb): en el medio ambiente de trabajos de metales; 2004
43. Murciano S. El aceite del coche. España: Arboles y medio ambiente; 2005
44. NATRUS - Equipamientos Urbanos. Sistema integral de aceite doméstico usado. España; 2010
45. Navarro A. Eutroficación y Descargas orgánicas. Datos Marinos Sea Grant University of Puerto Rico. 2002; 1 (50); 1-2.
46. Norma Técnica Ecuatoriana: INEN 2 197: 1998. Calidad de Agua de Muestreo. Técnicas de Muestreo
47. OPS - Organización Panamericana de la Salud. Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores. Perú: Área de Desarrollo y Salud Ambiental; 2005
48. Orozco J. Bioingeniería de Aguas Residuales, Comunicación sin esquemas; 2005
49. Paz A. Estudio experimental para la regeneración de aceites automotrices usados mediante la extracción súper crítica. [Tesis Doctoral]. México: Instituto Politécnico Nacional; 2004
50. Palacio R.; Mantilla S.; Gómez J. Diagnostico de la disposición final de aceites

- usados del parque automotor de Bucaramanga. Colombia; 2010
51. Pérez G. Química II. Edición 1ra. México: PEARSON EDUCACIÓN; 2007
  52. Peñuelas, J. y Lluísá, J. 2003. Emisiones biogénicas de COV's y cambio global ¿Se defienden las plantas contra el cambio climático?. 2003
  53. Romero J. Tratamiento de Aguas Residuales. Edición Segunda. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería; 2008
  54. Petroecuador. Glosario de la Industria Petrolera. Edición Primera. Ecuador: Unidad de Relaciones Institucionales de Petroecuador. Ecuador; 2005
  55. Petroecuador. Proyecto de Reciclaje de Aceites Lubricantes Usados. Unidad de Desarrollo Tecnológico. Ecuador; 1998
  56. Sainz J. Separación de aceites de efluentes industriales, Tipos de separadores, criterios de selección y diseño. España: Ecolaire España S. A.; 2004
  57. SERCAMPO - Servicios Ecológicos de Recursos para el Campo. Composición del aceite usado, riesgos; 2006
  58. Trujillo J.; Suntaxi R. Levantamiento del catastro de generadores, diseño de un plan de recolección y alternativas para la disposición final de los aceites usados en el cantón Rumiñahui-Provincia de Pichincha. Quito: Escuela Politécnica Nacional; 2009.
  59. Urquiza A. Proyectos de Investigación. Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo; 2000
  60. Urquiza A. Guía para la Investigación Educativa. Ecuador: Edipcentro; 2000

**ANEXOS**

AVENIDA MNS.  
ALBERTO ZAMBRANO

ACERA



**PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LOS  
HANGARES DEL MUNICIPIO DE PASTAZA**

**ANEXO 1, Canales de conducción de aguas lluvia y residuales, propuesta 1**

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN  
LOS HANGARES DEL MUNICIPIO DE PASTAZA

AUTOR.

DE LAVADO

RONEL VINCICIO CASTILLO BUSTAMANTE

PLANTA DE  
TRATAMIENTO

CANAL DE  
RECOLECCIÓN DE  
AGUAS CON  
ACEITES Y GRASAS

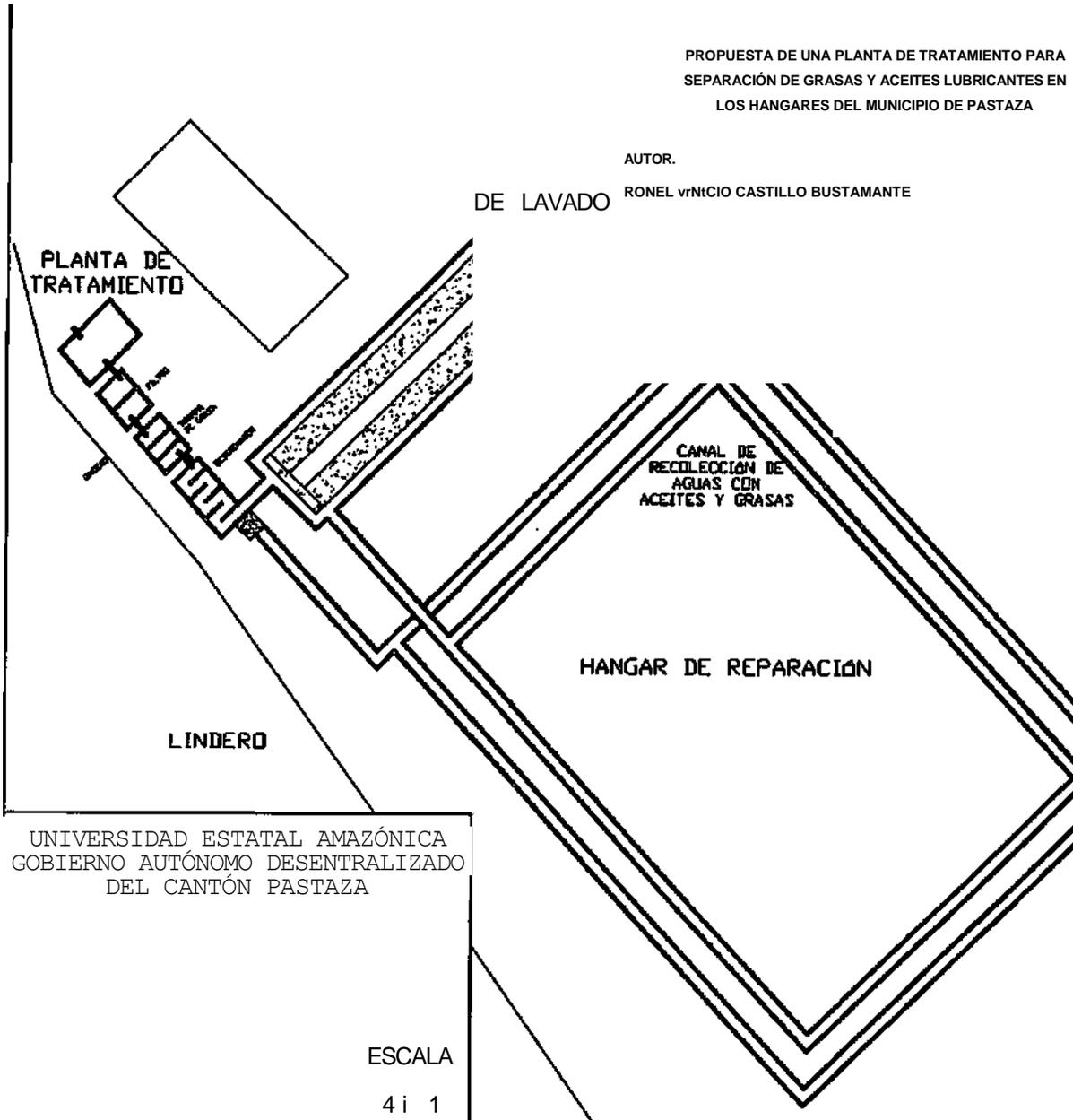
HANGAR DE REPARACIÓN

LINDERO

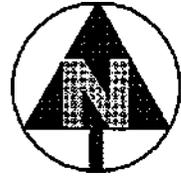
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
GOBIERNO AUTÓNOMO DESENTRALIZADO  
DEL CANTÓN PASTAZA

ESCALA

4 i 1

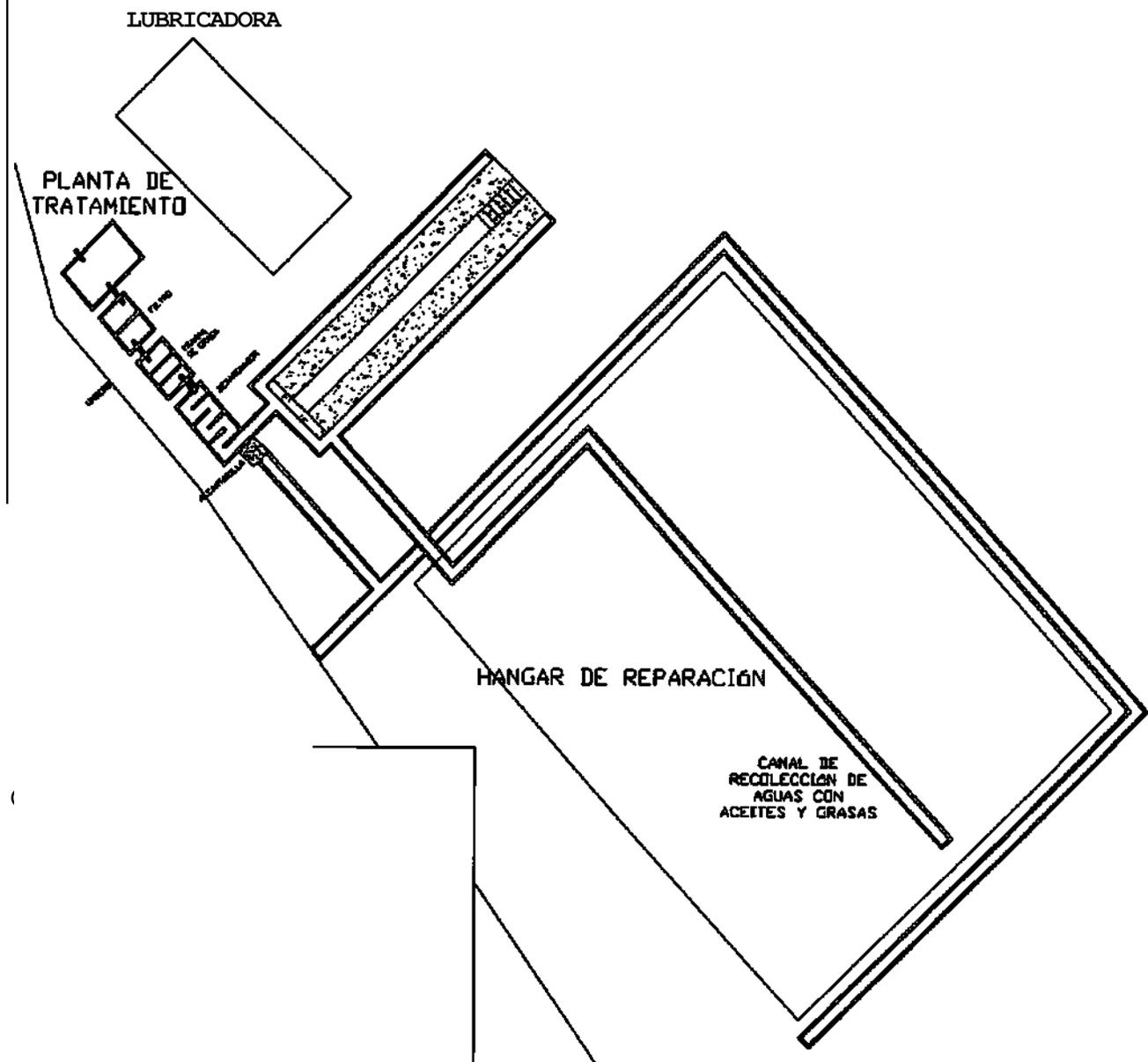


CANALES DE CONDUCCIÓN



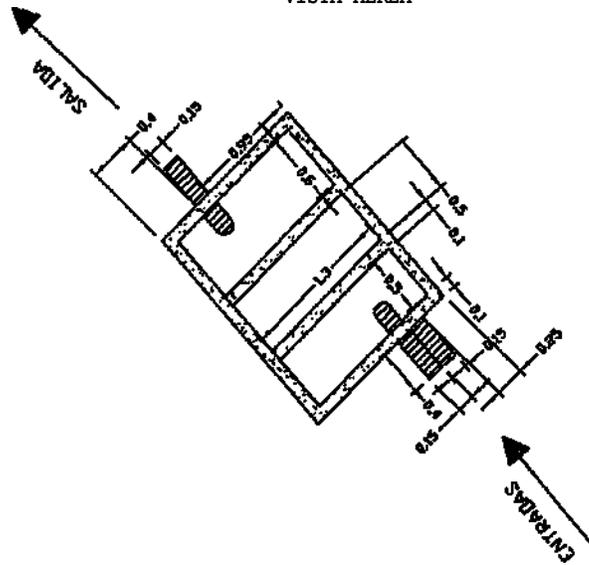
PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LOS  
HANGARES DEL MUNICIPIO DE PASTAZA

**ANEXO 2, Canales de conducción de aguas lluvia y residuales, propuesta 2**



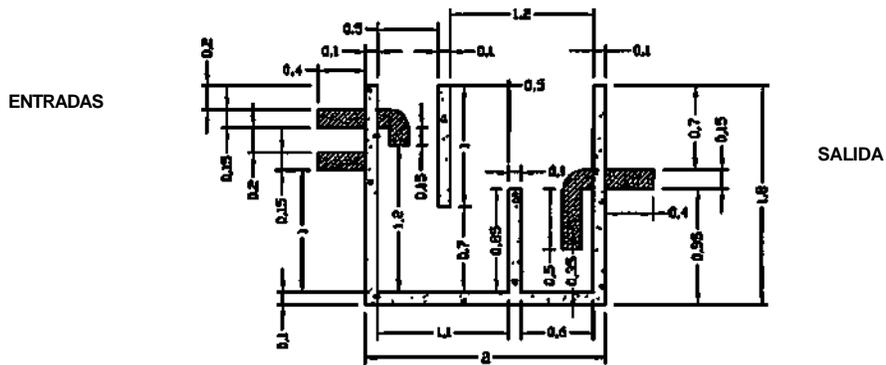


TRAMPA DE GRASA,  
VISTA AEREA



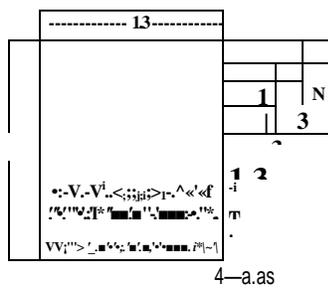
Anexo 4, Trampa de aceites y grasas lubricantes

CORTE TRANSVERSAL

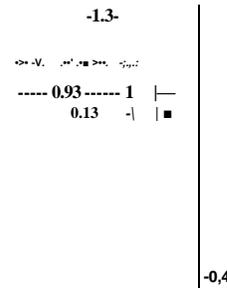


VISTAS LATERALES

UBICACIÓN DE LA TUBERÍA DE ENTRADA



UBICACIÓN DE LA TUBERÍA DE SALIDA



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
DEL CANTÓN PASTAZA

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN  
LOS HANGARES DEL MUNICIPIO DE PASTAZA

TRAMPA DE GRASA

AUTOR:

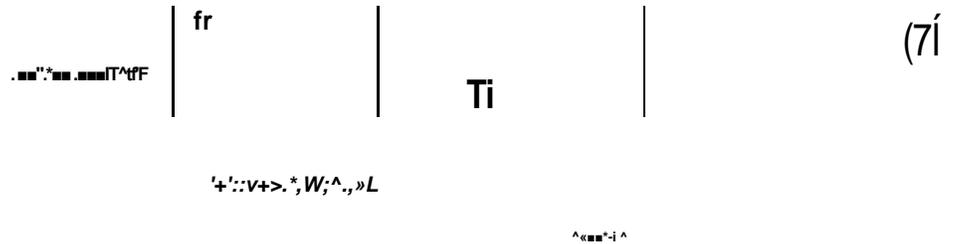
ROMEL VINICIO CASTILLO BUSTAMANTE





# CDRTE TRANSVERSAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTD

DESARENADDR      TRAMPA DE GRASA      FILTRD      TRATAMIENTD BIDLdGICD



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA  
SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN  
LOS HANGARES DEL MUNICIPIO DE PASTAZA

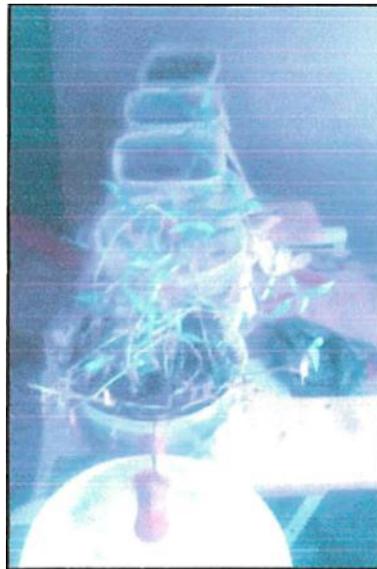
CORTE TRANSVERSAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

AUTORI	ESCALA
ROMEL VINICIO CASTILLO BUSTAMANTE	15 i 1

Anexo 7. Condiciones Actuales dei Taller Municipal, Marzo 2011



Anexo 8. Fotografías del sistema de tratamiento a escala, marzo 2011



SISTEMA DE TRATAMIENTO A ESCALA (VISTA LATERAL)



DESARENADOR, TRAMPA DE  
ACEITES Y GRASAS



TRAMPA DE ACEITES Y GRASAS,  
FILTRO MIXTO

f\*Sri .



Pi

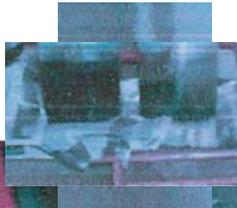


TRATAMIENTO BIOLÓGICO, Marzo 2011

TRATAMIENTO BIOLÓGICO, Junio 2011



Sistema de Tratamiento a Escala, puesto a prueba desde Noviembre del 2010  
Página | 117

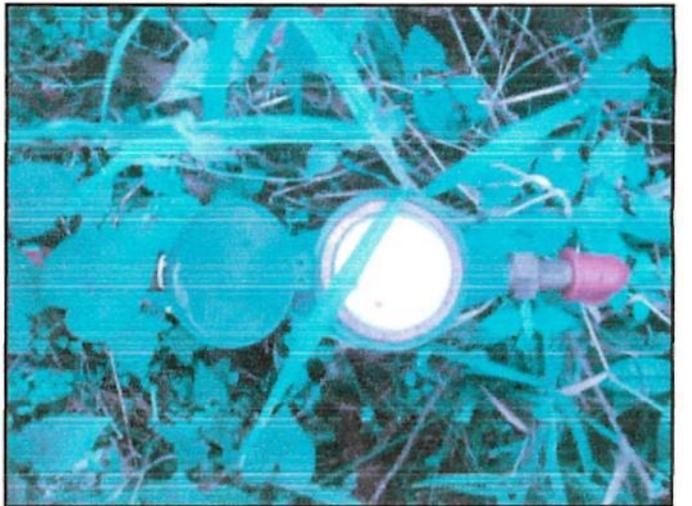
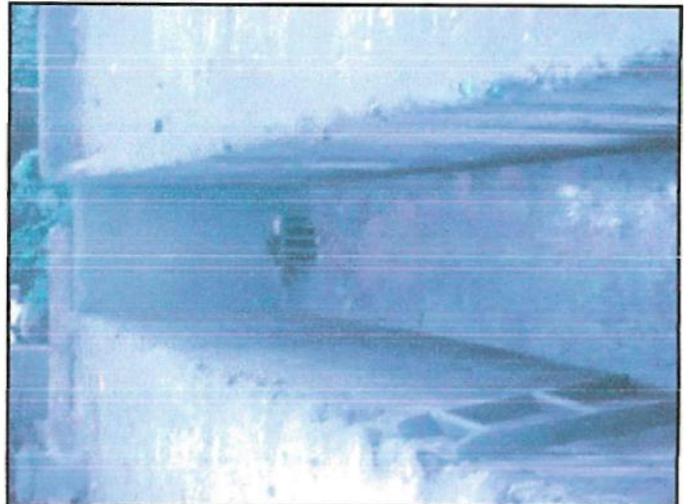


~<>\*L

j

J"





Anexo 10. Análisis de Aguas de los efluentes del taller municipal



«P<sup>J</sup>Q)WH\*»

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
AMBIENTAL E INSPECCIÓN  
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y  
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA  
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS  
Panamericana Sur Km. 1 Vi  
Telefax: (03) 299S-232  
Riobamba - Ecuador



ENSAYOS No  
OAE LE 2C 06-00S

INFORME DE ENSAYO No: 1933  
ST: 10 - 0949 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Atn. MUNICIPIO DE PASTAZA Sr.  
Dirección: Billy Coronel  
9 de Octubre y Francisco de Orellana

FECHA: 06 de Diciembre de 2010

NUMERO DE MUESTRAS: 1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2010/11/29-15:25

FECHA DE MUESTREO: 2010/11/29-08:00

FECHA DE ANÁLISIS: 2010/11/29-2010/12/06

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual

CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 3661-10

CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA

PUNTO DE MUESTREO: Efluentes de talleres municipales

ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis Físico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Romel Castillo

CONDICIONES AMBIENTALES: Tmáx.:24.0°C. Tmin.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA5220D	m»/l.	486	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/56 APHA4210D	mg/L	410	250	±3%
♦Turbiedad	PEE/LAB-CESTrA/43 APHA2130B	UTN	916	-	-
HAP's	PEE/LAB-CESTTA/08 APHA 6440 B	mg/L	0,0013	-	±7%

Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA/07 TNRCC 1005	mg/L	460	20	±3%
◆Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	1200	100	-
◆Arsénico	PEE/LAB-CESTTA/58 APHA3030B,3112B	mg/L	<0,005	0,1	-
◆Cadmio	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA3030B,3111B	mg/L	<0,02	0,02	-
Cromo	PEE/LAB-CESTTA/28 APHA3030B.3111B	mg/L	<0,3	-	±6%
◆Cobre Total	PEE/LAB-CESTTA/57 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,06	1,0	-
◆Mercurio Total	PEE/LAB-CESTTA/34 APHA 3030 B, 3112 B	mg/L	<0,001	0,005	-
◆Níquel	PEE/LAB-CESTTA/31 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,05	2,0	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,5	0,5	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Límites máximos permisibles para aguas de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (◆) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra Receptada en Laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Airarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
**JEFE DE LABORATORIO**

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 J4 Telfax: (03) 2998-232 Riobamba - Ecuador	 <small>CriaIn fctenficiHlcHúriH</small>
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA		N ENSAYOS o OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No: 2079  
 ST: 10 - 0949 ANÁLISIS DE AGUAS  
  
 Nombre Peticionario: Atn. MUNICIPIO DE PASTAZA Sr.  
 Dirección: Billy Coronel  
 9 de Octubre y Francisco de Orel lana  
  
 FECHA: 23 de Diciembre de 2010  
 NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA V HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2010/12/15-16:35  
 FECHA DE MUESTREO: 2010/12/15-08:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2010/12/15-2010/12/23  
 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual  
 CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 3895-10  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA  
 PUNTO DE MUESTREO: Efluentes de talleres municipales  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis Físico-Químico  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Romel Castillo  
 CONDICIONES AMBIENTALES: Tmáx.:24.0°C. Tmin.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

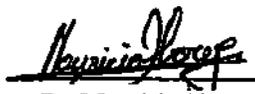
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	217	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/56 APHA 4210 D	mg/L	189	250	±3%
"Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	15.70	-	-
HAP's	PEE/LAB-CESTTA/08 APHA 6440 B	mg/L	<0,0011	-	±7%
Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA/07 TNRCC 1005	mg/L	310	20	±3%

◆Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	965,7	100	
"Cadmio	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA3030B,3111B	mg/L	<0,05	0,02	
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA 3030 B, 311 IB	mg/L	<0,3	0,5	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Límites máximos permisibles para aguas de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra Receptada en Laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Airarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

  
**Bra. Nancy Veloz M.**  
**JEFE DE LABORATORIO**

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2; Telefax: (03) 2998-232 Riobamba - Ecuador	
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA		Ne  ENSAYOS > OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No: 0618  
 ST: 11 - 0295 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Atn. MUNICIPIO DE PASTAZA Sr.  
 Dirección: Romel Castillo  
 9 de Octubre y Francisco de Orel I ana

FECHA: 26 de Marzo de 2011  
 NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2010/03/17-16:40  
 FECHA DE MUESTREO: 2010/03/17-08:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2010/03/17-2010/03/26  
 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual  
 CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 920-11  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA  
 PUNTO DE MUESTREO: Efluentes de (allcrs municipales)  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis Físico-Químico  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Romel Castillo  
 CONDICIONES AMBIENTALES: Tmáx.:24.0°C. Tmin.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Demanda Química (fe Oxígeno)	PEE7LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	410	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno	PEF/LAB-CESTTA/56 APHA 4210 D	mg/L	365	250	±3%
Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	979	-	-
Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA/07 TNRCC 1005	mg/L	2269,11	20	±3%
* Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	8858,7	100	-

◆Cadmio	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA3030B,3111B	mg/L	<0,01	0,02	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA3030B.3111B	mg/L	<0,5	0,5	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Límites máximos permisibles para aguas de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra Receptada en Laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

Dr. Mauricio A. T. F.  
RESPONSABLE TÉCNICO

Dra. F.  
Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

Análisis del Aguas al final del tratamiento físico (Después del Filtrado), Sistema de Tratamiento a escala

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2; Telefax: (03) 2998-232 Riobamba - Ecuador	
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA		N° ENSAYOS i OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No: 1933  
 ST: 10 - 0949 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Atn. MUNICIPIO DE PASTAZA Sr.  
 Dirección: Billy Coronel  
 9 de Octubre y Francisco de Orcllana

FECHA: 06 de Diciembre de 2010  
 NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2010/11/29-15:25  
 FECHA DE MUESTREO: 2010/11/29-08:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2010/11/29-2010/12/06  
 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual  
 CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-A 3661-10  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA  
 PUNTO DE MUESTREO: Después del Filtrado  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis Físico-Químico  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Romel Castillo  
 CONDICIONES AMBIENTALES: T<sub>máx.</sub>:24.0°C. T<sub>min.</sub>: 19.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

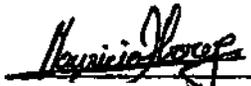
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09	mg/L	140	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno	APHA 5220 D				
	PEE/LAB-CI-;STTA/56	mg/L	95	250	±3%
	APHA 4210 D				
*Turbididad	PEE/LAB-C1ÍSTTA/43	UTN	11,40		

	APHA2130B				
Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA/07 TNRCC 1005	mg/L	10,50	20	±3%
* Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	7,8	100	-
◆Cadmio	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,05	0,02	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA3030B,3111B	mg/L	<0,3	0,5	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Límites máximos permisibles para aguas de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra Receptada en Laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**



Dr. Mauricio A. Harez  
RESPONSABLE TÉCNICO



Dr. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO



ESiPQiOiH»

LABORATORIO DE ANÁLISIS  
AMBIENTAL E INSPECCIÓN  
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y  
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA  
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS  
Panamericana Sur Km. 1 1/2:  
Telefax: (03) 2998-232  
Riobamba - Ecuador



0 rñf ■ tai it ilm I LK! n E!Blrt-

ENSAYOS No  
OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No:  
ST:

2079  
10 - 0949 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Atn.

MUNICIPIO DE PASTAZA Sr.

Dirección:

Billy Coronel  
9 de Octubre y Francisco de Orellma

FECHA:

06 de Diciembre de 2010

NUMERO DE MUESTRAS:

I

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2010/12/ 15-15:25

FECHA DE MUESTREO:

2010/12/15-08:00

FECHA DE ANÁLISIS:

2010/12/15-2010/12/23

TIPO DE MUESTRA:

Agua Residual

CÓDIGO LAB-CESTTA:

LAB-A 3661-10

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

NA

PUNTO DE MUESTREO:

Después del filtrado

ANÁLISIS SOLICITADO:

Análisis Físico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Sr. Romel Castillo

CONDICIONES AMBIENTALES:

Tmáx.:24.0°C. Tmin.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	125	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/56 APHA 4210 D	mg/L	80	250	±3%
♦Turbiedad	PEB/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTO	9,75	-	-
Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CESTTA707 TNRCC 1005	mg/L	7,26	20	±3%
♦Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESrrA/42	mg/L	3.2	100	*

	APHA 5520 C				
◆Cadmio	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,04	0,02	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA3030B,3111B	mg/L	<0,3	0,5	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Límites máximos permisibles para aguas de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra Receptada en Laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**



Dr. Mauricio Airarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



Dr. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2; Telefax: (03) 299S-232 Riobamba - Ecuador	
		ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008

**INFORME DE ENSAYO No:** 0618  
**ST:** 11 - 0295 ANÁLISIS DE AGUAS  
  
**Nombre Peticionario:** Ata. MUNICIPIO DE PASTAZA Sr.  
**Dirección:** Romel Castillo  
 9 de Octubre y Francisco de Orefiana

**FECHA:** 26 de Marzo de 2011  
**NUMERO DE MUESTRAS:** I  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2010/03/ 17-16:40  
**FECHA DE MUESTREO:** 2010/03/17-08:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2010/03/17-2010/03/26  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua Residual  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 920-11  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Después del Filtrado  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Análisis Físico-Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Sr. Romel Castillo  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** Tmáx.:24.0°C. Tmin.: 19.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CES'ITA/09 APHA 5220 D	mg/L	137	250	±3%
Demanda Biológica de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/56 APHA 4210 D	mg/L	90	250	±3%
Turbiedad	PEE/LAB-CES'ITA/43 APHA 2130 B	UTN	10,13	-	-
Hidrocarburos Totales	PEE/LAB-CES'ITA/07 TNRCC 1005	mg/L	9,70	20	±3%
*Aceites y Grasas	PEE/LAB-CES'ITA/42	mg/L	5,7	100	-

	APHA 5520 C				
◆Cadmio	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,04	0,02	-
Plomo	PEE/LAB-CESTTA/29 APHA3030B,3111B	mg/L	<0,4	0,5	± 26%

**OBSERVACIONES:**

- Límites máximos permisibles para aguas de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra Receptada en Laboratorio

**RESPONSABLES DEL INFORME:**



Dr\*. Mauricio Airarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



Dr\*. Nancy Veloz M.  
JEFE DE LABORATORIO

## Anexo 11. Valoración Económica, Análisis de precios unitarios de cada rubro.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA					
DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO					
RUBRO : REPLANTEO Y NIVELACIÓN					
UNIDAD: M2					
ÍTEM :1					
FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011					
ESPECIFICACIONES:					
					<b>COSTO</b>
<b>EQUIPO</b>					
<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	
Herramienta Menor 2% de M.O.					0.00
EQUIPO DE TOPOGRAFÍA			1.00	3.00	0.09
3.00	0.030				
<b>SUBTOTAL M</b>					----- 0.09
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>RENDIMIENTO</b>		<b>CATEO.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>
ALBANIL	-----	EOD2	1.00	2.47	0.07
TOPÓGRAF01		EOC2	1.00	2.54	0.08
2.54	0.030				
<b>SUBTOTAL N</b>					----- 0.15
<b>MATERIALES</b>					
<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT</b>			<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>
PINGOS 0=10CM				U	0.25
TABLA DE ENCOFRADO 15cm				U	0.12
				U	0.03
CLAVOSJ4"a 4"				KG	0.40
0.020	1.72				
<b>SUBTOTAL O</b>					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC.TRANSP.</b>			<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>
					0.00
<b>SUBTOTAL P</b>					0.00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					0.64
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)</b>					10.00 0.06
<b>OTROS INDIRECTOS(%)</b>					0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					0.70
<b>VALOR UNITARIO</b>					<b>0.70</b>
SON: SETENTA CENTAVOS DE DÓLAR					

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA

DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : EXCAVACIÓN MANUAL 0-2M

UNIDAD: M3 ÍTEM :2

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>COSTO</b>	
Herramienta Menor 2% de M.O.		<b>RENDIMIENTO</b>		0.10	
<b>SUBTOTAL M</b>				0.10	
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>COSTO</b>
PEÓN	EOE2	1.00	2.44	<b>RENDIMIENTO</b>	1.95
AY. ALBAÑIL	EO E2	1.00	2.44	2M 0.800	1.95
MAESTRO DE OBRA	EOC2	1.00	2.54	2.44 0.800	1.02
<b>SUBTOTALN</b>				2.54 0.400	4.92
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>COSTO</b>	
<b>SUBTOTAL O</b>				—	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>	<b>COSTO</b>	
<b>SUBTOTAL P</b>				000	
				0.00	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>				5.02	
<b>INDIRECTOS Y UTIUDADES(%)</b> 10.00				0.50	
<b>OTROS INDIRECTOS(%)</b>				0.00	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>				5.52	
<b>VALOR UNITARIO</b>				5.52	

SON: CINCO DÓLARES CON CINCUENTA Y DOS CENTAVOS

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : RELLENO COMPACTADO (REPOSICIÓN DE SUELO)

UNIDAD: M3

ÍTEM :3

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 2% de M.O.					0.08
<b>SUBTOTAL M</b>					0.08

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
PEÓN	EOE2	1.00		2.44	2.44	2.71 1.37
ALBAÑIL	1.111 j					
<b>SUBTOTAL N</b>						4.08

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>COSTO</b>
LASTRE DE RIO	M3			5.32
<b>SUBTOTAL O</b>	1.000	5.32!		5.32

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECTRANSP.</b>	<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>				0.00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	9.48
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)</b>	0.95
10.00 <b>OTROS INDIRECTOS(%) COSTO TOTAL</b>	0.00
<b>DEL RUBRO</b>	10.43
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>10.43</b>

SON: DIEZ DÓLARES CON CUARENTA Y TRES CENTAVOS

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA  
DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO. SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : CANAL DE DRENAJE

UNIDAD: ML

ÍTEM :4

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 2% de M.O.					0.10
CONCRETERA(SACO)	1.00i	5.00	5.00	0.400	2.00

**SUBTOTALM**

2.10

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
PEÓN	EOE2	1.00	2.44	2.44	1.0001	2.4
ALBANIL/CARPINTERO	EOD2	1.00	2.47	2.47	0.600:	4
MAESTRO DE OBRA	EOC2	1.00	2.54	2.54	0.400	1.48

**SUBTOTALN**

1.02

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>
CEMENTO PORTLAND TIPO I E	SACO	0.814	6.78	5.52
ARENA NEGRA	M3	0.052	8.40;	0.44
RIPIO TAMIZADO O TRITURADO	M3	0.080	13.00;	1.04
TABLA DE ENCOFRADO DE 20 CM	U	2.100	1.20;	2.52
CLAVOS DE 2" A 4"	KG	0.500	1.72	0.86
MADERA. LISTONES DE 3CM*3CM	ML	2.000	0.56	1.12
MADERA, PUNTALES	ML	2.400	0.56	1.34
AGUA	M3	0.452	0.02	0.01

**SUBTOTAL O**

0.01

**TRANSPORTE**

**UNIDAD CANTIDAD PREC.TRANSP.**

12.85

**SUBTOTAL P**

**COSTO**

0.00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>				
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)  </b>	10.00			<b>19.89</b>
<b>OTROS INDIRECTOS(%) 1 COSTO</b>				<b>1.99</b>
<b>TOTAL DEL RUBRO</b>				<b>0.00</b>
<b>VALOR UNITARIO</b>				<b>21.88</b>

OBSERVACIONES: Con bordillos de 10 cm, canal de 30 cm\*30cm, incluye piso hormigón SON: VEINTIÚN DÓLARES CON OCHENTA Y OCHO CENTAVOS

**21.88**

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA**

DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : MURO DE H.S. Fc=180KG/CM2

UNIDAD: M3

ÍTEM :5

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 2% de M.O.					1.15
CONCRETERA (SACO)	1.00		5.00	5.00	14.29
<b>SUBTOTAL M</b>	<b>2.857</b>				<b>15.44</b>

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEO.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
PEÓN	EOE2	1.00	2.44		2.44	27.89
AY. CARPINTERO	EOE2	1.00	2.44		2.44	4.07
CARPINTERO	EOD2	1.00	2.47		2.47	4.12
ALBAÑIL	EOD2	1001	2.47		2.47	14.11
MAESTRO DE OBRA	EOC2	1.00	2.54		2.54	7.26
<b>SUBTOTALN</b>		<b>2.857</b>				<b>5745</b>

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>
CEMENTO PORTLAND TIPO I E	SACO		6.560	44.48
ARENA NEGRA	M3	i	0.411	3.45
RIPIO TAMIZADO O TRITURADO	M3		0.776	10.08
PINGOS Ø=10CM	U	!	1.500	1.50
TABLA DE ENCOFRADO 25cm	U		3.030	3.94
ALAMBRE GALV. #18	KG		0.020	0.04
CLAVOS V5"a 4"	KG		0.333	0.57
TIRA DE MADERA	ML		0.500	0.25
TABLA DE ENCOFRADO 15cm	U		1.000	0.80
			0.80	65.12

<b>SUBTOTALO TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC.TRANSP.</b>	<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>	<b>i</b>	<b>:</b>		<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>138.01</b>
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	10.00
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>151.81</b>
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>151.81</b>

OBSERVACIONES: INCLUYE ENCOFRADO 3 USOS

SON: CIENTO CINCUENTA Y UN DÓLARES CON OCHENTA Y UN CENTAVOS

ROMEL CASTILLO

ELABORADO

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA

DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : LOSETA DE H.S. Fc=180KG/CM2 ;

UNIDAD: M3 ;

ÍTEM :6 j

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011 j

ESPECIFICACIONES: l

**EQUIPO**

Herramienta Menor 2% de M.O.

CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO
			1.97

**SUBTOTALM**

**MANO DE OBRA**

CATEG.	OR	RENDIMIENTO	COSTO
<b>CANTIDAD</b> EOE2	<b>Δ</b>		
PEÓN EOE2 EOD2 i	2.44	20.000	48.80
AY. CARPINTERO EOD2 EOC2	2.44	2.500	6.10
CARPINTERO	2.47	2.500	6.18
ALBANIL	2.47	10.000	24.70
<b>MAESTRO DE OBRA</b>	2.54	5.000	12.70

**SUBTOTAL N**

**MATERIALES**

DAD	JORNAUHR	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
1.00	2.44	6.560	6.78	44.48
1.00	2.44	0.411	8.40	3.45
1.00	2.47	0.776	13.00	10.09
1.00	2.47	12.350	1.00	12.35
1.00	2.54	6.670	1.30	8.67
		0.020	2.03	0.04
		8.000	0.80	6.40

**SUBTOTALO**

**TRANSPORTE**

**SUBTOTAL P**

SACO	CANTIDAD	PREC.TRANSF.	COSTO
M3			0.00
M3			0.00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	185.93
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)</b>	18.59
<b>OTROS INDIRECTOS(%) COSTO</b>	0.00
<b>TOTAL DEL RUBRO VALOR UNITARIO</b>	204.52
U	204.52
U	
KG	
U	

10.00

**UNIDAD**

OBSERVACIONES: INCLUYE ENCOFRADO 3 USOS

SON: DOSCIENTOS CUATRO DÓLARES CON CINCUENTA Y DOS CENTAVOS

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO





**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA**

DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : HORMIGÓN EN COLUMNAS

UNIDAD: M3

ÍTEM :12

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>COSTO</b>
Herramienta Menor 2% de M.O.		<b>RENDIMIENTO</b>		<b>1.39</b>

**SUBTOTAL M** 1.39

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
PEÓN	EOE2	1.00	2.44	2.44	<b>13.33</b>	32.53
AY. CARPINTERO	EOE2	1.00	2.44	<u>2.44</u>	<b>3</b>	<u>6.10</u>
CARPINTERO AY.	EOD2	1.00	2.47	2.47	<b>2.500</b>	6.18
ALBAÑIL MAESTRO	EOE2	1.00	2.44	2.44	<b>2.500</b>	16.27
DE OBRA	EOC2	1.00	2.54	2.54	<b>6.667</b>	<u>8.47</u>

**SUBTOTALN** **69.55**

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>
ARENA NEGRA	M3 SACO	0.411	8.40	3.45
CEMENTO PORTLAND TIPO I E	M3 U U	6.000.	6.78	40.68
RIPIO TAMIZADO	KG	0.776	13.00	10.09
PINGOSO=10CM	KG	6,670	1.00	<b>6.67</b>
TABLA DE ENCOFRADO 25cm	ML	<b>12.43P ~</b>	1.30	<b>15.77</b>
ALAMBRE GALV. #18		0.050	2.03	0.10
CLAVOS 4"		0.333	1.72	<b>A<sup>57</sup></b>
TIRA DE MADERA		13.330	0.50	<b>6.67</b>

**SUBTOTALO** 84.00

<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC.TRANSP.</b>	<b>COSTO</b>
<b>SUBTOTAL P</b>				0.00

**TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)** **154.94**

**INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)** **15.49**

**OTROS INDIRECTOS(%) COSTO** **0.00**

**TOTAL DEL RUBRO** **170.43**

**VALOR UNITARIO** **170.43**

OBSERVACIONES: INCLUYE ENCOFRADO 3 USOS  
SON: CIENTO SETENTA DÓLARES CON CUARENTA Y TRES CENTAVOS

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA  
DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : PILARES DE MADERA 10\*1 OCM

UNIDAD:ML

ÍTEM :13

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>		<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>			0.02
Herramienta Menor 2% de M.O.				
<b>SUBTOTAL M</b>				0.02

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEO.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
<b>JORNAUHR</b> AY. CARPINTERO		EOE2	2.44	0.300 2.47	0.73 0.48
1.00			0.200		
FO D2					
<b>SUBTOTALN</b>					1.22

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>
<b>UNIDAD</b>	1.000	2.50	2.50 0.08
PILAR MADERA 10*1 Ocm	0.050	1.72	0.04 0.01
ML CLAVOS J4"a4 <sup>M</sup>	0.003	13.00	
KG MADEROL	0.013	1.03	
GL DIESEL			
GL			2.64

<b>SUBTOTAL O</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECTRANSP.</b>	<b>COSTO</b>
<b>TRANSPORTE</b>			0.00

<b>UNIDAD</b>	<b>SUBTOTALP</b>	<b>COSTO</b>
		0.00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>3.88</b>
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	0.39
10.00 OTROS INDIRECTOS(%) COSTO TOTAL	0.00
<b>DEL RUBRO</b>	<b>4.27</b>
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>4.27</b>

SON: CUATRO DÓLARES CON VEINTE Y SIETE CENTAVOS

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA**  
**DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : CUBIERTA DE ZINC SOBRE VIGAS DE MADERA

UNIDAD: M2

ÍTEM : 14

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>	
Herramienta Menor 2% de M.O.					0.11	
					0.11	
<b>SUBTOTAL M MANO DE OBRA</b>	<b>CATEO.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
AY. CARPINTERO	j	EOE2	1.00	2.44	1.538	3.75
CARPINTERO		EOD2	1.00	2.47	0.769	1.90
			2.47			
<b>SUBTOTAL N</b>	i					5.65
<b>MATERIALES</b>	<b>i</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>	
CLAVOSV4"a 4"			0.300	1.72	0.52	
CLAVOS DE ZINC		LB	0.050	1.72	0.09	
CORREAS DE MADERA 6*4cm		U	1.100	3.00	3.30	
LIJA #60-100-120		HOJA	0.200	0.56	0.11	
PLANCHA ZINC L=1.80m		HOJA	0.760	11.00	8.36	
SELLADOR DE MADERA		GL	0.020	13.00	0.26	
TABLA DE ENCOFRADO 20cm		U	6.250	1.20	7.50	
THINNER		GL	0.020	6.50	0.13	
VIGA DE MADERA 8*6cm		ML	1.400	2.00	2.80	
<b>SUBTOTAL O</b>					23.07	
			<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC. TRANSP.</b>	<b>COSTO</b>
<b>TRANSPORTE</b>						0.00
<b>SUBTOTAL P</b>						0.00
					28.83	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					28.83	
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)</b>					10.00	2.88
<b>OTROS INDIRECTOS(%)</b>						0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					31.71	
<b>VALOR UNITARIO</b>					<b>31.71</b>	

SON: TREINTA Y UN DÓLARES CON SETENTA Y UN CENTAVOS

ROMEL CASTILLO

ELABORADO

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA

DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : CUMBRERO DE ZINC

UNIDAD: ML

ÍTEM : 15

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

**EQUIPO**

Herramienta Menor 2% de M.O.

SUBTOTAL M \_\_\_\_\_

**MAMO DE OBRA AY.**

ALBANIL ALBANIL

ALBANIL ALBANIL

SUBTOTAL N \_\_\_\_\_

**MATERIALES**

CUMBRERO

SUBTOTAL O \_\_\_\_\_

**TRANSPORTE**

SUBTOTAL P \_\_\_\_\_

<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>COSTO</i>
	<i>RENDIMIENTO</i>		

0.02

0.02

<i>CATEG.</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>COSTO</i>
<i>CANTIDAD</i>	<i>2.44</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	
EOE2 1.00	2.47	2.44 i	0.200
EOD2 1.00		2.47	0.200

0.98

<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>COSTO</i>
M	1.050	2.93

2.93

*PRECIO UNIT.* 2.93

2.79

*COSTO*

sss2sss

0.00

<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	
			3.93

3.93

0.39

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) 0.00

INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 10.00 4.32

OTROS INDIRECTOS(%) COSTO 4.32

TOTAL DEL RUBRO VALOR

UNITARIO \_\_\_\_\_

SON: CUATRO DÓLARES CON TREINTA Y DOS CENTAVOS

ROMEL CASTILLO

ELABORADO



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA

DEPARTAMENTO DE OBRAS PUBLICAS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO-PUYO

RUBRO : ESTRUCTURA METÁLICA

UNIDAD: M2

ÍTEM : 16

FECHA : 03 DE JUNIO DE 2011

ESPECIFICACIONES:

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>	
Herramienta Menor 2% de M.O.					0.03	
CORTADORA	1.00	1.17	1.17	0.263	0.31	
SOLDADORA	1.00	1.50	1.50	0.263	0.39	
<b>SUBTOTAL M</b>					0.73	
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>CATEG.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAUHR</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
AY.ALBAÑIL	E9 K	1.00	2.44	2.44	0.100	0.24
MAESTRO SOLDADOR ESPECIALIS	EOC1	1.00	2.56j	2.56	0235	0.60
SOLDADOR ELÉCTRICO	OCC1	1.00	2.56	2.56	0.235	0.60
<b>SUBTOTALN</b>						1.44
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>COSTO</b>		
CANAL U 80*40*2MM	MT	0.816	1.60:	1.31		
CORREA G 100*60*16*2mm PINTURA	MJ_GL	1.572	129^	2J»		
ANTICORROSIVA PLANCHA TOL		0.024	iaoo	Q38		
NEGRA 2mim (5/64") SUELDA 60/11*1/8"	...y... Lbr	0.02	37JHJ	0.07		
		0.055	5.05	0.26		
<b>SUBTOTAL O</b>					4.07	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PREC.TRANSP.</b>	<b>COSTO</b>		
<b>SUBTOTAL P</b>				0.00		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					0.00	
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)</b>					6.24	
<b>OTROS INDIRECTOS(%)</b> 10.00					0.62	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					0.00	
<b>VALOR UNITARIO</b>					6.86	
<b>OBSERVACIONES: CONT. VIGA PERIMETRAL 4 LADOS 2*G150*50*15*3mm M4.5 APRO</b>					6.86	
<b>SON: SEIS DÓLARES CON OCHENTA Y SEIS CENTAVOS</b>						

ROMEL CASTILLO  
ELABORADO