



UNIVERSIDAD DE CUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

INGENIERÍA QUÍMICA

TÍTULO DE LA TESIS:

“ELABORACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EFLUENTES LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”.

AUTOR: RENZO XAVIER SAQUICELA JÁCOME

DIRECTOR: ING. JUAN JOSÉ VÁZQUEZ GUILLÉN, MST

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO

CUENCA – ECUADOR
2014



RESUMEN

En la presente tesis se realiza un diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos, en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, mediante la definición del método óptimo de tratamiento de los residuos líquidos y la elaboración de un Manual de Gestión Ambiental.

Para cumplir con lo citado anteriormente, se revisaron las leyes y parámetros de control de la industria química, se determinaron y caracterizaron los residuos líquidos producidos en el Laboratorio de Suelos; mediante métodos de análisis físico-químicos y se observó si cumplían sus límites máximos permisibles, para así seleccionar procesos de gestión ambiental acordes a las necesidades del laboratorio. Con los datos obtenidos y con fuentes bibliográficas pertinentes, se establecen algunos juicios que ayudarán a implementar un Sistema de Gestión, para minimizar la producción de desechos líquidos en el Laboratorio de Suelos y mitigar su impacto; en busca de mejoras ambientales, sociales y económicas.

Palabras claves:

Efluentes, gestión, líquidos, ambiental, laboratorio, diseño, suelos.



ABSTRACT

In the present study we make a design about an environmental management system of wastewater in the Soil Laboratory of Chemistry Faculty of the University of Cuenca by defining the optimal method of treatment of liquid effluents and the preparation of an environmental management manual.

To comply with the above we identified control laws and parameters of the chemical industry, liquid effluents were determined and characterized in the laboratory produced by methods Soil physical and chemical analysis and observed if they met their maximum permissible limits, to select this way environmental management processes that meet the needs of the laboratory, with the data and relevant literature sources state some judgments that will help implement a management system to minimize the production of liquid effluents in the Soil laboratory and mitigate its impact; improvements in search of environmental, social and economic.

Key Words:

Effluent, management, liquids, environmental, laboratory, design, soil.



TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....14

DEDICATORIA.....15

INTRODUCCIÓN.....16

1. ANTECEDENTES..... 18

 1.1 Universidades y sus Sistemas de Gestión Ambiental. 18

 1.1.1 Proyectos en universidades europeas. 19

 1.1.2 Proyectos, programas y reuniones ambientales en universidades de América..... 20

 1.1.3 Proyectos, programas y reuniones para la gestión ambiental en universidades de Ecuador. 24

 1.1.4 Investigaciones de gestión ambiental en la ciudad de Cuenca..... 26

 1.2 El Laboratorio de Suelos generalidades. 28

 1.3 Servicios que ofrece el Laboratorio de Suelos..... 29

 1.4 Equipos que posee el Laboratorio de Suelos..... 32

 1.5 Efluentes líquidos generados en el Laboratorio de Suelos. 32

2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL. 38

 2.1 ¿Qué es un Sistema de Gestión Ambiental? 41

 2.2 Establecimiento de actores del sistema y definición de actividades. 42

 2.3 Alcance del Sistema de Gestión Ambiental para residuos líquidos..... 45

 2.4 Definición de los objetivos del Sistema de Gestión Ambiental para efluentes líquidos..... 46

 2.5 Levantamiento de documentación para el Sistema de Gestión para líquidos. 46

 2.5.1 Manual de procedimientos..... 47

 2.5.1.1 Definiciones..... 47

3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... 51

 3.1 Generación de efluentes líquidos..... 51

 3.1.1 Determinación de pH. 52



UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.1.2	Determinación de potasio:	55
3.1.3	Determinación de la capacidad de intercambio catiónico.	55
3.1.4	Determinación de la materia orgánica.	56
3.1.5	Determinación del fósforo.	57
3.1.6	Determinación de la conductividad eléctrica.....	57
3.1.7	Determinación del nitrógeno total.	58
3.1.8	Determinación del nitrógeno amoniacal.....	59
3.2	Caracterización físico-química de los efluentes del Laboratorio de Suelos según los métodos ofertados.	61
3.2.1	Análisis de nitrógeno total.....	62
3.2.2	Análisis de potencial de hidrógeno (pH).	63
3.2.3	Análisis de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y material flotante.	63
3.2.4	Análisis de carbonatos.	63
3.2.5	Análisis de fósforo total.....	65
3.2.6	Análisis de cobre (Cu), hierro total (Fe), plomo (Pb), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca).	67
3.2.7	Análisis de sulfatos.	69
3.2.8	Análisis de la conductividad eléctrica.....	70
3.2.9	Análisis de los sólidos totales.	70
3.2.10	Análisis de temperatura.	71
3.3	Definición de los parámetros ambientales de descarga.	72
3.4	Contenido de cada residuo líquido.....	73
3.4.1	Desechos líquidos del pH.	73
3.4.2	Desechos líquidos del potasio.	76
3.4.3	Desechos líquidos de la capacidad de intercambio catiónico.	79
3.4.4	Desechos líquidos del fósforo.	83
3.4.5	Desechos líquidos del nitrógeno total.	86



UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.4.6	Desechos líquidos del nitrógeno amoniacal.....	88
3.5	Clasificación de efluentes líquidos.	90
3.5.1.	Clasificación por peligrosidad.	90
3.5.2.	Clasificación por los métodos de tratamiento.....	91
3.6	Definición de impactos producidos en el laboratorio.	93
3.7	Tabla resumen de los impactos ocasionados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas.....	104
4.	ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS.....	108
4.1	Tratamientos físicos.	108
4.1.1	Sedimentación.	109
4.1.2	Filtración.	109
4.2	Tratamientos químicos.	111
4.2.1	Neutralización.	111
4.2.1.1	Homogenización.	111
4.2.1.2	Control directo de pH.	112
4.2.2	Oxidación-Reducción.....	113
4.2.3	Precipitación.	113
4.3	Tratamientos terciarios.....	114
4.3.1	Intercambio Iónico.....	114
4.3.2	Procesos de electromembrana.	115
4.4	Definición de la mejor alternativa de gestión de tratamiento de efluentes líquidos.....	115
4.4.1	Ventajas del procedimiento adecuado a las condiciones del Laboratorio de Suelos.....	118
4.4.2	Desventajas del procedimiento adecuado a las condiciones del Laboratorio de Suelos.....	118
4.5	Elaboración del Manual de Gestión de efluentes líquidos para el Laboratorio de Suelos.	119
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	132



UNIVERSIDAD DE CUENCA

5.1 Conclusiones.....	132
5.2 Recomendaciones.....	134
BIBLIOGRAFIA.....	137
ANEXOS.....	142



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Resumen de antecedentes de programas ambientales en universidades de América. 21

Tabla N°2 Resumen de investigaciones de gestión ambiental en Cuenca. 26

Tabla N°3 Análisis que generan efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos.. 33

Tabla N°4 Efluentes líquidos producidos en la determinación del pH de las muestras de suelo. 52

Tabla N°5 Residuos líquidos ocasionados en la determinación del pH con diferentes volúmenes de muestra. 53

Tabla N°6 Desechos líquidos provocados en la determinación del potasio en suelos. 55

Tabla N°7 Desechos líquidos ocasionados en la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)..... 56

Tabla N°8 Residuos líquidos obtenidos en la determinación del fósforo. 57

Tabla N°9 Desechos líquidos producidos en el método del nitrógeno total..... 58

Tabla N°10 Desechos líquidos producidos en el método del nitrógeno amoniacal. 59

Tabla N°11 Alcalinidad de carbonatos de acuerdo a los volúmenes de ácido empleados en las titulaciones con fenolftaleína (f) y naranja de metilo (T). 64

Tabla N°12 Estándares utilizados para cada catión en la caracterización de efluentes líquidos. 68

Tabla N°13 Datos de temperatura de trabajo. 71

Tabla N°14 Contenido del efluente pH-rocoso-001. 74

Tabla N°15 Composición del residuo pH-humus-001..... 75

Tabla N°16 Desecho líquido K-eqest-002. 76

Tabla N°17 Composición efluente líquido K-rocoso-002. 77

Tabla N°18 Componentes del residuo líquido K-humus-002..... 78

Tabla N°19 Residuo líquido CIC-eqest-003..... 80

Tabla N°20 Composición del residuo CIC-rocoso-003. 81



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla N°21 Características del desecho CIC-humus-003.	82
Tabla N°22 Constituyentes del efluente P-estándar-004.....	83
Tabla N°23 Desecho líquido P-rocoso-004.	84
Tabla N°24 Residuo líquido P-humus-004.	85
Tabla N°25 Efluente N ₂ T-rocoso-005.	86
Tabla N°26 Constituyentes del residuo N ₂ T-humus-005.	87
Tabla N°27 Composición del residuo N ₂ NH ₃ -rocoso-006.....	88
Tabla N°28 Efluente líquido N ₂ NH ₃ -humus-006.	89
Tabla N°29 Efluentes líquidos que provocan corrosión por acidez en tuberías....	95
Tabla N°30 Residuos líquidos que causan incrustaciones en las cañerías.....	96
Tabla N°31 Desechos líquidos que atacan el hormigón por concentraciones altas de sulfatos.	97
Tabla N°32 Desechos líquidos que ocasionan toxicidad por concentraciones altas de cobre.	98
Tabla N°33 Residuos líquidos que generan toxicidad por concentraciones altas de hierro.	99
Tabla N°34 Aguas residuales que originan impacto higiénico por concentraciones altas de fósforo.....	101
Tabla N°35 Desechos líquidos que producen impacto higiénico por concentraciones elevadas de nitrógeno.	102
Tabla N°36 Resumen de impactos ocasionados en el Laboratorio de Suelos. ...	104



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Procedimiento que se realiza en el análisis de las muestras en el Laboratorio de Suelos..	31
Figura N°2. Estructura del Sistema de Gestión Ambiental.	40
Figura N°3. Organigrama jerárquico del Sistema de Gestión Ambiental.	44
Figura N°4. Gráfico comparativo de los residuos líquidos del pH.	54
Figura N°5. Clasificación de los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos según su peligrosidad.	91
Figura N°6. Categorización de los residuos líquidos según su tratamiento.	93
Figura N°7. Elementos que sufren el impacto de las aguas residuales del Laboratorio de Suelos.	94
Figura N°8. Tratamiento adecuado para los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos.	117



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N°1 Espectrómetro de absorción atómica presente en el Laboratorio de Suelos.	32
Fotografía N°2 Digestión en el equipo Kjeldahl durante la generación de desechos líquidos mediante el método de nitrógeno total.	59
Fotografía N°3 Efluentes líquidos generados en el Laboratorio de Suelos.	60
Fotografía N°4 Evaporación de los residuos líquidos en la plancha calefactora durante el análisis del fósforo total.	67

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

cm³ : Centímetros cúbicos.

Eq : Equivalente químico.

g : Gramo.

H⁺ : Ion Hidrógeno.

ml : Mililitros.

N : Normalidad.

OH⁻: Ion hidroxilo.

ppm: Partes por millón.

PM : Peso Molecular.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, Renzo Xavier Saquicela Jácome, autor de la tesis “ELABORACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EFLUENTES LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Químico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 03 de Octubre del 2014.

Renzo Xavier Saquicela Jácome

0104108931



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Yo, Renzo Xavier Saquicela Jácome, autor de la tesis “ELABORACIÓN DE UN DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EFLUENTES LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 03 de Octubre del 2014.

Renzo Xavier Saquicela Jácome.

0104108931



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGRADECIMIENTOS

A Dios que siempre me acompaña y me protege en cada momento de mi vida.

A mis Padres que desde temprana edad me inculcaron a hacer lo correcto, brindándome su comprensión y cariño incondicional.

A mi tutor y amigo, el Ingeniero Juan José Vázquez Guillén por haberme guiado, tanto en la parte científica como técnica durante el transcurso de esta investigación.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Cuenca, por haber fomentado durante mis años de estudio el conocimiento necesario para mi instrucción académica.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por estar siempre presente en mi vida de una forma activa e iluminadora.

A mis Padres y Hermanos por ser mi principal fuente de motivación.

A todas las personas que siempre me apoyaron y creyeron en mí.



INTRODUCCIÓN

Hoy en día cada vez son más las instituciones que toman conciencia del estado ambiental del planeta, no siendo la excepción la Universidad de Cuenca, en donde diversos estudios pretenden disminuir el impacto ambiental generado por dicha entidad.

Las actividades que se efectúan en los laboratorios de las universidades son de vital importancia para el desempeño estudiantil y de los servicios de atención al público, pero estas acciones producen impacto ambiental debido a su uso.

Una parte de este efecto ambiental son los efluentes líquidos, que se desechan en el sistema de alcantarillado de la ciudad, que va hacia las lagunas de estabilización del sector de Ucubamba, causando complicaciones a éste sistema de tratado. Si bien es cierto que los usuarios del Laboratorio de Suelos están al tanto del impacto ambiental que provoca la utilización de estas instalaciones, hoy en día el mismo no cuenta con un Sistema de Gestión de desechos, por este motivo el propósito de esta investigación es diseñar un Sistema de Gestión Ambiental, para ello se busca identificar las normas, leyes ambientales locales e internacionales para el almacenamiento y descarga de los residuos líquidos producidos en el Laboratorio de Suelos; métodos de reutilización eficiente de efluentes líquidos favorables al medioambiente y finalmente evaluar posibles diseños de gestión ambiental que minimicen el perjuicio causado por los desechos líquidos.

Inicialmente se hizo una revisión bibliográfica de: algunos países del mundo, continente americano, Ecuador, ciudad de Cuenca y la Universidad de Cuenca; en lo que se refiere a sus antecedentes en: convenios, leyes, sus programas de gestión de residuos líquidos, resultados de los mismos; además se analizó la



UNIVERSIDAD DE CUENCA

situación del Laboratorio de Suelos con respecto a los servicios que oferta, equipos y métodos que originan efluentes líquidos.

En segunda instancia se define la estructura de un Sistema de Gestión Ambiental; para esto se establecen: los actores, actividades, alcance, objetivos y levantamiento de documentación del Sistema de Gestión; luego se elabora un manual de procedimientos, el mismo que se lo expone en el capítulo IV.

Como tercer punto se realiza un diagnóstico ambiental de la situación actual: generando los residuos mediante las marchas de suelos, ejecutando la caracterización físico-química de los desechos líquidos del Laboratorio de Suelos, comparando con parámetros ambientales de descarga y elaborando la clasificación de los residuos líquidos; para definir e identificar los impactos producidos en el laboratorio.

Por último se han investigado los planes de remediación aplicables para este estudio; se eligió la mejor alternativa de gestión de tratamientos líquidos, sus ventajas y desventajas con referencia a las necesidades del Laboratorio de Suelos.

Diseñar un Sistema de Gestión Ambiental permitió puntualizar los requisitos que debe poseer el mismo, para su implementación en lo concerniente a: insertar normas y entes que controlen la generación, gestión y disposición de los efluentes líquidos; para así garantizar la seguridad del personal del laboratorio y la ciudadanía en general.



1. ANTECEDENTES.

Las actividades que se llevan a cabo en los laboratorios universitarios son indispensables para el desarrollo académico, los servicios que brindan a la sociedad proporcionan ingresos a dichas instituciones.

Desde hace ya muchos años los laboratorios se han preocupado de brindar a las personas bienestar, tanto en su vida personal como en el desarrollo de sus actividades laborales, esto se ve reflejado en el énfasis que han puesto estas dependencias académicas en los Sistemas de Gestión, tales como: ambientales, calidad, seguridad y salud ocupacional; apoyadas por las intervenciones de las autoridades pertinentes que han emitido decretos en cuanto a este tema. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

El Laboratorio de Suelos de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Cuenca pone a disposición del público los análisis de fertilidad (nitrógeno, fósforo y potasio), capacidad de cambio, materia orgánica, pH y conductividad eléctrica; en los cuales se usan reactivos y muestras de suelo que generan efluentes líquidos, estos pueden producir riesgos para la salud de los usuarios del Laboratorio de Suelos, por este motivo, el desarrollo de esta tesis se centrará en la identificación y gestión de los desechos líquidos.

1.1 Universidades y sus Sistemas de Gestión Ambiental.

Si bien esta tesis se desarrolla en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, al ser la misma una dependencia de dicha facultad y la Facultad de Ciencias Químicas estar regida por la universidad antes mencionada, es importante conocer los antecedentes que se llevaron a cabo entre universidades y Sistemas de Gestión Ambiental, los mismos que se exponen a continuación:



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- La Declaración de Talloires (1990) para un futuro sostenible; es el primer documento político firmado en Francia por Rectores de universidades de diferentes regiones del mundo. Este dictamen involucra a las universidades en: el progreso de la educación e intercambio de información sobre el medio ambiente y el desarrollo; además promueve que los egresados universitarios adquieran experiencia para el progreso de funciones profesionales, coherentes con los valores de la sostenibilidad. (Association Of University Leaders for Sustainable Future, 1990)
- Declaración de Halifax (1991) “Creando un futuro común: un plan de acción para las universidades” firmada en la Conferencia sobre acción universitaria para el desarrollo sostenible, organizada por la Asociación Internacional de Universidades (IAU). (Boletín de Educación Superior: CRUE/Cátedra UNESCO UPC. , 2001)
- La Carta Universitaria para el desarrollo sostenible (1993), en la que se crea el Programa COPERNICUS 7; este proyecto se dirige a instaurar la perspectiva de la sostenibilidad en todo el sistema universitario, estimular y coordinar proyectos de investigación interdisciplinarios; estrechar las relaciones de la universidad con otros sectores sociales y promocionar la formación de todos los titulados universitarios en competencias, no sólo científicas y técnicas, sino también ambientales para que en el posterior desempeño de sus funciones profesionales, tomen decisiones y realicen sus acciones de acuerdo a criterios sostenibles. (Universidad de Alicante, 2007)

1.1.1 Proyectos en universidades europeas.

En las universidades europeas los proyectos más importantes acerca de gestión ambiental son:



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- El Proyecto Ecocampus de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) de España viene trabajando desde 1992 en la temática ambiental. La UAM colabora con otros centros universitarios para potenciar la incorporación de la Gestión Ambiental a las universidades españolas, concretamente se mantiene una estrecha relación con: la Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad de Valencia y Universidad Politécnica de Valencia. (Universidad Nacional Tucumán, 2012)
- Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad Politécnica de Valencia España. Aquí se tratan los siguientes aspectos: Declaración de política ambiental, plan de gestión ambiental y sostenibilidad. (Universidad Nacional Tucumán, 2012)
- La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria España plantea un campus universitario como un “laboratorio comunitario” para diseñar y promover soluciones sustentables, trabajando como una comunidad para la cual es válido diseñar conceptos avanzados acerca de este tema. (Universidad Nacional Tucumán, 2012)

1.1.2 Proyectos, programas y reuniones ambientales en universidades de América.

América también presenta antecedentes en cuanto a los Sistemas de Gestión medio ambientales en universidades, es así que los principales están indicados en la Tabla N°1.



Tabla N°1

Resumen de antecedentes de programas ambientales en universidades de América.

PAÍS	UNIVERSIDAD	AÑO	ASUNTO
Argentina	Universidad Tecnológica de Buenos Aires	2004	La Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires Argentina presentó un proyecto con la finalidad de confeccionar un manual, el mismo que contiene los tratamientos básicos y la disposición final a aplicarse a los residuos químicos generados en los laboratorios de la Facultad Regional Delta. (Universidad Tecnológica Nacional, 2004)
Colombia	Universidad de Antioquia	2008	En la Universidad de Antioquia en Colombia se realizó un plan de gestión ambiental de residuos producidos en el Laboratorio de Ciencia de Materiales, en el mismo que se llegó a establecer: procedimientos y actividades; para: la gestión integral de residuos reciclables, comunes, químicos y especiales; en cumplimiento de lo señalado en las leyes de Colombia. (Universidad de Antioquia,



UNIVERSIDAD DE CUENCA

			2008)
Uruguay	Universidad de Montevideo	2008	En el Encuentro de educación ambiental de la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM) llamado “Desafíos de la educación ambiental universitaria en una Latinoamérica en una encrucijada” estuvieron presentes miembros de varias universidades de América, allí Pedro Medellín de la Universidad Autónoma San Luis de Potosí (UASLP), México, presentó la experiencia de implementación del Sistema de Gestión Ambiental, y su trabajo sobre “Las Universidades frente al desafío de la sostenibilidad” (Comité de Medio Ambiente AUGUM., 2008)
Argentina	Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé	2009	Se ejecutó en la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina, el proyecto “Red Iberoamericana de Gestión Ambiental en Universidades”, el mismo que se encuentra en desarrollo desde el año 2008, en el marco de la red constituida por: la Universidad Nacional del Litoral, la Universidad Nacional de La Plata, la Universidad Federal de Santa Catarina, la Universidad de Costa Rica y la Universidad



UNIVERSIDAD DE CUENCA

			Autónoma de Madrid; este proyecto tiene como objetivo primordial trabajar permanentemente en pos del desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental, posible de ser incorporado en los campus de las universidades argentinas. (Red Iberoamericana de Gestión Ambiental en Universidades Universidad del Litoral, Universidad Nacional de la Plata, 2009)
Argentina	Universidad San Clemente de Tuyú	2009	En el VI Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, que se efectuó en el 2009 en San Clemente del Tuyú, Provincia de Buenos Aires, se presentaron temas como: Introducción sobre educación para el desarrollo sostenible, también se realizó una mesa panel sobre universidades sustentables, donde representantes de estas entidades de educación superior europeas y latinoamericanas, expusieron los resultados de programas de gestión ambiental (VI Congreso iberoamericano de Educación Ambiental, 2009)
Colombia	Universidad de Santander	2010	En la Universidad de Santander Colombia se llevó a cabo la construcción de una bodega para almacenar y recolectar todos los residuos formados en los laboratorios de esa institución, empleando medidas de



			seguridad, después reutilizaron dichos desechos en los mismos laboratorios y finalmente, se pudo evitar el consumo excesivo de productos químicos. (Universidad de Santander, 2010)
Argentina	Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé	2010	En la “II Reunión de educación socio ambiental” organizada por el Comité de Medio Ambiente de AUGM, ejecutada en la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina, en octubre de 2010; se trató entre otros temas la gestión de espacios universitarios, se presentaron ejemplos de planes estratégicos y se propusieron recomendaciones en dicha junta, como son: resaltar la sugerencia de creación y desarrollo de un plan integrado de gestión ambiental en los establecimientos miembros del acuerdo (Comité de Medio Ambiente AUGM., 2010)

Elaboración: El Autor.

1.1.3 Proyectos, programas y reuniones para la gestión ambiental en universidades de Ecuador.

En este numeral se mencionan los principales antecedentes que se han originado en Ecuador, en lo referente a la gestión ambiental en universidades.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- En el artículo 11, inciso 9, del capítulo III de la Ley de Gestión Ambiental se señala que, el sistema descentralizado de gestión ambiental estará dirigido por la comisión Nacional de Coordinación, integrada entre otros por un representante del Consejo Nacional de Educación Superior, que será uno de los rectores de las universidades o escuelas politécnicas; lo que asegura la vinculación obligatoria entre estas instituciones académicas y la política de gestión ambiental del estado ecuatoriano, logrando de esta forma que el gobierno esté al tanto de los proyectos y actividades que se desempeñan en los establecimientos de educación superior en pro del medio ambiente. (Ley de Gestión Ambiental, 1999)
- En el año 2004 la Universidad del Azuay llegó a un acuerdo con ETAPA para la realización de prácticas, pasantías y proyectos de tesis de gestión integral; en base al que se concretó un subconvenio de traspaso de fondos y su uso en propósitos de investigación en el Parque Nacional El Cajas. (Decanato General de investigaciones, 2004)
- En el año 2010 se elaboró una tesis en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, la misma que trata de conocer el funcionamiento del Instituto de Ciencias Químicas de dicha entidad, para diseñar así la política de gestión medioambiental, para posteriormente desarrollar el respectivo trabajo de campo que incluyó tres áreas principales de este establecimiento, tales como: bodega, administración y laboratorios de docencia de Química; luego de ello se analizó la correspondencia entre las leyes ambientales con los impactos producidos; de esta revisión se indicaron los aspectos que serían evaluados como significativos, para finalmente diseñar un Sistema de Gestión Ambiental para el instituto de Ciencias Químicas y Ambientales de dicha entidad. (Ponce Chilán & Escobar Segovia, 2010)



1.1.4 Investigaciones de gestión ambiental en la ciudad de Cuenca.

En la Ciudad de Cuenca según los datos encontrados en las bibliotecas académicas se han materializado los siguientes estudios ambientales; tanto a nivel universitario como en laboratorios de atención al público, ver Tabla N°2.

Tabla N°2

Resumen de investigaciones de Gestión Ambiental en Cuenca.

INSTITUCIÓN	AÑO	INVESTIGACIÓN
CESEMIN	2002	Se elaboró una tesis en el CESEMIN (laboratorio especializado en análisis químico e instrumental) que trata de cubrir todas las falencias en seguridad e higiene del trabajo a través de un programa que contiene: Generalidades, evaluación de riesgos en laboratorio, ergonomía y el factor humano; productos químicos peligrosos, prevención y protección contra incendios; higiene del trabajo, lineamientos generales de protección al medio ambiente y al ecosistema. (Urdiales Jiménez, 2002)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<p>Universidad de Cuenca</p>	<p>2009</p>	<p>Se desarrolló un estudio denominado “Educación sobre la contaminación ambiental para nivel universitario”; dicha investigación tiene como finalidad apoyar al estudiante a conocer, reflexionar y motivarlo; a emprender acciones tendientes a mitigar dicho efecto. Trae como producto un manual de educación sobre el ambiente, en él se aborda: Educación ambiental, ecología y sostenibilidad, deterioro de la calidad ambiental como efecto de la contaminación (aire, agua y suelo), problemas referentes a los residuos sólidos, materiales tóxicos y peligrosos. Menciona la legislación ambiental en el Ecuador, incorpora actividades y propuestas como: un relleno que recicla residuos orgánicos, efluentes líquidos industriales, papel, entre otras. (Coello Pons, 2009)</p>
<p>CESEMIN</p>	<p>2009</p>	<p>Se diseñó un Sistema de Gestión de residuos sólidos para el CESEMIN, laboratorio de servicio de análisis de la Universidad de Cuenca, basado en la Norma ISO 14000. El estudio comprende aspectos como: identificación, cuantificación y clasificación de los desechos generados, tanto peligrosos como no peligrosos; así como también se revisan los aspectos legales relacionados con su manejo y se plantea una propuesta para su gestión adecuada basada en una estructura jerarquizada. (Flores, 2009)</p>
<p>CESEMIN</p>	<p>2009</p>	<p>Se realizó una tesis para mejorar el plan de remediación de los efluentes industriales producidos en</p>



	<p>el CESEMIN, a causa de los análisis químicos (minerales metálicos, no metálicos, pastas, vidrios y aguas).</p> <p>Para este estudio se toma como referencia el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente “TULAS”, en el Libro VI Anexo 1: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Se aplica tratamientos con hidróxidos, para lo cual se practican pruebas de precipitación y sedimentación.</p> <p>En base a los resultados se propuso la creación de un procedimiento, para lo cual se diseña un tanque de tratamiento. (Castro, 2009)</p>
--	---

Elaboración: El Autor.

1.2 El Laboratorio de Suelos generalidades.

Con la creación de la Facultad de Ciencias Químicas en el año de 1954, se han ido formando diferentes laboratorios con el fin de brindar servicios a los estudiantes, en la actualidad existen más de 25; hay laboratorios que son de uso exclusivo para cada escuela y otros compartidos entre escuelas, como es el caso del Laboratorio de Suelos que es usado por Bioquímica y Farmacia e Ingeniería Química. (Revista de la Facultad de Ciencias Químicas N.4, 2006)

El Laboratorio de Suelos está ubicado en las instalaciones del recinto académico conocido como Tecnológico en la calle Lorenzo Piedra, cuenta con un área aproximada de 67 m² que se divide en 3 espacios en los que se tienen diferentes clases de equipos para análisis de suelos y composiciones de tierra; el laboratorio



UNIVERSIDAD DE CUENCA

brinda servicios de docencia y atención al público; esta unidad académica cuenta con una persona encargada de supervisar y coordinar las actividades que se llevan a cabo en el mismo. (González, 2010)

Inicialmente el Laboratorio de Suelos era utilizado para el área académica, a partir del año 1986 se logra conseguir que los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas -Incluido el Laboratorio de Suelos- a más de servir para la docencia, permitan brindar servicio a la comunidad a través de la realización de análisis para el sector industrial, esto sería el inicio de un proceso de auto gestión para generar fondos que luego se reinvertirían en beneficio de cada uno de estos, en el año 2006 se consiguió que los valores recaudados de los laboratorios ingresen a partidas específicas propias para cada uno de los mismos, con la finalidad de reinvertirlos mediante la adquisición de reactivos, materiales e incluso equipamiento; con el control interno de estos fondos se planifican y canalizan de mejor manera las inversiones para cubrir las necesidades básicas de estas dependencias. (Revista de la Facultad de Ciencias Químicas N.4, 2006)

1.3 Servicios que ofrece el Laboratorio de Suelos.

El Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca es una unidad académica, que se encarga de ejecutar distintos análisis de suelos tanto para la comunidad universitaria, como para la ciudadanía en general; además ofrece sus instalaciones para que los estudiantes universitarios efectúen sus prácticas de las materias de: Análisis instrumental y Análisis Aplicado II. Es por estos motivos que esta dependencia desenvuelve sus actividades en dos áreas claramente definidas: El Área Académica y La Prestación de Servicios.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Dentro del Área Académica, este laboratorio cuenta con docentes de primera línea en la enseñanza de las determinaciones que allí se practican, imprescindibles para comprender de mejor manera la carrera de Ingeniería Química y Bioquímica y Farmacia.

En lo que concierne a la materia de Análisis Aplicado II se realizan las siguientes determinaciones: pH, textura, materia orgánica, análisis de los minerales no metálicos, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y aniónico.

En la materia de Análisis Instrumental, en lo referente al Laboratorio de Suelos se enseña a los estudiantes el manejo de los equipos del laboratorio, sus generalidades y aplicaciones específicas.

Dentro de la prestación de servicios el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Cuenca, pone a disposición del público en general los análisis de: fertilidad (nitrógeno, fósforo y potasio), capacidad de cambio, materia orgánica, pH y conductividad eléctrica.

A continuación en la Figura N°1 se indican las operaciones que se llevan a cabo en los ensayos de suelos antes mencionados, desde la recepción de muestras, hasta el momento de entrega de resultados.

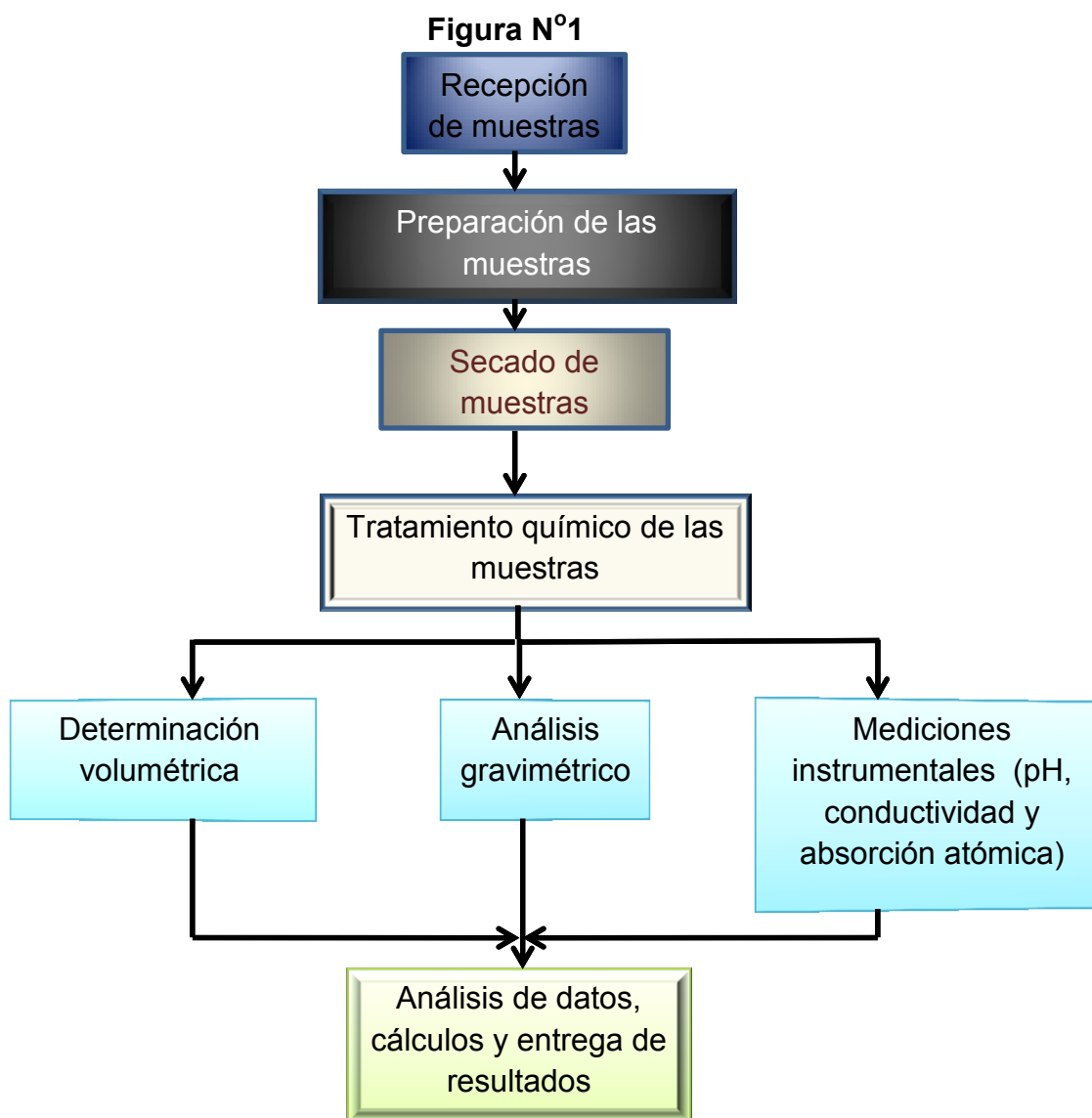


Figura 1. Procedimiento que se realiza en el análisis de las muestras en el Laboratorio de Suelos.

Elaboración: El Autor.



1.4 Equipos que posee el Laboratorio de Suelos.

Los equipos del Laboratorio de Suelos que causan efluentes líquidos, con sus respectivas características, especificaciones y usos; se encuentran expuestos en ANEXO 1.

Se tomó la Fotografía N°1 del espectrómetro de absorción atómica, porque se considera a este equipo, uno de los más representativos del laboratorio, debido a que en el mismo se pueden analizar varios metales de este estudio como son: calcio, cobre, hierro, magnesio, potasio y plomo.

Fotografía N°1

Espectrómetro de absorción atómica presente en el Laboratorio de Suelos.



Fuente: El Autor.

1.5 Efluentes líquidos generados en el Laboratorio de Suelos.

En el laboratorio se llevan a cabo los análisis en los cuales se usan reactivos y muestras de suelo que generan desechos líquidos, los cuales pueden provocar riesgos para la salud de los usuarios de esta dependencia; de ahí que uno de los principales cometidos de esta tesis es identificar y gestionar los desechos líquidos que pueden afectar la integridad física del personal del laboratorio.



Las marchas que originan residuos en el Laboratorio de Suelos son los procedimientos que esta unidad académica presta al público; estas técnicas también se practican en: Análisis Aplicado II y Análisis Instrumental; de tal manera que al estudiarlas se están incluyendo los residuos líquidos producidos en las prácticas de las dos asignaturas antes mencionadas; en la Tabla N°3 se señalan los distintos análisis, sus principios y las reacciones fundamentales que se llevan a cabo en cada uno de ellos; el procedimiento de cada determinación se indica en el ANEXO N°4.

Tabla N°3

Análisis que generan efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos.

ANÁLISIS	PRINCIPIO	REACCIONES
Nitrógeno amoniacal	El análisis de nitrógeno amoniacal se basa en el desplazamiento que se obtiene cuando iones de NH_4^+ se ponen en contacto con una base y se forma NH_3^- , el cual en medio alcalino puede desplazarse y ser recogido por destilación, para después hacerlo reaccionar en el seno de una solución ácida.	Durante la destilación: el matraz contiene sulfato de amonio y se mezcla con hidróxido de sodio para separar el amoniaco de los otros gases de la siguiente manera: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NH}_3\uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ También se llevan a cabo las reacciones de digestión que se señalan en el nitrógeno total.



<p>Nitrógeno total</p>	<p>El método que se presenta tiene como base la reducción de todas las formas de nitrógeno que contenga el suelo a N^{-3}, que en presencia de ácido toma la forma estable de radical amonio. Esta reducción se logra sometiendo a la muestra a la digestión ácida con H_2SO_4 concentrado en presencia de un catalizador.</p>	<p>Además de la reacción del nitrógeno amoniacal que se explicó anteriormente, también se indican las siguientes ecuaciones de la digestión:</p> <p>El ácido sulfúrico destruye a la materia orgánica:</p> $NH_2CH_2COOH + 3H_2SO_4 \rightarrow NH_3 + 2CO_2 + 4H_2O + 3SO_2$ <p>El nitrógeno se convierte en amoniaco, pero por acción del ácido sulfúrico, luego pasa a sulfato de amonio:</p> $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
<p>Fósforo</p>	<p>Todo el fósforo contenido en la muestra debe estar como ión ortofosfato $(PO_4)^{-3}$, ya que el método espectrofotométrico es esencialmente específico para</p>	<p>A continuación se presenta la reacción del fósforo con el ácido molíbdico para formar el ácido 12-molibdofosfórico</p>



	<p>este ión.</p> <p>La materia orgánica de la muestra es destruida por medio de una digestión con persulfato de amonio y ácido sulfúrico, rompiendo las ligaduras orgánicas del fósforo (C-P y/o C-O-P), e hidrolizando los polifosfatos a ortofosfatos.</p>	<p>según la reacción:</p> $\text{H}_3\text{PO}_4 + 12 (\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 21 \text{H}^+ \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{MoO}_3 + 21 \text{NH}_4^+ + 12 \text{H}_2\text{O}$ <p>El ácido 12-molibdofosfórico es reducido por el cloruro de estaño a azul de molibdeno, compuesto que se cuantifica por colorimetría.</p>
<p>Potasio</p>	<p>El análisis del K se fundamenta en el equilibrio que se establece entre una solución extractora de acetato de amonio y la muestra del suelo donde se efectúa esta operación.</p> <p>Para este intercambio catiónico se utiliza $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N y neutro.</p> <p>Los cationes de K se analizan en la solución extractora por espectrofotometría.</p>	<p>La reacción que se lleva a cabo para encontrar la solución extractora es la siguiente:</p> $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO} + \text{K}^+ \rightarrow \text{KCH}_3\text{COO} + \text{NH}_4^+$ <p>La solución de acetato de potasio es la solución extractora, de la que se obtendrá el potasio después.</p>



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<p>Capacidad de cambio</p>	<p>La determinación de la capacidad de intercambio catiónico de un suelo implica la saturación de dicho sitio por medio del sodio, el lavado del exceso de este metal, (sodio soluble no intercambiable) se realiza por medio de alcohol; la medida de dicha capacidad se efectúa mediante la extracción de todo el sodio con acetato de amonio y la lectura por emisión/absorción atómica.</p>	<p>La saturación de los sitios de carga mediante el ión amonio se ejemplifica con el sodio:</p> $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO} + \text{Na}^+ \rightarrow \text{NaCH}_3\text{COO} + \text{NH}_4^+$ <p>Se encuentran los iones asimilables en la solución de acetato de sodio formado, en este caso.</p>
<p>Materia orgánica</p>	<p>Para este análisis se desarrolla una combustión química, usando oxidantes como el agua oxigenada (H_2O_2) o el permanganato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$); los mismos que transforman el carbono de la materia orgánica en CO_2 libre, la cuantificación de las pérdidas de este elemento se las halla por diferencia de pesos.</p>	<p>Para eliminar la materia orgánica se emplea agua oxigenada (oxidante), produciendo la siguiente reacción:</p> $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



<p>pH</p>	<p>El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14; indica la concentración de iones H⁺ u OH⁻ en el suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es hallado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua.</p>	<p>Todos los iones pasan a la solución destruyendo los coloides por intermedio del cloruro de potasio, esta reacción se ejemplifica con el Calcio:</p> $KCl + Ca^{++} \rightarrow Ca (Cl)_2 + K^+$ <p>En la solución extractora no solo existe calcio, si no que están contenidos todos los otros iones disueltos.</p>
<p>Conductividad eléctrica</p>	<p>Para obtener la conductividad eléctrica del suelo en el extracto de saturación inicialmente se prepara la pasta; se extrae luego el residuo en un filtro a presión. En el extracto obtenido se lee la conductividad eléctrica.</p>	<p>Se ejecuta la misma reacción del pH, debido a que también se emplea KCl para destruir el equilibrio de los coloides con el agua.</p>

Fuente: (Vázquez Guillén, 2013)

Elaboración: El Autor.



2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL.

El Sistema de Gestión Ambiental está estructurado de la siguiente forma:

- a. **Propuesta:** Se planteará un Sistema de Gestión de acuerdo a las necesidades del Laboratorio de Suelos.
- b. **Revisión inicial:** Se situará la posición actual respecto del medio ambiente a través de una revisión inicial, la misma que deberá acatar los siguientes requisitos:
 - Exigencias legislativas y reglamentarias.
 - Evaluación y registro de los efectos medioambientales significativos.
 - Examen de prácticas y procedimientos existentes de gestión ambiental.
 - Valoración del aprovechamiento de la investigación de los incidentes y casos de no conformidad ocurridos. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)
- c. **Estrategia:** Sirve para que todos los actores del Sistema de Gestión conozcan el conjunto de pasos que se seguirán, para concluir las metas y objetivos en el tiempo propuesto.
- d. **Establecimiento de la política:** La política tendrá las siguientes características:
 - Ser iniciada, desarrollada y apoyada por la dirección.
 - Comprometer a la organización en el cumplimiento de todos los requisitos ambientales y legales.
 - Definir la forma de ejecutar los requisitos ambientales, asegurando la mejora continua.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Almacenar los datos de la política ambiental, para ser utilizados de forma adecuada cuando estos sean requeridos. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

- e. **Evaluación y registro de efectos ambientales:** La organización debe establecer y mantener al día los lineamientos para examinar y evaluar los impactos ambientales provocados por sus actividades, productos, servicios e instalaciones y para elaborar un registro de los que se consideran significativos. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

- f. **Objetivos y metas:** Los objetivos deben incluir el compromiso de mejorar continuamente, mientras que las metas se derivan de los objetivos y deben ser cuantificables y ejecutables por el personal, pasando a convertirse en componentes de su responsabilidad. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

- g. **Programa de gestión:** Se formará y conservará un programa para el acatamiento de los propósitos y metas, el mismo que debe incluir:
 - La asignación de la responsabilidad en cada nivel de la organización.
 - Los medios para alcanzar las metas. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

En base a esto se plasmó el siguiente cuadro en donde se ve la estructura del Sistema de Gestión Ambiental, ver figura N°2.

Figura N°2



Figura 2. Estructura del Sistema de Gestión Ambiental.

Fuente: (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

Elaboración: El Autor.



2.1 ¿Qué es un Sistema de Gestión Ambiental?

Para definir un Sistema de Gestión Ambiental primero se debe conocer el concepto de gestión ambiental, el mismo que es el conjunto de actuaciones y disposiciones necesarias para lograr el mantenimiento de un capital ambiental suficiente para que la calidad de vida de las personas y el patrimonio natural, sean lo más elevados posibles; todo ello dentro del complejo sistema de relaciones sociales y económicas que condiciona ese cometido. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

En base al concepto anterior, un Sistema de Gestión Ambiental es la parte del sistema general que incluye la estructura organizativa, la planificación de actividades, responsabilidades, prácticas, procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y sostener al día la política ambiental de una organización. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

El propósito de un Sistema de Gestión Ambiental es delinear los aspectos ambientales relevantes, al igual que la legislación aplicable y otros requisitos, los cuales son:

- Formular y asumir un compromiso (la política ambiental).
- Concretar el compromiso con objetivos, metas y acciones específicas.
- Lograr los planes y metas previstas, y de esta manera prevenir la contaminación, cumplir los requisitos y perfeccionar el desempeño ambiental, la toma de conciencia y la cultura de respeto por el medio ambiente. (ICONTEC, 2005).



2.2 Establecimiento de actores del sistema y definición de actividades.

Esta unidad educativa deberá implementar un reglamento para mejorar su planificación, considerando todos los actores del Sistema de Gestión Ambiental, se proyecta que sea de la siguiente forma:

i. Nivel Directivo y Ejecutivo:

El Sistema de Gestión de los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos tendrá el siguiente directorio: Asamblea de la Facultad, Consejo Directivo, Decano y Subdecano.

Este nivel es el que define las políticas del medio ambiente, salud y seguridad, metas e indicadores de desempeño del sistema y es el responsable en última instancia por el mejoramiento continuo y la disposición de los residuos líquidos generados, además deberá suministrar:

- Los recursos necesarios para la ejecución del Sistema de Gestión Ambiental de los desechos líquidos del Laboratorio de Suelos, auditorías de cumplimiento demandadas por las autoridades ambientales pertinentes, control y monitoreo.
- Seleccionar el personal para poner en marcha el sistema e instaurar programas de capacitación.
- Aprobar los planes y programas ambientales, así como los de control y riesgos, asegurar la difusión de los mismos.

ii. El comité del Sistema de Gestión Ambiental:

Este comité estará integrado por los representantes del Sistema de Gestión Ambiental que serán el coordinador del Laboratorio de Suelos y los profesores de dicha dependencia académica, los mismos que estarán encargados de participar



en la revisión, mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión, además velarán por otros aspectos como:

- Crear medidas correctivas debido a las falencias encontradas y efectuar un seguimiento de las mismas.
- Establecer métodos de comunicación entre todos los actores del Sistema de Gestión, con la finalidad de que se lleven a cabo los procesos de calidad medio ambiental, salud y seguridad.
- Realizar conferencias de capacitación en pro de mejorar el Sistema de Gestión Ambiental de los efluentes líquidos, en áreas de medio ambiente y seguridad.

iii. Nivel Asesor:

La creación de un ente que regule el Sistema de Gestión implica contar con asesores a nivel Jurídico y Financiero, a los que les corresponde orientar a los niveles directivo y operativo de éste sistema.

iv. Nivel Operativo:

El mismo está compuesto por: el personal académico, personal de servicio y personas que intervienen en el proceso.

Personal Académico: Coordinador del Laboratorio de Suelos y catedráticos que desempeñan funciones en dicha dependencia.

Personal de servicio: Conserjes.

Personas que intervienen en el proceso: Cajero-cobrador, estudiantes y clientes en general.



En base a lo expuesto anteriormente se elaboró un organigrama jerárquico del Sistema de Gestión Ambiental, observar figura N°3.

Figura N°3



Figura 3. Organigrama jerárquico del Sistema de Gestión Ambiental.

Fuente: (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

Elaboración: El Autor.



2.3 Alcance del Sistema de Gestión Ambiental para residuos líquidos.

La actividad objeto del estudio del Sistema de Gestión Ambiental se desarrolla en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, aportando a esta unidad académica los siguientes beneficios:

- **Aspecto Científico:**

Al gestionar residuos líquidos se aportará con datos concretos sobre el estado actual de los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos, el impacto que estos producen y se propondrán mejoras.

- **Aspecto Económico:**

- Prevenir los costos ocasionados por incumplimientos de obligaciones ambientales.
- Generar ahorro con la optimización o racionalización de operaciones, o con la valoración de residuos.

- **Aspecto Social:**

Mejorar la calidad de vida de la comunidad universitaria al disminuir la contaminación de los desechos líquidos.

- **Aspecto Ecológico:**

Reducir las repercusiones ambientales actuales conociendo las mismas a profundidad y diseñando métodos de gestión.



2.4 Definición de los objetivos del Sistema de Gestión Ambiental para efluentes líquidos.

Los objetivos del Sistema de Gestión Ambiental de residuos líquidos sustentan la meta principal de esta monografía, que es la de diseñar un Sistema de Gestión de desechos líquidos para el Laboratorio de Suelos; dichos propósitos son los siguientes:

- Aplicar leyes y parámetros de control de la industria química.
- Determinar los efluentes líquidos originados en los ensayos del Laboratorio de Suelos y verificar si satisfacen sus límites máximos permisibles.
- Definir procesos de gestión ambiental según las necesidades encontradas en el laboratorio.
- Presentar los resultados a las autoridades pertinentes.
- Precisar las conclusiones y recomendaciones del estudio.

2.5 Levantamiento de documentación para el Sistema de Gestión para líquidos.

Este Sistema de Gestión debe estar documentado para que pueda ser revisado o editado; para llevar a cabo dicho registro se tiene que:

- Elaborar un manual que especifique cómo se cumplen las diferentes exigencias establecidas por las normas pertinentes.
- Detallar los procedimientos y explicar las acciones que se indican en el Manual de Gestión Ambiental.
- Llevar un registro que indique a detalle las operaciones relacionadas con el medio ambiente.



2.5.1 Manual de procedimientos.

Un manual de procedimientos es: “Un documento, que se utiliza como una herramienta valiosa de comunicación, donde se divide en forma ordenada la información y/o instrucciones ineludibles para un correcto desempeño del trabajo”. (Vázquez Guillén I. J., 2013); su elaboración tiene como meta abarcar los puntos esenciales antes citados, para el levantamiento de la documentación del Sistema de Gestión Ambiental -literal 2.5-capítulo II-. Dicho sumario contendrá los siguientes temas:

- Procedimiento para el manejo de efluentes líquidos.
- Procedimiento de comunicación interna y externa.
- Procedimiento de capacitación.
- Procedimiento de auditorías.

El manual es el resultado final del presente trabajo de grado, por lo mismo se lo diseñó luego de efectuada la parte experimental (Véase literal 4.5).

2.5.1.1 Definiciones.

Para comprender la terminología del manual antes mencionado se citan a continuación las siguientes definiciones básicas que se emplean, a menudo en gestión ambiental:

Accidente: Suceso fortuito, inesperado y en su mayoría desagradable; lesión accidental en el trabajo. (L.N.S., 2004)

Acción correctiva: Tarea específica, que permita mejorar una operación. (Vázquez Guillén I. J., 2013)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Auditoría: Examen ordenado, con el fin de saber si las acciones y los resultados relacionados satisfacen las normativas preestablecidas, y si estas disposiciones son instauradas en forma efectiva y son oportunas para la instrumentación de la política. (Vázquez Guillén I. J., 2013)

Capacitación: Servicio que se brinda para enseñar, preparar o mejorar los conocimientos de los actores del Sistema de Gestión de efluentes líquidos.

Caracterización de un desecho: Proceso destinado a la comprensión integral de las propiedades estadísticamente confiables del desecho, integrado por la toma de muestras, e identificación de los componentes físicos y químicos, para este caso de estudio. (Ministerio del Ambiente, 2005)

Comité: Grupo de personas escogidas para resolver, mantener o atender el Sistema de Gestión. (L.N.S., 2004)

Derrame: Acumulación anormal y fortuita de un líquido fuera del recipiente que lo contiene. (L.N.S., 2004)

Desecho Peligroso: Los desechos: sólido, líquido o gaseoso; resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo; que contengan algún compuesto con tipologías: reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas o tóxicas; que represente un riesgo para la salud humana, los recursos humanos, naturales y del ambiente. (Vázquez Guillén I. J., 2013)

Efluente líquido: Residuo líquido (desecho líquido, desperdicio líquido o agua residual) de un proceso u operación, llevada a cabo en un laboratorio.

Evaluación de Riesgo: Proceso global de estimación de la magnitud del riesgo y concluye si este es significativo o no. (Vázquez Guillén I. J., 2013)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Impacto ambiental: Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades y servicios de una organización. (Escuela Universitaria politécnica de Donostia-San Sebastián, 2012)

Implementar: Llevar a cabo, ejecutar o dotar de un servicio en pos de la mejora del Laboratorio de Suelos.

Mejoramiento continuo: Método de reforma o refuerzo para alcanzar el desempeño global del manejo de los residuos líquidos, que estará acorde con la política del sistema y la Facultad de Ciencias Químicas.

Medio Ambiente: Entorno en el cual una organización opera, incluidos: el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. (Escuela Universitaria politécnica de Donostia-San Sebastián, 2012)

No conformidades: Cualquier desviación de las normas de trabajo, prácticas, procedimientos, regulaciones; que pueda llevar, directa o indirectamente a una lesión, un daño a cierta infraestructura o al medioambiente. (Vázquez Guillén I. J., 2013)

Sistema de Gestión: Es el conjunto de actuaciones y disposiciones necesarias para lograr el mantenimiento de un capital suficiente para que la calidad de vida de las personas y el patrimonio natural sean lo más elevados posibles, todo ello dentro del complejo sistema de relaciones sociales y económicas que condicionan ese objetivo. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Sistema de Gestión Ambiental: Es la parte del sistema general que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política ambiental de una organización. (RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES, 2009)

Tratamiento de efluentes: Es el conjunto de pasos mediante los cuales se modifican las propiedades de los residuos o desechos peligrosos, incrementando sus posibilidades de reutilización integral, para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana. (Vázquez Guillén I. J., 2013)



3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

El diagnóstico de la situación actual es primordial, porque permite comparar el estado de los residuos líquidos provocados en el Laboratorio de Suelos con las normas ambientales del TULAS, recurso agua; de esta forma se podrá tener un punto de partida para proponer mejoras posteriores. Dicho diagnóstico se desarrolla de la siguiente manera: generando los desechos líquidos, caracterizándolos y realizando cuadros comparativos con los parámetros de control (Ver ANEXO 2 y ANEXO 3).

3.1 Generación de efluentes líquidos.

Debido a las actividades que se desempeñan en el Laboratorio de Suelos, los desechos líquidos son generados en casi todas las marchas analíticas que se desarrollan; de aquí la importancia de estudiarlos.

Para el avance de esta investigación se consideró trabajar con dos clases de desechos líquidos, el primer género de efluentes se consigue a partir de una muestra de suelo rocoso con características de pH ácido ($\text{pH}=2,8$) y el otro tipo de desechos se alcanza a partir de una muestra de humus con un pH alcalino ($\text{pH}=8,5$); de esta manera una vez consumada la caracterización de estos residuos, se conocerán las fluctuaciones posibles entre los dos tipos de resultados; determinando así las propiedades de las aguas residuales a examinar en el Laboratorio de Suelos, de acuerdo a la zona de pH en la que esté cada muestra de tierra; además los desechos formados, serán una mezcla de dos fases: sólido y líquido.

Para separar los residuos sólidos de los líquidos (propósito de nuestro estudio) se utiliza un filtro Whatman 42 con tamaño de poro de $2,5 \mu\text{m}$, para de esta forma, realizar un pretratamiento físico de filtración; eliminando los sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y la materia flotante; dando como



resultado de los mismos un valor de 0 mg/l y evitando un estudio posterior de estas cuantificaciones.

En los numerales 3.1.1 hasta 3.1.8 se exponen los efluentes líquidos generados en cada una de las determinaciones (el principio de cada método con sus respectivas reacciones se indican en la Tabla N°3- capítulo I; el procedimiento efectuado para cada marcha se encuentra en el ANEXO N°4).

3.1.1 Determinación de pH.

Los residuos líquidos de esta determinación se citan en la tabla N°4.

Tabla N°4

Efluentes líquidos producidos en la determinación del pH de las muestras de suelo.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN DE UNA DETERMINACIÓN (ml)
pH-rocoso-001	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación de pH	20
pH-humus-001	Efluente líquido del humus de la determinación de pH	11
pH-equipo-001	Efluente de lavado del pHmetro	125

Fuente: Elaboración Propia.

Con el propósito de conseguir mayor cantidad de efluentes líquidos se realizaron modificaciones al método expuesto en el ANEXO N°4, variando el volumen de muestra y KCl, utilizando esta vez:



- 15ml de muestra y 15ml de KCl.
- 50ml de muestra y 50ml de KCl.
- Dilución 5/1, empleando 50ml de suelo y 250ml de KCl 1N.

De estas tres metodologías alternativas se obtienen los siguientes resultados, observar lo expuesto en la Tabla N°5.

Tabla N°5

Residuos líquidos ocasionados en la determinación del pH con diferentes volúmenes de muestra.

CÓDIGO	VOLUMEN UTILIZANDO 15ml DE MUESTRA (ml)	VOLUMEN UTILIZANDO 50ml DE MUESTRA (ml)	VOLUMEN CON DILUCIÓN 5/1 (ml)
pH-rocoso-001	5	28	220
pH-humus-001	3	8,5	197
pH-equipo-001	60	70	37

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°4 se pretende demostrar la hipótesis del presente estudio, que es el de minimizar desechos líquidos, para cumplir este cometido se aprovecha la variedad de volúmenes de muestra manipulados en el análisis del pH y la cantidad de efluente producido por cada uno de ellos.

Figura N°4

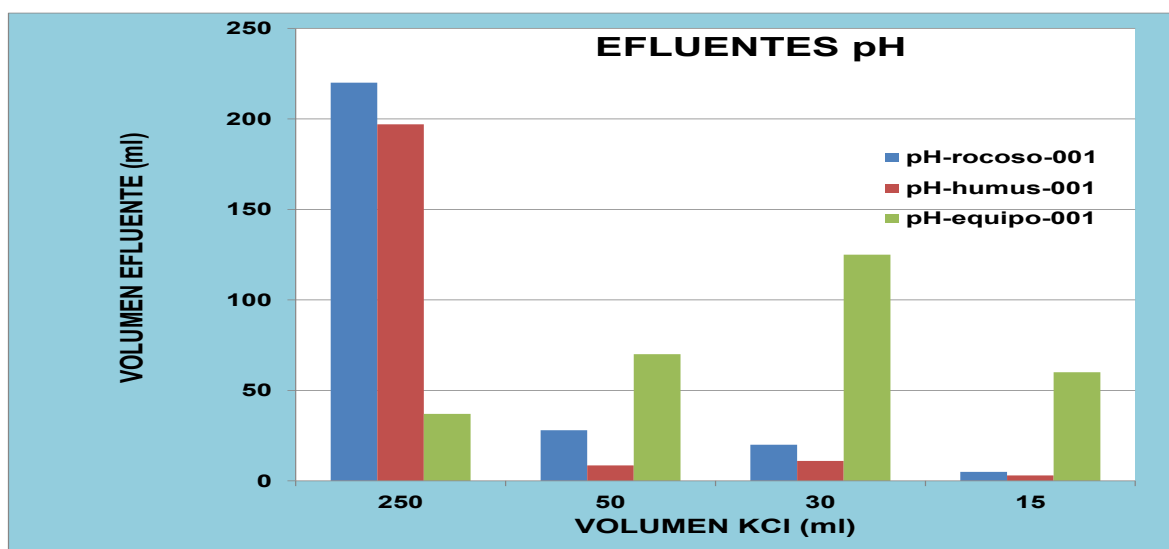


Figura 4. Gráfico comparativo de los residuos líquidos del pH.

Fuente: Elaboración Propia.

En este gráfico se puede destacar:

- Que con la misma cantidad de cloruro de potasio usado, se logra mayor volumen de residuo líquido rocoso que de humus.
- Se demuestra que es posible la reducción del efluente del equipo (pH-equipa-001).
- Las cantidades de desechos líquidos: rocoso y humus, aumentan a medida que se maneja mayor cantidad de KCl y muestra.



3.1.2 Determinación de potasio:

Los efluentes líquidos originados se presentan en la tabla N°6.

Tabla N°6

Desechos líquidos provocados en la determinación del potasio en suelos.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN DE UNA MARCHA (ml)
K-equipa-002	Efluente líquido obtenido del lavado del espectrómetro de las lecturas del humus y el suelo rocoso de la determinación del potasio	92
K-estándar-002	Efluente de los estándares de la determinación del potasio	525
K-rocoso-002	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del potasio	97
K-humus-002	Efluente líquido del humus de la determinación del potasio	280

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3 Determinación de la capacidad de intercambio catiónico.

Realizando esta determinación se produjeron los siguientes desechos (Obsérvese Tabla N°7):



Tabla N°7

Desechos líquidos ocasionados en la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN (ml)
CIC-equipos-003	Efluente del lavado del espectrómetro de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	224
CIC-estándar-003	Efluente de los estándares de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	590
CIC-rocoso-003	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	611
CIC-humus-003	Efluente líquido del humus de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	608

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4 Determinación de la materia orgánica.

En esta determinación no se generaron residuos líquidos, puesto que se evaporaron los mismos en la hornilla y solo quedaron desechos sólidos.



3.1.5 Determinación del fósforo.

Este proceso de análisis del fósforo en suelos generó los siguientes desechos líquidos (Ver Tabla N°8):

Tabla N°8

Residuos líquidos obtenidos en la determinación del fósforo.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN (ml)
P-estándar-004	Efluente de los estándares de la determinación del fósforo	450
P-rocoso-004	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del fósforo	189
P-humus-004	Efluente líquido del humus de la determinación del fósforo	188

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.6 Determinación de la conductividad eléctrica.

Para esta determinación se procede del mismo modo que para el análisis del pH, utilizando los mismos reactivos, la misma cantidad de muestra; solo que se realiza la medición con el pHmetro se emplea el conductímetro, de tal forma que los efluentes provocados en esta marcha son exactamente iguales a los de la determinación del pH, es por esto que al estudiar los desechos del análisis del pH, se está haciendo lo propio con los residuos líquidos de la conductividad eléctrica también.



3.1.7 Determinación del nitrógeno total.

Los efluentes formados se detallan en la Tabla N°9:

Tabla N°9

Desechos líquidos producidos en el método del nitrógeno total.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN (ml)
N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	359
N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	364

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se puede observar el equipo usado para el proceso de digestión del nitrógeno total (Fotografía N°2); se consideró apropiado colocar esta fotografía porque este aparato se emplea, tanto para el nitrógeno total, como para el nitrógeno amoniacal; en la generación de efluentes y en su caracterización.

Fotografía N°2

Digestión en el equipo Kjeldahl durante la generación de desechos líquidos mediante el método de nitrógeno total.



Fuente: El Autor.

3.1.8 Determinación del nitrógeno amoniacal.

Los residuos líquidos producidos se encuentran en la tabla N°10:

Tabla N°10

Desechos líquidos producidos en el método del nitrógeno amoniacal.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN (ml)
N ₂ NH ₃ -rocoso-006	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno amoniacal	245
N ₂ NH ₃ -humus-006	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno amoniacal	256

Fuente: Elaboración Propia.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Una vez obtenidos todos los desechos líquidos, estos se guardarán en envases desechables y serán puestos en refrigeración, hasta ser requeridos para los análisis de caracterización. Los recipientes antes de ser utilizados fueron sometidos a una fase de limpieza -la misma que se la detalla en el manual de procedimientos, capítulo IV, inciso 4.5-. En la fotografía N°3 se pueden ver todos los residuos líquidos mencionados, colocados en material de vidrio antes de ser caracterizados.

Fotografía N°3

Efluentes líquidos generados en el laboratorio de Suelos.



Fuente: El Autor.



3.2 Caracterización físico-química de los efluentes del Laboratorio de Suelos según los métodos ofertados.

La caracterización de los residuos líquidos es muy importante, porque en base a esto se establecerán los posibles tratamientos de remediación para reducir el impacto ambiental de dichos desperdicios producidos en el Laboratorio de Suelos; cabe reiterar que sirve también para constatar si se cumplen o no los límites de vertido de cada sustancia a analizar, comparando con la ley ecuatoriana que rige este tema (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002).

Es necesario resaltar, que se ejecutó la caracterización por separado de los efluentes, porque existe la posibilidad que alguno de ellos este dentro del límite de vertido y no sea necesario tratarlo; de esta manera se evita incrementar innecesariamente el volumen del residuo final a remediar.

Los desechos líquidos resultantes de los procesos elaborados en el Laboratorio de Suelos (ver inciso 3.1), fueron evaluados con los parámetros citados en el diseño de tesis previo a la presente investigación, estos son: nitrógeno total, potencial de hidrógeno (pH), sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, carbonatos y fósforo total; además se determinaron otras cuantificaciones presentes en el Tulas (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002), tales como son: cobre, hierro total, material flotante, plomo, sólidos totales, sulfatos y temperatura; finalmente para completar esta investigación se ejecutaron mediciones extras: de conductividad eléctrica, la misma que sirve para encontrar la cantidad de sólidos disueltos en los residuos líquidos; potasio (K) por ser un indicador importante de fertilidad del suelo; magnesio (Mg) y calcio (Ca), puesto que estos dos últimos componen la dureza total de los efluentes líquidos en estudio.



Seguidamente se detalla el método usado para el análisis de cada uno de los parámetros antes expuestos:

3.2.1 Análisis de nitrógeno total.

Se lleva a cabo este método de la siguiente forma:

- Tomar una alícuota de 20ml de la digestión hecha con H_2SO_4 y selenio (obsérvese ANEXO N°4-marcha de nitrógeno total para suelos-).
- Añadir 3ml de la mezcla Na_2SiO_3 -NaOH (tiosulfato de sodio-hidróxido de sodio) más 0,5ml del reactivo de Nessler.
- Aforar a 50ml y dejar que desarrolle color durante 25min.
- Preparar los patrones de: 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2.
- Leer la transmitancia en el fotocolorímetro a una longitud de onda de 440nm.
- Elaborar la curva con los estándares y hallar la concentración de cada muestra. (Paneque Pérez, 2010)

La concentración de nitrógeno total tomando en cuenta las alícuotas y las veces que se aforó es la siguiente:

$$\text{ppm } N_2T = \frac{50 * \text{Concentración leída}}{20}$$

De donde:

20 = Alícuota de 20ml tomada de la digestión.

50 = Lo que se aforó a 50ml.



3.2.2 Análisis de potencial de hidrógeno (pH).

Para esta marcha se procede de la siguiente forma:

- Introducir el electrodo del pHmetro en cada uno de los envases que contienen los efluentes líquidos.
- Esperar unos pocos segundos hasta que se estabilice la celda del equipo y efectuar la lectura.

3.2.3 Análisis de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y material flotante.

Los desechos líquidos en estudio tendrán un contenido nulo de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y material flotante; debido a que en la separación de residuos líquidos y sólidos se realizó la operación física de filtración con papel Whatman 42.

3.2.4 Análisis de carbonatos.

Para analizar los carbonatos, primero se realizó la prueba cualitativa colocando 5cm³ de muestra más dos gotas de fenolftaleína, si el color del desecho líquido es rosado o violeta, esto indica presencia de carbonatos y se debe efectuar la prueba cuantitativa solo en estos residuos y se da por entendido que en las muestras sobrantes no hay carbonatos.

La marcha cuantitativa se desarrolló de la siguiente forma:

- Titular con H₂SO₄ 0,5N, 10cm³ de muestra más tres gotas de fenolftaleína, se produce el viraje en el momento en que el ácido decolora el efluente.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Titular con naranja de metilo, colocando 10ml de muestra más tres gotas del indicador antes mencionado y dejando caer H_2SO_4 0,5N desde una bureta, hasta que se dé el cambio de color amarillo a naranja (Superintendencia nacional de servicio de saneamiento -Sunass-, 2013).

Encontrar el volumen a aplicar en la ecuación para la concentración de carbonatos, según la Tabla N°11; la misma que se construyó considerando que con la titulación con el naranja de metilo se hallan las cantidades de: carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos; mientras que con la titulación de la fenolftaleína se determina el valor de: hidróxidos y la mitad de carbonatos.

Tabla N°11

Alcalinidad de carbonatos de acuerdo a los volúmenes de ácido empleados en las titulaciones con fenolftaleína (f) y naranja de metilo (T).

RESULTADO DE LA TITULACIÓN (ml)	ALCALINIDAD CARBONATOS (ml)
f=0	0
f<1/2 T	2f
f=1/2 T	2f
f>1/2 T	2(T-f)
f=T	0

Fuente: (Superintendencia nacional de servicio de saneamiento -Sunass-, 2013)

Elaboración: El Autor.



Realizar los cálculos mediante la siguiente ecuación:

$$\text{ppm CO}_3 = \frac{V * N * \text{meq} * 1000 * 1000}{V_{\text{muestra}}}$$

De donde:

V = Volumen calculado de acuerdo a la tabla N°12

N = Normalidad del ácido sulfúrico = 0,5

meq = mili equivalente químico de los carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) = 0,03

V_{muestra} = Volumen de la muestra empleada = 10cm^3

1000 = Para pasar de cm^3 a Litros.

1000 = Para eq a meq.

3.2.5 Análisis de fósforo total.

Se efectúa la siguiente marcha para determinar fósforo total en efluentes líquidos:

- Colocar 25ml de muestra más 0,5ml de H_2SO_4 más 0,2g de persulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$).
- Evaporar en la plancha calefactora a 350°C hasta que quede 10ml de muestra, dejar enfriar.
- Corregir el pH hasta que entre en un rango de 7,5 - 8.
- Aforar a 50ml, tomar una alícuota de 10ml y agregarle 16ml de solución mixta (la preparación de esta solución se indicó en el literal 3.1.5 de este estudio).
- Adicionar 5g de carbón activado, agitar y filtrar con papel Whatman 41.
- Aforar a 100ml; preparar estándares de: 0; 2,5; 5 y 10 ppm.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Leer los resultados en el fotocolorímetro. (SECRETARÍA DE ECONOMIA DNG, 2001)

El contenido de fósforo total considerando las veces que se aforó, viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{ppm P} = \frac{50 \cdot 100 \cdot \text{Concentración leída}}{25 \cdot 10}$$

De donde:

50 = Aforo a 50ml.

100 = Aforo a 100ml.

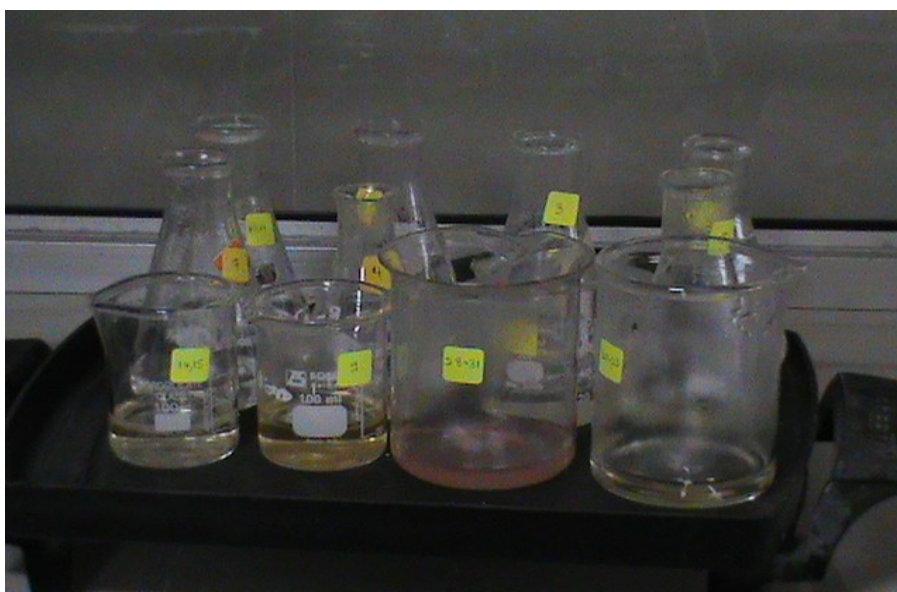
25 = Alícuota de 25ml.

10 = Alícuota de 10ml.

En la fotografía N°4 se observa la evaporación de los desechos líquidos en la plancha calefactora; esta operación es de vital importancia, porque si se permiten la formación de cristales, se estará perdiendo cantidad de fósforo total que derivará en una merma cuantitativa de este elemento.

Fotografía N°4

Evaporación de los residuos líquidos en la plancha calefactora durante el análisis del fósforo total.



Fuente: El Autor.

3.2.6 Análisis de cobre (Cu), hierro total (Fe), plomo (Pb), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca).

Para analizar estos cationes se lleva a cabo el siguiente proceso:

- Medir 25ml de muestra y adicionar 5ml de HNO_3 concentrado.
- Calentar hasta digestión en la estufa a 350°C , pero sin dejar que se formen cristales porque se pierden parte de los cationes.
- Esperar que se enfríen las muestras y aforar a 100ml.



- Elaborar los estándares de cada elemento a medir, calibrar el espectrómetro de absorción y finalmente efectuar las lecturas. (Paneque Pérez, 2010)

A continuación en la tabla N°12 se colocan los diferentes patrones que se manipularon para cada elemento:

Tabla N°12

Estándares utilizados para cada catión en la caracterización de efluentes líquidos.

NOMBRE	SÍMBOLO	ESTÁNDAR UTILIZADO (ppm)
Calcio	Ca	0; 2,5 y 5
Magnesio	Mg	0,5
Potasio	K	0; 1; 3 y 5
Plomo	Pb	0; 2,5; 5; 10 y 20
Hierro	Fe	0; 1; 2; 3; 4 y 5
Cobre	Cu	0; 1; 2; 3; 4 y 5

Fuente: Elaboración Propia.

Para encontrar la concentración total de cada catión tomando en cuenta las veces que se tomaron alícuotas y se aforó, se presenta el siguiente modelo matemático:

$$\text{ppm Catión} = \frac{100 * \text{Concentración leída}}{25}$$

100 = Se aforó a 100ml.

25 = Alícuota de 25ml.



Nota: En el caso del magnesio, no se pudieron concretar sus cuantificaciones debido a que este elemento es demasiado inestable, siendo compleja su medición mediante el espectrómetro de absorción.

3.2.7 Análisis de sulfatos.

Para los sulfatos se practica la prueba cualitativa colocando: 5cm³ de muestra más 0,1cm³ de HCl más 1cm³ de BaCl₂ al 10% P/V; si se forma un precipitado de color blanco es que en ese efluente líquido hay sulfatos, de otra manera no los hay; porque los sulfatos al reaccionar con el BaCl₂ forman BaSO₄ de color blanco.

En los desechos líquidos que existen sulfatos, se realizó la caracterización cuantitativa de la siguiente manera:

- 10cm³ de muestra más 0,5cm³ de HCl más 1cm³ de BaCl₂ al 10% P/V
- Filtrar en papel Whatman 42 (El sulfato de bario formado atraviesa el papel Whatman 41) y dejar secar el papel filtro por 24 horas.
- Pasar el papel filtro que contiene el residuo del filtrado a una cápsula de porcelana previamente tarada.
- Dejar secar a una temperatura de 400°C en la mufla por 2 horas.
- Enfriar la muestra en el desecador y pesar, repetir el proceso hasta peso constante.
- Obtener el peso de la muestra por diferencia entre la masa de la cápsula más la muestra al salir del horno y la cápsula vacía. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 1984)

La ecuación empleada para los cálculos es:

$$\text{ppm SO}_4 = \frac{P_{\text{BaSO}_4} \cdot 0,4115 \cdot 1000 \cdot 1000}{V_{\text{muestra}}}$$



De donde:

P_{BaSO_4} = Peso del sulfato de bario obtenido.

$V_{muestra}$ = Volumen de la muestra empleado = 10cm^3 .

0,4115 = $PM_{SO_4}/PM_{BaSO_4} = 96,0626/233,3896$.

1000 = Para convertir de cm^3 a Litros.

1000 = Para convertir de eq a meq.

3.2.8 Análisis de la conductividad eléctrica.

Este análisis se elabora de la siguiente forma:

- Colocar el electrodo y el sensor del conductímetro dentro de cada muestra líquida, el electrodo sirve para medir la conductividad; el sensor para medir la temperatura y hacer la corrección de la conductividad eléctrica.
- Esperar unos segundos hasta que el electrodo y el sensor de temperatura se estabilicen.
- Proceder a la lectura.

3.2.9 Análisis de los sólidos totales.

Los sólidos totales se encuentran: sumando los sólidos totales en suspensión con los sólidos disueltos totales (Paneque Pérez, 2010). Pero para nuestro caso como se eliminaron los sólidos en suspensión totales mediante el papel filtro whatman 42, solo quedó encontrar el valor de los sólidos disueltos totales, los mismos que se hallan multiplicando el valor de la conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$ por 0,6; por lo tanto en los residuos en estudio se obtuvo:



SOLIDOS TOTALES = SOLIDOS DISUELTOS TOTALES

SOLIDOS TOTALES = 0,6* CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Pero como el conductímetro mide la conductividad eléctrica en mS/cm se tiene:

SOLIDOS TOTALES = 600*CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (mS/cm)

3.2.10 Análisis de temperatura.

Con la temperatura no se tuvo ningún inconveniente, puesto que todos los efluentes líquidos que se provocan en el Laboratorio de Suelos se encuentran a temperatura ambiente, pero para mejorar el estudio se tomó la temperatura de trabajo durante 10 días y se calculó la media de estos datos, como se indica en la tabla N°13:

Tabla N°13

Datos de temperatura de trabajo.

DÍA	TEMPERATURA (°C)
1	13
2	15
3	18
4	17
5	15
6	17
7	14
8	18



UNIVERSIDAD DE CUENCA

9	16
10	17
TEMPERATURA PROMEDIO	16

Fuente: Elaboración Propia.

3.3 Definición de los parámetros ambientales de descarga.

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

El regulado (El Laboratorio de Suelos para este caso) deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del residuo, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los desechos, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor, es mandato que el caudal reportado de las aguas residuales generadas sea respaldado con datos de producción. (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

El organismo que es controlado (El Laboratorio de Suelos para este estudio) debe cumplir los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua (ANEXO 2 Y ANEXO 3), pudiendo liberar sus efluentes en cualquiera de los dos cuerpos mencionados siempre y cuando se cumplan con dichos parámetros. (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los desechos líquidos no tratados, se restringe toda descarga de residuos



UNIVERSIDAD DE CUENCA

líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Se impide la descarga de efluentes hacia cuerpos de agua severamente contaminados, es decir aquellos cuerpos de agua que presentan una capacidad de dilución nula o cercana a cero. (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

3.4 Contenido de cada residuo líquido.

Se elaboraron cuadros que indican el contenido de cada uno de los efluentes líquidos, en donde están presentes los resultados de los parámetros en estudio, colocando con rojo los valores que se salen de rango según la norma nacional de descarga al alcantarillado (ANEXO 2), no se comparó con los límites de vertido hacia un cuerpo de agua dulce (ANEXO 3) porque estos son más exigentes que para el desagüe municipal; además estas tablas contendrán parámetros adicionales como el potasio y el calcio (Ver literal 3.2).

3.4.1 Desechos líquidos del pH.

De los efluentes citados en la tabla N°4, el residuo pH-equipos-001 no fue caracterizado puesto que contiene las mismas propiedades de los desechos pH-rocoso-001 y pH-humus-001, debido a que dicho desecho es el agua de lavado del pHmetro de las mediciones que se practicaron a los residuos líquidos del suelo rocoso y humus.



Tabla N°14

Contenido del efluente pH-rocoso-001.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		248
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		86,85
Fósforo Total	P	mg/l	15	0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	1,2
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	65
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potasio	K	mg/l		3280
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	2,7
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	52110
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°15

Composición del residuo pH-humus-001.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		248
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,4
Conductividad eléctrica		mS/cm		97,08
Fósforo Total	P	mg/l	15	120
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,8
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	85,4
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		3120
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	7,4
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	58248
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



3.4.2 Desechos líquidos del potasio.

Por razones de estudio se juntaron los residuos K-equipos-002 y K-estándar-002 de la tabla N°6, para formar el desecho K-eqest-002 que es la unión: del efluente de los estándares y del lavado del equipo del presente análisis.

Tabla N°16

Desecho líquido K-eqest-002.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible *	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		4,8
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		1,146
Fósforo Total	P	mg/l	15	72
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	210,4
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		0,8
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	4,3
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	687,6
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.

Tabla N°17
Composición efluente líquido K-rocoso-002.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		10
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		48,75
Fósforo Total	P	mg/l	15	78
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	154,2
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potasio	K	mg/l		0,8
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	6,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible *	Efluente líquido
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	29250
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.

Tabla N°18
Componentes del residuo líquido K-humus-002.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible *	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		60
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		17,9
Fósforo Total	P	mg/l	15	36
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,4
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	25,8
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Potasio	K	mg/l		7,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	6,3
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	10740
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.

3.4.3 Desechos líquidos de la capacidad de intercambio catiónico.

Se juntaron los efluentes líquidos de la tabla N°7 del espectrómetro y los estándares (CIC-equip-003 y CIC-estándar-003) para simplificar su caracterización y contar con mayor volumen de muestra, dando origen al residuo CIC-eqest-003.



Tabla N°19

Residuo líquido CIC-eqest-003.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		7
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		1,47
Fósforo Total	P	mg/l	15	0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,4
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	183,3
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		160
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	6,3
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	882
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°20

Composición del residuo CIC-rocoso-003.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		10,8
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		20,71
Fósforo Total	P	mg/l	15	2
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,4
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	150
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		52
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	6,4
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	12426
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°21

Características del desecho CIC-humus-003.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		84
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		19,73
Fósforo Total	P	mg/l	15	276
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,8
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	41,7
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,4
Potasio	K	mg/l		48
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	6,7
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	11838
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	0
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



3.4.4 Desechos líquidos del fósforo.

Tabla N°22
Constituyentes del efluente P-estándar-004.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		0
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		88,62
Fósforo Total	P	mg/l	15	78
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,8
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	33,3
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		0,8
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	0
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	53172
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	3022,3
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°23

Desecho líquido P-rocoso-004.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		17,6
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		27,42
Fósforo Total	P	mg/l	15	4
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,8
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	216,7
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		40
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	0
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	16452
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	2915,4
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°24

Residuo líquido P-humus-004.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		28
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	0
Conductividad eléctrica		mS/cm		24,79
Fósforo Total	P	mg/l	15	170
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	1,2
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	170,8
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0
Potasio	K	mg/l		36
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	0
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	14874
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	2272,5
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



3.4.5 Desechos líquidos del nitrógeno total.

Tabla N°25
Efluente N₂T-rocoso-005.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible *	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		112
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	36000
Cobre	Cu	mg/l	1,0	160
Conductividad eléctrica		mS/cm		132,1
Fósforo Total	P	mg/l	15	308
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	44
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	106,3
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potasio	K	mg/l		84
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	14
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	79260
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	3113,9
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°26

Constituyentes del residuo N₂T-humus-005.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		38
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	27300
Cobre	Cu	mg/l	1,0	144
Conductividad eléctrica		mS/cm		134,6
Fósforo Total	P	mg/l	15	92
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	60
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	291,7
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,4
Potasio	K	mg/l		200
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	14
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	80760
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	11449,4
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



3.4.6 Desechos líquidos del nitrógeno amoniacal.

Tabla N°27

Composición del residuo N₂NH₃-rocoso-006.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible *	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		34,4
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	32100
Cobre	Cu	mg/l	1,0	2
Conductividad eléctrica		mS/cm		324,4
Fósforo Total	P	mg/l	15	60
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,8
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	33,3
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potasio	K	mg/l		628,4
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	14
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	194640
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	1659,8
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



Tabla N°28

Efluente líquido N₂NH₃-humus-006.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible*	Efluente líquido
Calcio	Ca	mg/l		24
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1	63000
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,6
Conductividad eléctrica		mS/cm		337,57
Fósforo Total	P	mg/l	15	244
Hierro total	Fe	mg/l	25,0	0,8
Materia flotante	Visible		0	0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40	59,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,4
Potasio	K	mg/l		560
Potencial de hidrógeno	pH		5-9	14
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220	0
Sólidos totales		mg/l	1 600	202542
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400	592,7
Temperatura	°C		< 40	16

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.



3.5 Clasificación de efluentes líquidos.

Los residuos líquidos se pueden agrupar de varias formas, para este estudio se ha creído conveniente realizar la categorización por su peligrosidad y por los métodos de tratamiento.

3.5.1. Clasificación por peligrosidad.

En este punto se ubican los efluentes que provoquen peligrosidad dentro del laboratorio y al ambiente en general.

Tóxicos: Son los que tienen sustancias capaces de causar la muerte o provocar efectos nocivos en la salud de la población, en la flora o en la fauna, que varían en características y grado de contaminación de acuerdo con las formas e inestabilidades de la exposición. (Universidad de Santander, 2010)

Corrosivos: Son residuos ácidos o alcalinos con los siguientes rangos de pH: $\text{pH} < 2,0$ o bien $\text{pH} > 12,5$, respectivamente, que pueden reaccionar peligrosamente con otros desechos o provocar la migración de contaminantes tóxicos, o bien que son capaces de corroer el acero a una temperatura de $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una velocidad de $6,35\text{ mm}$ o más por año, con lo cual pueden llegar a fugarse de sus contenedores y liberar otros efluentes. (Universidad de Santander, 2010)

Infeciosos: Pueden provocar enfermedades infecciosas, debido a que en los desechos líquidos del suelo existen cantidades altas de fósforo, potasio y nitrógeno que son factores de proliferación de microorganismos. (Universidad de Santander, 2010)

Según la peligrosidad de los desechos líquidos del Laboratorio de Suelos se ha realizado el siguiente diagrama que resume esta clasificación. (Véase figura N°5)

Figura N°5

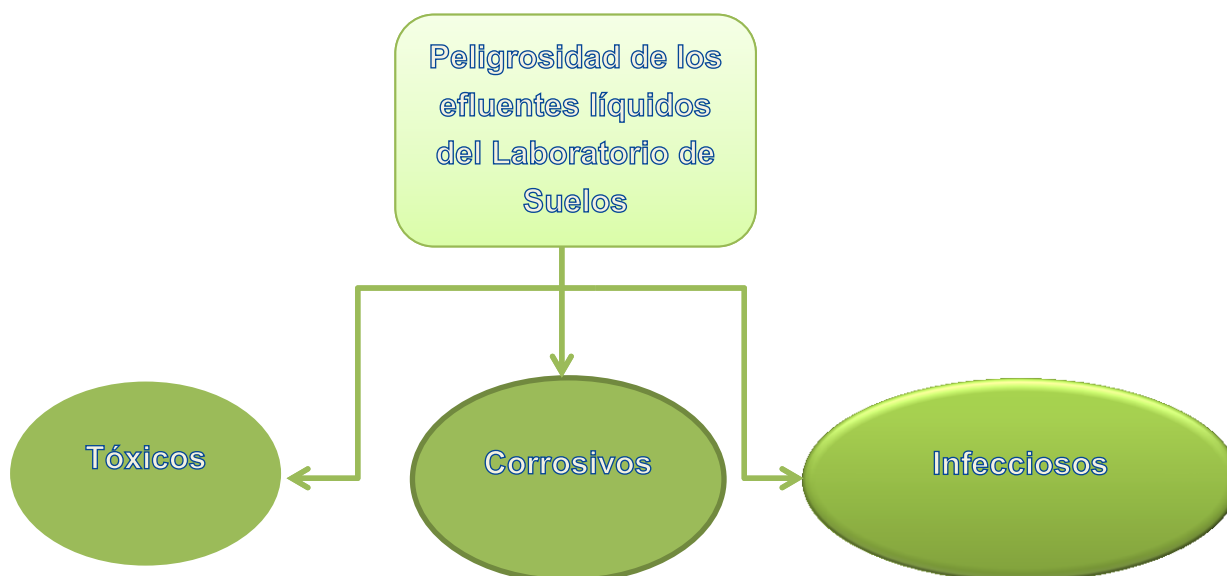


Figura 5. Clasificación de los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos según su peligrosidad.

Fuente: (Universidad de Santander, 2010)

Elaboración: El Autor.

3.5.2. Clasificación por los métodos de tratamiento.

Se han clasificado los desechos líquidos según los métodos de tratamiento que se puedan dar, de acuerdo a las características de los residuos encontrados en el inciso 3.4 de este capítulo. Todos los planes de remediación se hallan detallados en el capítulo IV.

Elementos separables por precipitación: Metales tóxicos y metales pesados, como son: Fe, Cu y Pb, los mismos que pueden precipitar en una cierta zona de PH, por adición de Ca^{++} . (Castro, 2009)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ácidos y bases: Los efluentes líquidos básicos y ácidos, es decir los que tienen pH diferente de 7. Estas sustancias se tratan mediante neutralización, como se indica en el capítulo siguiente en el literal 4.2.1. (Castro, 2009)

Elementos que pueden concentrarse por intercambio iónico o por ósmosis inversa: Sales de ácidos y de bases fuertes; compuestos orgánicos ionizados, los cuales pueden ser separados por intercambio iónico; compuestos orgánicos no ionizados, a los que se les puede aplicar ósmosis inversa. (Castro, 2009)

En base a esto se plantea la Figura N°6 con la categorización de los desechos líquidos según su método de tratamiento posterior a su caracterización.

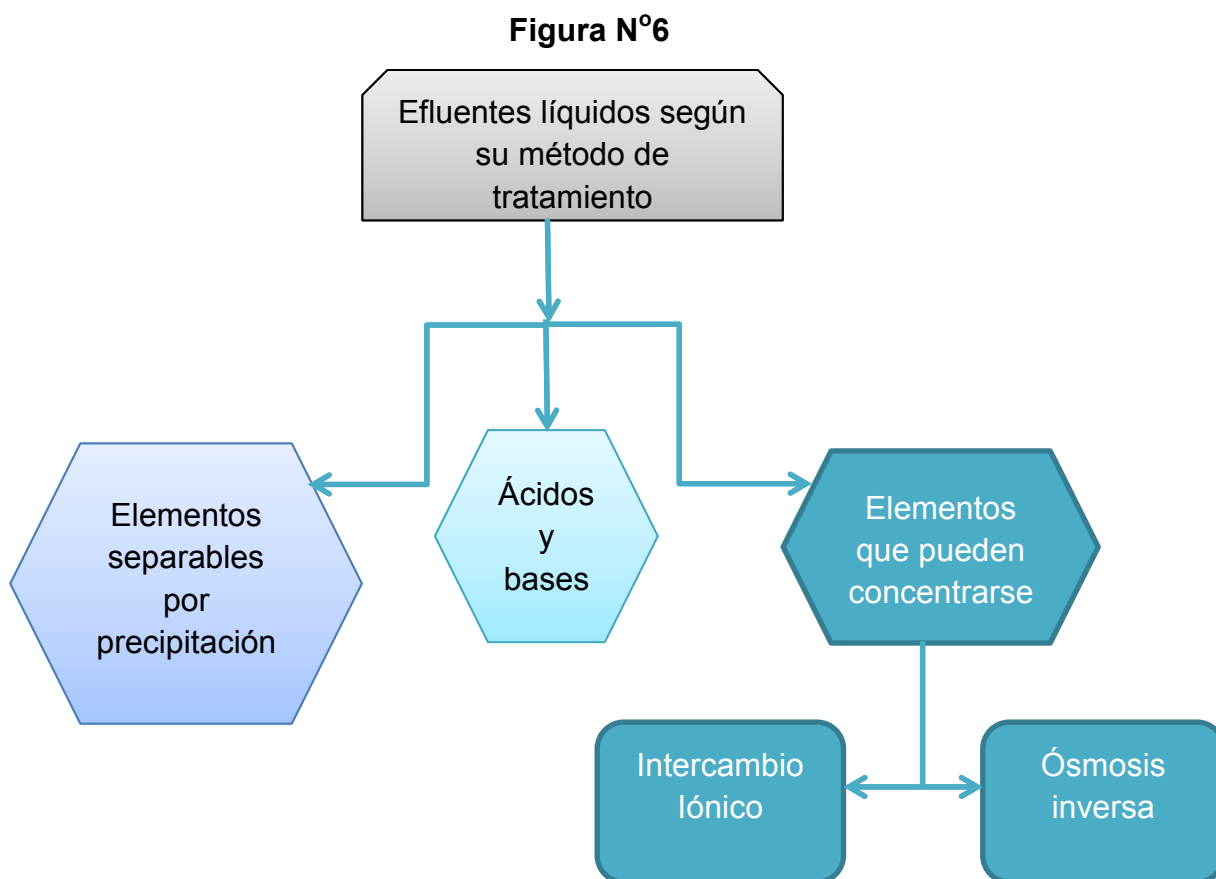


Figura 6. Categorización de los residuos líquidos según su tratamiento.

Fuente: (Castro, 2009)

Elaboración: El Autor.

3.6 Definición de impactos producidos en el laboratorio.

Los residuos líquidos del Laboratorio de Suelos antes de ser sometidos a los tratamientos que se detallan en el Capítulo IV, producen los impactos que se indican en la siguiente figura:

Figura N°7

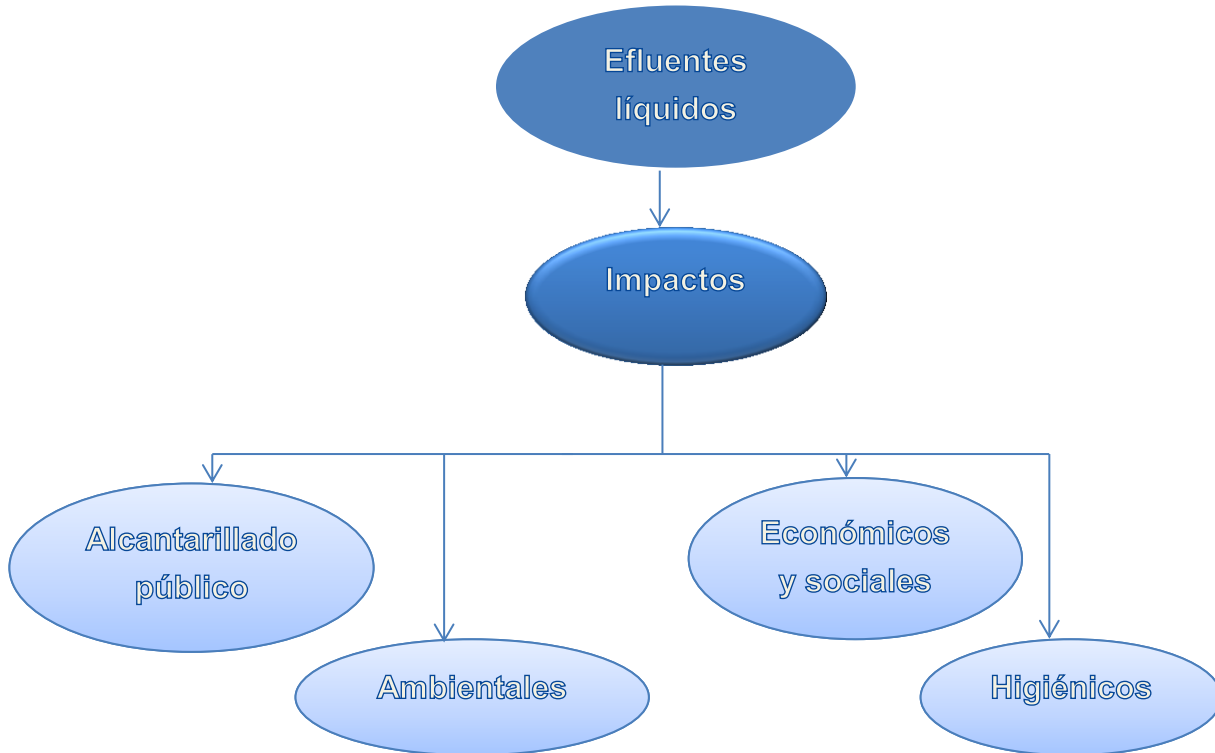


Figura 7. Elementos que sufren el impacto de las aguas residuales del laboratorio de Suelos.

Elaboración: El Autor.

Impacto que los efluentes líquidos producen en el sistema de alcantarillado público.

Los componentes que están presentes en los desechos líquidos del laboratorio generan reacciones químicas que dañan las tuberías, de la siguiente manera:



- La presencia de aguas residuales ácidas producidas en las determinaciones del Laboratorio de Suelos, provocan corrosión en las tuberías que a la larga ocasionarán perforaciones en las mismas (Castro, 2009) , estos efluentes con pH inferior a 2 son los siguientes:

Tabla N°29

Efluentes líquidos que provocan corrosión por acidez en tuberías.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	pH
P-estándar-004	Efluente líquido del estándar de la determinación del fósforo	0
P-rocoso-004	Efluente líquido rocoso de la determinación del fósforo	0
P-humus-004	Efluente líquido del humus de la determinación del fósforo	0

Fuente: Elaboración Propia.

- Los desechos líquidos alcalinos suscitan la precipitación de sales insolubles que forman las costras e incrustaciones, dañando las cañerías y reduciendo su diámetro efectivo (Castro, 2009); los desperdicios que causan este efecto tienen pH mayor a 12,5 y son los siguientes:



Tabla N°30

Residuos líquidos que causan incrustaciones en las cañerías.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	pH
N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	14
N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	14
N ₂ NH ₃ -rocoso-006	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno amoniacal	14
N ₂ NH ₃ -humus-006	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno amoniacal	14

Fuente: Elaboración Propia.

- La concentración de sulfatos, cuando sobrepasa los 300 mg/l origina un ataque al hormigón por medio de los aluminosilicatos de calcio, formando sulfoaluminatos que aumentan de volumen y fisuran el conducto (Castro, 2009), los efluentes líquidos del laboratorio que suscitan este impacto son:



Tabla N°31

Desechos líquidos que atacan el hormigón por concentraciones altas de sulfatos.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN (mg/l)
P-estándar-004	Efluente líquido del estándar de la determinación del fósforo total	3022,3
P-rocoso-004	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del fósforo total	2915,4
P-humus-004	Efluente líquido del humus de la determinación del fósforo total	2272,5
N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	3113,9
N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	11449,4
N ₂ NH ₃ -rocoso-006	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno amoniacal	1659,8
N ₂ NH ₃ -humus-006	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno amoniacal	592,7

Fuente: Elaboración Propia.



Impacto ambiental de los residuos líquidos.

El impacto ambiental es: el efecto que ocasiona una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos (Valdez, 2010), para este caso se trabajará con el impacto causado por los efluentes líquidos.

La evaluación de este efecto ambiental es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción; la declaración de dicho impacto es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación. (Valdez, 2010)

El principal inconveniente ambiental que producen los desechos líquidos del Laboratorio de Suelos es la toxicidad de algunos de sus componentes, como los metales pesados y tóxicos (Fe, Cu y Pb) que exceden los límites permisibles, estos desperdicios son:

Tabla N°32

Desechos líquidos que ocasionan toxicidad por concentraciones altas de cobre.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN (mg/l)
pH-humus-001	Efluente líquido del humus de la determinación del pH	1,4
N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	160
N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	144



N ₂ NH ₃ -rocoso-006	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno amoniacal	2
N ₂ NH ₃ -humus-006	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno amoniacal	1,6

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°33

Residuos líquidos que generan toxicidad por concentraciones altas de hierro.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN (mg/l)
N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	44
N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	60

Fuente: Elaboración Propia.

El plomo no sobrepasa las concentraciones admisibles, por lo tanto no genera mayores perjuicios al ambiente.

Otro inconveniente ambiental que origina los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos, es que a mayores concentraciones de sus elementos, aumentará la posibilidad de provocar una enfermedad profesional a las personas que laboran en dicho laboratorio.



Impacto económico y social.

En este aspecto mientras mayores cantidades y concentraciones de sustancias contengan los residuos, más costosos serán sus procesos de remediación y será más complicado reutilizar estos desechos para otros procesos de análisis.

Al tener valores superiores a los límites admisibles de descarga no se podrán desechar los residuos líquidos al sistema de alcantarillado público para evitar multas y sanciones de las autoridades pertinentes. Revisar el inciso 3.4 para ver las aguas residuales que necesitan tratamiento para ser desechados y en que parámetros se requiere esta operación (las cantidades que están con rojo no cumplen los límites de liberación hacia el drenaje de la ley ecuatoriana).

Impacto Higiénico.

Al tener un contenido alto de nitrógeno, fósforo y potasio en los efluentes líquidos, se facilitará el incremento de colonias de microorganismos en los mismos, aumentando la probabilidad de contraer enfermedades en caso de no efectuar una manipulación correcta de estas sustancias. A continuación se presentarán en las tablas siguientes (Tabla N°34 y Tabla N°35) las aguas residuales que superan los límites ecuatorianos permisibles de descarga de nitrógeno y fósforo hacia el alcantarillado (Obsérvese ANEXO 2), en el caso del potasio pese a que las aguas residuales tienen un contenido alto de este metal, no se colocará un cuadro del mismo porque no existe límite permisible de descarga en el Ecuador de este elemento.



Tabla N°34

Aguas residuales que originan impacto higiénico por concentraciones altas de fósforo.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN (mg/l)
pH-humus-001	Efluente líquido del humus de la determinación del pH	120
K-eqest-002	Efluente líquido de lavado del equipo y estándares de la determinación del potasio	72
K-rocoso-002	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del potasio	78
K-humus-002	Efluente líquido del humus de la determinación del potasio	36
CIC-humus-003	Efluente líquido del humus de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	276
P-estándar-004	Residuo líquido del estándar de la determinación del fósforo total	78
P-humus-004	Efluente líquido del humus de la determinación del fósforo total	170



N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	308
N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	92
N ₂ NH ₃ -rocoso-006	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno amoniacal	60
N ₂ NH ₃ -humus-006	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno amoniacal	244

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°35

Desechos líquidos que producen impacto higiénico por concentraciones elevadas de nitrógeno.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN (mg/l)
pH-rocoso-001	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del pH	65
pH-humus-001	Efluente líquido del humus de la determinación del pH	85,4
K-eqest-002	Efluente líquido de lavado del equipo y estándares de	210,4



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	la determinación del potasio	
K-rocoso-002	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del potasio	154,2
CIC-eqest-003	Efluente líquido de lavado del equipo y estándares de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	183,3
CIC-rocoso-003	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	150
CIC-humus-003	Efluente líquido del humus de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico	41,7
P-rocoso-004	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del fósforo total	216,7
P-humus-004	Efluente líquido del humus de la determinación del fósforo total	170,8
N ₂ T-rocoso-005	Efluente líquido del suelo rocoso de la determinación del nitrógeno total	106,3



N ₂ T-humus-005	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno total	291,7
N ₂ NH ₃ -humus-006	Efluente líquido del humus de la determinación del nitrógeno amoniacal	59,5

Fuente: Elaboración Propia.

3.7 Tabla resumen de los impactos ocasionados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas.

En la siguiente tabla se resumen los impactos que se hallaron en el Laboratorio de Suelos.

Tabla N°36

Resumen de impactos ocasionados en el Laboratorio de Suelos.

CÓDIGO	IMPACTOS
pH-rocoso-001	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
pH-humus-001	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad por concentración elevada de cobre. • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo. • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
K-eqest-002	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo.



	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
K-rocoso-002	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo. • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
K-humus-002	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo.
CIC-eqest-003	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
CIC-rocoso-003	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
CIC-humus-003	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo. • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
P-estándar-004	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión por acidez en tuberías. • Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos. • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo.
P-rocoso-004	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión por acidez en tuberías. • Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos. • Impacto higiénico por concentración elevada de



	<p>nitrógeno.</p>
P-humus-004	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión por acidez en tuberías. • Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos. • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo. • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
N ₂ T-rocoso-005	<ul style="list-style-type: none"> • Incrustaciones por alcalinidad en cañerías. • Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos. • Toxicidad por concentración elevada de cobre. • Toxicidad por concentración elevada de hierro. • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo. • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.
N ₂ T-humus-005	<ul style="list-style-type: none"> • Incrustaciones por alcalinidad en cañerías. • Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos. • Toxicidad por concentración elevada de cobre. • Toxicidad por concentración elevada de hierro. • Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo. • Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

N_2NH_3 -rocoso-006	<ul style="list-style-type: none">• Incrustaciones por alcalinidad en cañerías.• Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos.• Toxicidad por concentración elevada de cobre.• Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo.
N_2NH_3 -humus-006	<ul style="list-style-type: none">• Incrustaciones por alcalinidad en cañerías.• Ataque al hormigón por concentración elevada de sulfatos.• Toxicidad por concentración elevada de cobre.• Impacto higiénico por concentración elevada de fósforo.• Impacto higiénico por concentración elevada de nitrógeno.

Fuente: Elaboración Propia.



4. ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS.

Existen distintas alternativas para gestionar residuos líquidos, pero las principales soluciones son:

- Modificación de operaciones y procesos en los laboratorios, compatibles con la elaboración y calidad de los productos a alcanzar, con el objeto de disminuir o minimizar los volúmenes de los desperdicios líquidos.
- Tratamiento de los residuos por métodos físicos, químicos y biológicos, con el fin de reducir las concentraciones de los parámetros en estudio hasta los límites fijados por las reglamentaciones vigentes.
- Aprovechamiento integral o parcial de los efluentes para recuperar productos valiosos, que ofrezcan alguna rentabilidad interesante. (Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología, 2006)

En lo concerniente al presente trabajo, además de tomar conciencia en la minimización de efluentes, se emplearán métodos de tratamientos físicos y químicos, para contrarrestar los efectos que producen los residuos líquidos; en primer lugar se definirán las técnicas más adecuadas para esta tesis y finalmente se elegirá uno de ellos como el proceso idóneo, analizando también las repercusiones que esta metodología escogida de remediación tendría, tanto positivamente como negativamente.

4.1 Tratamientos físicos.

Dentro de los tratamientos físicos se encuentran los básicos que se efectúan en cualquier plan de remediación (sedimentación y filtración), más aún cuando se requiere trabajar con desechos líquidos libres de sólidos.



4.1.1 Sedimentación.

La sedimentación es un método físico de separación que se maneja en procesos de aguas residuales, para aislar los sólidos en suspensión de las mismas, la eliminación de las materias mediante esta operación se basa en la diferencia de peso específico, entre las partículas sólidas y el líquido en donde se encuentran. (Ramalho, 2003)

Tipos de sedimentación: existen tres formas de sedimentación dependiendo de la naturaleza de los sólidos en suspensión presentes; estos mecanismos son las siguientes: sedimentación discreta, sedimentación con floculación y sedimentación por zonas. (Ramalho, 2003)

Para esta tesis se va a aplicar la sedimentación discreta, por tal motivo se va a definir la misma:

Sedimentación discreta: Las partículas que se depositan mantienen su individualidad, es decir no se someten a un proceso de coalescencia con otras, en este caso, conservan las propiedades físicas de las mismas (tamaño, forma, peso específico) no cambian durante el proceso. (Ramalho, 2003)

4.1.2 Filtración.

Se denomina filtración al proceso de separación de partículas sólidas de un líquido, utilizando un material poroso –filtro-. La técnica consiste en verter la mezcla sólido-líquido que se quiere tratar sobre un medio filtrante que permita el paso del líquido; pero que retenga las partículas sólidas, el residuo líquido que atraviesa el filtro se denomina filtrado. (Operaciones básicas en el laboratorio de Química, 2014)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El filtro en el laboratorio suele ser papel poroso, por esta razón hay que seleccionar la porosidad del mismo, según el diámetro de las sustancias que se quieren separar; en esta monografía se empleó papel whatman 42. (Ver propiedades de este filtro en el apartado 3.1)

Según la fuerza impulsora que ayuda a que el efluente líquido pase a través del filtro, esta acción se clasifica en:

- Filtración por gravedad.
- Filtración al vacío. (Operaciones básicas en el laboratorio de Química, 2014)

Para este caso de estudio se describirá la filtración por gravedad, porque es la practicada en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas.

Filtración por gravedad: El objetivo es hacer pasar el desecho sólido-líquido a través del papel poroso y recoger el líquido filtrado, utilizando como fuerza impulsora únicamente la gravedad. Primero se coloca el papel de filtro dentro del embudo y éste se sitúa sobre el recipiente receptor, sostenido por el aro metálico. El filtro se puede mojar con el efluente en proceso que contiene la suspensión; seguidamente se vierte en forma lenta la sustancia sobre el papel con la ayuda de una varilla de vidrio, de forma que no se derrame el contenido; finalmente, las partículas sólidas retenidas en el medio filtrante pueden lavarse con pequeñas porciones del residuo líquido, no se debe enjuagar con agua destilada porque se altera la composición del efluente líquido en estudio. (Operaciones básicas en el laboratorio de Química, 2014)



4.2 Tratamientos químicos.

Dentro de los tratamientos químicos se realiza: primero la neutralización de desechos líquidos para corregir el pH y algunas otras reparaciones relacionadas con esta medición; además se pueden incluir en este apartado métodos terciarios como la oxidación-reducción y precipitación.

4.2.1 Neutralización.

En este trabajo de investigación la neutralización en la fase de depuración de aguas residuales se aplica antes de descargar al alcantarillado municipal, primeramente por ser de interés para la ejecución de la presente tesis que se proceda de esta manera y segundo porque es más económico hacer una neutralización de las corrientes de desechos líquidos, antes de descargar en el alcantarillado, que intentar realizarla con mayores volúmenes de los efluentes mixtos combinados domésticos, industriales, laboratorios y de otras procedencias.

Los métodos de neutralización de aguas residuales son los siguientes:

4.2.1.1 Homogenización.

La homogenización consiste en mezclar los residuos líquidos, algunos de los cuales son ácidos y otros alcalinos; dicho proceso se efectúa en recipientes si se trata de volúmenes pequeños o en tanques de homogenización, cuando se trabaja con cantidades mayores; esta metodología es ideal para trabajar con flujos relativamente constantes. (Ramalho, 2003)



4.2.1.2 Control directo de pH.

El control directo de pH se fundamenta en la adición de ácidos o bases, según sea el caso para contrarrestar efluentes líquidos alcalinos o ácidos.

Neutralización de aguas residuales ácidas: En este caso normalmente se emplean los siguientes métodos:

- Lechos de caliza.
- Neutralización por cal.
- Neutralización con hidróxido de sodio (NaOH).
- Neutralización por Carbonato de sodio (Na₂CO₃).
- Neutralización con Amoniaco (NH₃).

La neutralización con cal es la más común en la industria; por otra parte el hidróxido de sodio es más caro que la caliza, pero su costo se justifica porque el reactivo es más puro, reacciona más rápido y fundamentalmente el producto de la reacción (las sales de sodio) son solubles. En lo concerniente al carbonato de sodio se puede decir que no es tan reactivo como la sosa cáustica y presenta inconvenientes con la emisión de dióxido de carbono. El uso del amoniaco es muy restringido por la contaminación que causa. (Ramalho, 2003)

Neutralización de efluentes líquidos alcalinos: Para este proceso se aplican todos los ácidos fuertes, pero debido al costo de los reactivos los más comunes son el ácido sulfúrico (H₂SO₄) y el ácido clorhídrico (HCl); además se podrían usar gases residuales que contengan más del 14% de CO₂, porque cuando estos son burbujeados en el efluente líquido, el anhídrido carbónico forma ácido carbónico mediante la siguiente reacción:





Luego el anhídrido carbónico reacciona con los álcalis de una forma lenta pero satisfactoria. (Ramalho, 2003)

4.2.2 Oxidación-Reducción.

Las reacciones químicas de óxido-reducción se aprovechan: para reducir la toxicidad, la solubilidad o para transformar una sustancia en otra más fácilmente manipulable; esta operación mayoritariamente se combina con la precipitación química.

Las reacciones químicas de reducción se destinan en este estudio a tratar plomo, el cual está en el rango admisible, por esto motivo no se detalla este método a profundidad. Los agentes reductores más comunes son el dióxido de azufre, sales de sulfitos y sales de hierro. (SIMON, 2008)

4.2.3 Precipitación.

Las operaciones de precipitación llevadas a cabo de manera independiente o en combinación con reacciones de oxidación-reducción, se manejan ampliamente para la eliminación de metales; para esta tesis sirve para tratar los siguientes elementos: Los metales pesados y tóxicos (cobre, hierro y plomo), además los metales adicionales que se caracterizaron (calcio y potasio); la precipitación de estos elementos se la cumple en un rango de pH de 6 a 11 empleando un agente de precipitación, los más habituales son: cal, sosa cáustica y sulfuros. El reactivo más económico es la cal, " Ca(OH)_2 ", pero provoca gran cantidad de lodos; el hidróxido de sodio es más caro, pero ocasiona menos lodos que la cal y los sulfuros son eficaces, pero solo en concentraciones bajas de sustancias a tratar. (SIMON, 2008)



4.3 Tratamientos terciarios.

El objetivo primordial de los tratamientos terciarios aplicado a esta tesis es: la depuración de contaminantes que perduran después de suministrar los métodos físicos y químicos; son procesos específicos y costosos, que se usan cuando se requiere un efluente final de mayor calidad que el obtenido con las técnicas convencionales. Las principales operaciones para este caso son: Intercambio iónico y procesos electroquímicos.

4.3.1 Intercambio Iónico.

Es una operación en la que se utiliza un material poroso (resinas de intercambio iónico), que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos de las aguas residuales, los mantiene temporalmente unidos a sí mismo, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

Para esta monografía, se puede aprovechar para la eliminación de los sólidos disueltos que se encuentran en forma de aniones (carbonatos y sulfatos) y cationes (calcio, cobre, hierro, plomo y potasio). Los iones cargados positivamente y negativamente se depuran: por separado o en un intercambiador mixto que elimina los dos tipos de cargas al mismo tiempo.

Las propiedades que rigen esta operación de intercambio iónico y que a la vez determinan sus características son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, prefieren un ión sobre otros.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, avanza en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad. (Condorchem Envitech, 2014)



4.3.2 Procesos de electromembrana.

Los procesos de electromembrana hacen uso de membranas de intercambio iónico y son métodos normalmente continuos. La propiedad más valiosa de las mismas es su ión-selectividad, que es la capacidad para permitir el paso de ciertas especies iónicas, mientras se evita el paso de otras; este tratamiento tiene el potencial de discriminar entre iones cargados positiva y negativamente.

Este método se ejecutaría en el presente trabajo para eliminar sólidos disueltos tanto en forma aniónica como catiónica (utilidad similar al intercambio iónico).

Las principales particularidades de estas membranas son:

- Elevada permselectividad, la membrana es altamente permeable a los elementos no deseados, pero impermeable a los iones que debe retener.
- Buena estabilidad y forma mecánica, es decir es mecánicamente fuerte y tiene un bajo grado de contracción en la transición de las soluciones diluidas a las concentradas.
- Alta estabilidad química, es estable en un rango de pH de 0 a 14 y en presencia de agentes oxidantes. (Schoeman, 2003)

4.4 Definición de la mejor alternativa de gestión de tratamiento de efluentes líquidos.

La mejor alternativa de tratamiento de los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos es un método combinado, comenzando con un pretratamiento físico, seguido por un proceso químico y en caso de ser necesaria una operación terciaria.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Pretratamiento Físico: Una vez terminadas las marchas del Laboratorio de Suelos, se obtuvo una mezcla de desechos sólidos y líquidos, siendo necesario en este punto, efectuar una sedimentación por un tiempo de 30 minutos para separar estos dos estados de la materia antes mencionados, facilitando la filtración; con la sedimentación se evitó que se dañe el papel filtro en el momento de la operación, ganar velocidad y tiempo de filtrado. Se filtró utilizando el papel whatman 42.

Tratamiento Químico: En este punto se practica: una neutralización entre los efluentes (homogenización), puesto que unos son ácidos y otros básicos; mediante este método se consigue un solo residuo líquido de todas las marchas de suelos, con un pH determinado.

Seguido de la homogenización, es de vital importancia para este estudio eliminar los metales, tanto tóxicos y pesados, como los demás contenidos en los efluentes líquidos; para esto se realizará una precipitación con sosa cáustica o con cal. En caso de recurrir al hidróxido de sodio, se suprimirán los siguientes elementos: hierro, potasio y plomo (de interés para esta tesis), además de otros metales como: arsénico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio, litio, magnesio y manganeso; esta operación se lleva a cabo en un pH de 12. De igual manera, si se emplea cal-hidróxido de Calcio- los metales que se precipitarán serán: hierro y cobre (objetivos de estudio), además de otros adicionales que podrían estar dentro de los residuos, como son: aluminio, arsénico, mercurio, magnesio, manganeso y zinc; esto se realiza en un pH de 11. (Castro, 2009)

Si se desea retirar otros elementos como el sodio; se lo hará mediante los métodos terciarios citados en el literal 4.3 del presente capítulo (Intercambio iónico o procesos de electromembrana); lo cual en este trabajo no será necesario porque no existe límite de descarga para el sodio; solo se efectuará una

operación terciaria en caso de querer reutilizar los desechos líquidos como materia prima para algún otro proceso.

El siguiente paso es esperar a que los lodos formados por la precipitación química se sedimenten para dar paso a la siguiente operación.

Después de esto, según el pH del desecho líquido así formado, se desarrollará una neutralización de aguas residuales ácidas (si el pH es menor que 7) o un tratamiento de neutralización de desechos líquidos alcalinos (si el pH es mayor a 7); finalmente se ejecutará la descarga del efluente líquido en el sistema de drenaje de la ciudad.

Figura N°8

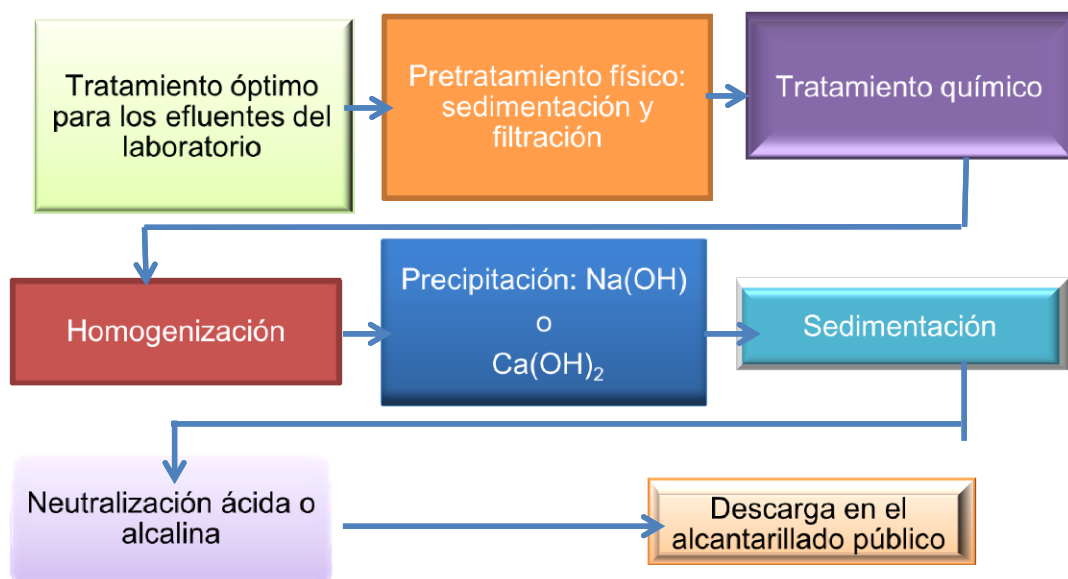


Figura 8. Tratamiento adecuado para los efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos.

Fuente: Elaboración Propia.



4.4.1 Ventajas del procedimiento adecuado a las condiciones del Laboratorio de Suelos.

- El dominio, la gestión eficaz de los requisitos y compromisos legales, favorecen a la disminución de los costos ocasionados por incumplimientos de obligaciones relacionados con aspectos ambientales.(Gaviria, 2007)
- La economización en el consumo energético, de agua y reactivos, como resultado de la toma de conciencia y el control sobre aspectos ambientales, es fundamental para ahorros de materia y financieros.(Gaviria, 2007)
- Al utilizar la homogenización de residuos en el plan de contingencia, se está equilibrando el pH sin necesidad de gastar sustancias puras, que sirvan para llevar el pH hasta una zona idónea para su precipitación posterior.
- La precipitación química manejada es más sencilla y menos costosa que los procesos de intercambio iónico, que requieren de resinas complejas; a diferencia de este método la precipitación tan solo necesita de un recipiente, en donde se ejecutarán las reacciones químicas de esta marcha.

4.4.2 Desventajas del procedimiento adecuado a las condiciones del Laboratorio de Suelos.

- El pretratamiento físico implica un elevado costo, puesto que el filtro Whatman 42 es más caro que el papel usado cotidianamente en el Laboratorio de Suelos (Whatman 41), pero su valor económico es justificado porque sin este cedazo de malla 2,5 μ m es imposible retener: los sólidos sedimentables, suspendidos y la materia flotante.
- Si se quiere eliminar el potasio y el plomo de los efluentes líquidos, se deberá obligadamente efectuar la precipitación química con hidróxido de



sodio, porque el método de la cal no cumple a cabalidad con este cometido; generando así un incremento económico, puesto que la sosa cáustica es más cara que la cal.

- Es poco conveniente implementar un plan de remediación terciario en este establecimiento por los elevados costes que esto representaría, y además, para cumplir con la descarga al desagüe este paso no es imprescindible, porque con un pretratamiento físico y un tratamiento químico es suficiente.

4.5 Elaboración del Manual de Gestión de efluentes líquidos para el Laboratorio de Suelos.

Una vez identificada la situación actual del laboratorio y su plan de remediación de impactos en materia de gestión ambiental de desechos líquidos; se propondrán medidas de mejora que se cumplirán a corto, mediano y largo plazo, de esta manera, la Facultad de Ciencias Químicas y el Laboratorio de Suelos podrán contar con un documento válido (Manual de Gestión Ambiental) en el momento que se lo requiera; este escrito estará acorde con las metas y objetivos de la facultad antes mencionada.

El presente manual de procedimientos contendrá algunos puntos citados anteriormente en el capítulo II, inciso 2.5.1.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento para el manejo de Efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Fecha: 2014-05-12	Página 1 de 6	Código: PR-DSGAELLS-001
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

1 Objetivo:

Fijar los procedimientos que deberán aplicar las personas que realicen actividades que generen desechos líquidos, en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, cumpliendo con las disposiciones ambientales de gestión de residuos líquidos vigentes.

2 Alcance:

La definición de los procesos, a implementar por parte de los ocupantes del Laboratorio de Suelos, con el fin de minimizar el impacto provocado por los efluentes líquidos en las determinaciones realizadas en el mismo, protegiendo así la salud humana de los usuarios y velando por el medio ambiente.

3 Responsable:

El nivel directivo y ejecutivo, y el comité del Sistema de Gestión Ambiental.

4 Elementos y condiciones para el manejo de residuos líquidos:

Los elementos y las condiciones del laboratorio deben garantizar que el uso del mismo, se ejecute de una forma adecuada, garantizando la salud de las personas y cuidando el medio ambiente.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento para el manejo de Efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Fecha: 2014-05-12	Página 2 de 6	Código: PR-DSGAELLS-001
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

Seguidamente se establecen lineamientos generales para trabajar con desechos líquidos, dentro del Laboratorio de Suelos:

- En caso de trabajar con reactivos que emiten u provoquen gases, se deberá laborar bajo campana de extracción.
- Al momento de pipetear algún reactivo o efluente líquido, dentro de este establecimiento académico, se empleará una pera auxiliar; más no se succionará la sustancia directamente con la boca; para prevenir contaminación o cualquier otro daño a la salud.
- En caso de derrames de los reactivos o desperdicios líquidos, proceder de la siguiente forma:
 - Neutralizar inmediatamente la sustancia (si es ácido, con álcali; y si es sustancia alcalina, con un ácido).
 - Lavar con abundante agua.
 - Secar con papel absorbente.
- En el momento de envasar las aguas residuales, los recipientes no deberán ser llenados hasta su máxima capacidad (llenar aproximadamente hasta un 90% de su totalidad); para evitar derrames del desecho por sobre presión.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento para el manejo de Efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Fecha: 2014-05-12	Página 3 de 6	Código: PR-DSGAELLS-001
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

4.1 Laboratorio:

Esta unidad académica debe poseer zonas de trabajo perfectamente delimitadas; la ubicación de los equipos, materiales y objetos tiene que permitir el fácil traslado de personas y la limpieza del mismo; el laboratorio necesita tener una buena ventilación natural o forzada.

4.2 Recipiente de recolección:

- En el Laboratorio de Suelos se va a recolectar los desechos líquidos en envases plásticos, no siendo necesarios recipientes de vidrio, puesto que no se tienen efluentes que contengan solventes orgánicos capaces de atacar o atravesar los contenedores poliméricos.
- Los recipientes a utilizarse nuevos o reciclados deberán ser sometidos a un proceso de lavado, para librarlos de microorganismos y contaminantes que afecten las propiedades físico-químicas de los residuos líquidos, el tratamiento es el siguiente:
 - Lavar con agua tibia.
 - Enjuagar con detergente (en caso de envasar los desechos líquidos a caracterizar omitir este paso, para no alterar la composición las muestras).



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento para el manejo de Efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Fecha: 2014-05-12	Página 4 de 6	Código: PR-DSGAELLS-001
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

- Rociar con agua destilada tres veces, desechando cada lavado.
- Homogenizar con un pequeño volumen del efluente a guardar, antes de depositar el contenido total. (Especialmente antes de caracterizar las aguas residuales).

Además los contenedores deben cumplir otras características como:

- No presentar errores de construcción que permitan fugas o derrame de los residuos líquidos.
- Estarán etiquetados con el nombre de “Efluentes líquidos” y con el código de cada uno; con letra clara y legible.

4.3 Elementos de protección personal:

Los usuarios del laboratorio que manipulen desechos líquidos deberán disponer del siguiente equipo de protección: mandil de laboratorio, guantes apropiados, mascarilla y botas antideslizantes.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento para el manejo de Efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Fecha: 2014-05-12	Página 5 de 6	Código: PR-DSGAELLS-001
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

4.4 Condiciones máximas permisibles:

Los residuos líquidos podrán ser descargados al alcantarillado público o a los ríos de la ciudad; pero si cumplen con las condiciones expuestas en los tablas de parámetros de vertido (ANEXO 2 y ANEXO 3).

5 Procedimientos

5.1 Procedimientos para la recolección de efluentes líquidos:

El personal encargado de recolectar los residuos líquidos una vez finalizado los análisis en el Laboratorio de Suelos, deberá tener presente:

- El equipo de protección antes citado para el manejo de residuos líquidos.
- El grado de peligrosidad de cada desecho (Obsérvese el capítulo III).
- El recipiente adecuado para cada tipo de residuo con su rotulado pertinente.
- El sitio adecuado en donde se colocará el envase que contenga los efluentes, de modo que no interfiera con las tareas del laboratorio.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento para el manejo de Efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Fecha: 2014-05-12	Página 6 de 6	Código: PR-DSGAELLS-001
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

5.2 Procedimientos para la descarga de los residuos líquidos:

Para proceder a la descarga se deberá tener en cuenta:

- Cuidar de no provocar derrames de los desechos líquidos previo a su descarga, porque pueden contaminar el ambiente.
- Los efluentes líquidos que cumplen con los límites máximos de descarga citados en el ANEXO 2 y ANEXO 3, podrán ser depositados en el alcantarillado público o en un cuerpo de agua dulce.
- En el caso de que los residuos líquidos no cumplan con las normas, estos se someterán a un proceso (Ver numeral 4.4- página 110 de la presente tesis) en donde se minimice su impacto ambiental hasta que entren en el intervalo dispuesto por la ley para su posterior descarga.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento comunicación Interna y Externa		
Fecha: 2014-05-12	Página 1 de 2	Código: PR-DSGAELLS-002
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

1 Objetivo:

Definir la forma en la que se controlarán los diversos documentos que se elaboren en el Sistema de Gestión Ambiental.

2 Alcance:

Dar el respectivo seguimiento a los documentos generados en el Sistema de Gestión de efluentes líquidos.

3 Responsable:

El nivel directivo y ejecutivo, y el comité del Sistema de Gestión Ambiental.

4 Actividades:

4.1 Comunicación Interna:

- Exhibir los documentos del Sistema de Gestión Ambiental en una cartelera visible a la comunidad universitaria.
- Diseñar un cronograma de eventos para planificar de mejor manera el Sistema de Gestión de residuos líquidos.
- Anticipar con un tiempo prudencial la realización de los programas a todos los actores del Sistema de Gestión de efluentes líquidos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento comunicación Interna y Externa		
Fecha: 2014-05-12	Página 2 de 2	Código: PR-DSGAELLS-002
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

- Se guardará un respaldo digital de todos los archivos emitidos en orden cronológico.

4.2 Comunicación Externa:

- El nivel directivo y ejecutivo enviará comunicados a los integrantes del Sistema de Gestión de desechos líquidos, para mantenerlos actualizados.
- Se efectuarán reuniones periódicas con todos los miembros del sistema para informar de avances, rendición de cuentas y delegar nuevas funciones a cada uno de los mismos.
- El nivel ejecutivo tendrá que aprobar los documentos de comunicaciones externas enviados por las partes interesadas.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento de capacitación		
Fecha: 2014-05-12	Página 1 de 2	Código: PR-DSGAELLS-003
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

1 Objetivo:

Capacitar a los actores del Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

2 Alcance:

Todos los participantes de este Sistema de Gestión.

3 Responsable:

El nivel directivo y ejecutivo, y el comité del Sistema de Gestión Ambiental.

4 Actividades:

El nivel ejecutivo programará las capacitaciones a desarrollarse en busca de mejorar el Sistema de Gestión Ambiental en los siguientes aspectos:

- Organizar los adiestramientos de acuerdo a las necesidades de los integrantes del sistema.
- Mantener motivado a los miembros del Sistema de Gestión Ambiental mediante charlas periódicas, respuestas a inquietudes y publicaciones en las carteleras de la Facultad de Ciencias Químicas.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento de capacitación		
Fecha: 2014-05-12	Página 2 de 2	Código: PR-DSGAELLS-003
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

- Se tendrá que contratar a personal capacitado para dictar los cursos, talleres y seminarios.
- Se mantendrá un registro de las capacitaciones realizadas para trámites previos.



Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento de auditorias		
Fecha: 2014-05-12	Página 1 de 2	Código: PR-DSGAELLS-004
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

1 Objetivo:

Regular y controlar el Sistema de Gestión Ambiental de desechos líquidos, del Laboratorio de Suelos, para cumplir con las normas pertinentes y mejorar sus lineamientos.

2 Alcance:

Se aplica a todo el Sistema de Gestión Ambiental de residuos líquidos del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

3 Responsable:

El nivel directivo y ejecutivo.

4 Actividades:

- Revisar, corregir y mejorar el Sistema de Gestión Ambiental.
- Buscar y garantizar los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto.
- Delegar un equipo auditor capacitado y ecuánime al momento de actuar.
- Establecer el procedimiento a seguir para ejecutar dichos controles.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental de efluentes líquidos en el Laboratorio de Suelos		
Procedimiento de auditorias		
Fecha: 2014-05-12	Página 2 de 2	Código: PR-DSGAELLS-004
Elaborado por: Renzo Xavier Saquicela Jácome	Revisado y Aprobado por:	

- Comunicar a todo el personal sobre la realización de la auditoria.
- Elaboración del reporte de forma detallado y comprensible acerca de la información recaudada en la inspección.
- Implementar correcciones basadas en el informe entregado por los responsables de los monitoreos.
- Fijar auditorias periódicamente.



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

Se producen mayor cantidad de residuos líquidos rocosos que de humus, empleando marchas análogas para los dos; debido a que el suelo humus retiene mayor cantidad de líquido que el rocoso, esto queda claramente definido en la Figura N°4, que hace referencia a la obtención de efluentes líquidos del método del pH.

La caracterización de los desechos líquidos del Laboratorio de Suelos, permite conocer su grado de contaminación en comparación con los parámetros de descarga en el Ecuador, así como también, es la base para elegir el método de remediación que se aplica a los residuos en estudio.

Se comparó los efluentes líquidos formados en el Laboratorio de Suelos con los parámetros de descarga hacia el alcantarillado, más no con las normas de descarga a cuerpos de agua dulce; porque las descargas al drenaje municipal son menos exigentes que las de un cuerpo de agua dulce (Ver ANEXO 2 y ANEXO 3); es por esto que se enfoca el tratamiento de los desechos líquidos a que estos mismos estén dentro de los rangos de vertido al desagüe, logrando así que el plan de remediación sea menos estricto de lo que demandaría entrar en el intervalo de liberación a un río de la ciudad.

En el método de suelos de identificación de materia orgánica no se generaron residuos líquidos, puesto que se evaporaron los mismos en la hornilla y solo quedaron desechos sólidos; es por ello que este análisis ocasiona un perjuicio nulo para el interés de esta monografía, omitiéndolo de la clasificación de impactos producidos en el Laboratorio de Suelos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La elaboración del Manual de Gestión Ambiental es fundamental, puesto que en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas se manejan volúmenes pequeños de efluentes líquidos por cada determinación, los mismos que presentan componentes tóxicos, infecciosos y corrosivos; siendo necesario conocer las características de cada residuo, la protección personal necesaria, el almacenamiento, tratamiento y vertido; para evitar perjuicios ambientales y del personal que labora en este centro académico.

En el tratamiento de los desechos líquidos del Laboratorio de Suelos se mezclan las corrientes ácidas con las alcalinas para ejecutar una neutralización de residuos conocida como homogenización, de esta manera se evita usar reactivos puros que provocan mayores gastos económicos y además, mientras menos cantidad de aguas residuales se deban tratar se facilita este proceso, de esta manera la neutralización con reactivos puros se lleva a cabo al efluente final que da como resultado la unión de varios de ellos, minimizando gastos innecesarios y operaciones por parte del laboratorista.

En el tema económico el sistema de tratamiento propuesto es factible de ejecutar, porque solo se necesita de reactivos de uso diario en la unidad académica en estudio como: el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el $\text{Na}(\text{OH})_2$, para la precipitación; mientras que, para la neutralización final se utiliza cualquier ácido existente en el laboratorio, podría ser el caso del HCl o el H_2SO_4 ; además, las distintas operaciones de este método de remediación se recomiendan realizarlas en recipientes plásticos de capacidad de 30 litros, los mismos que son fáciles de conseguir en el medio y de precio módico; no es primordial la construcción de tanques especializados para estas operaciones, debido a que el volumen de producción de efluentes es relativamente pequeño en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas.



Se cumple a cabalidad la hipótesis formulada en el diseño de tesis, que es la de minimizar el impacto ocasionado por los desechos líquidos en el laboratorio, debido que al proponer planes de remediación y realizar el Manual de Gestión Ambiental, los ocupantes del Laboratorio de Suelos sabrán el proceso óptimo para manipular y tratar los efluentes. Muestra de ello es el proceso de generación de residuos del pH, en donde se demuestra la minimización de desechos líquidos, pues se supondría que a mayor cantidad de muestra y reactivos se obtendría mayores efluentes de lavado de los equipos, pero no es este el caso, porque con una muestra 30cm^3 , se tiene 125cm^3 de residuo líquido del equipo (Tabla N°4); a diferencia que con una muestra de 50ml, se genera 70ml de desecho líquido del equipo (Tabla N°5). De lo que se deduce que el laboratorista al tomar conciencia de lo importancia de disminuir efluentes, lo puede lograr.

5.2 Recomendaciones.

En el Laboratorio de Suelos se trabaja con papel whatman 41, tanto en la generación como en la caracterización de desechos líquidos; mientras que el filtro whatman 42 es usado para: separar efluentes sólidos de los líquidos y además para llevar a cabo la marcha de sulfatos, porque el sulfato de Bario allí formado traspasa el tamiz whatman 41.

Es recomendable guardar los residuos líquidos en el refrigerador inmediatamente luego de ser generados, así como también después de efectuar su caracterización para una posible comprobación; de esta forma se evitará el crecimiento de colonias de microorganismos y posteriormente la eutrofización de estas aguas residuales ricas en N, P, K; pues debido a ese fenómeno se alteran las propiedades de los efluentes. En medida de lo posible caracterizar las aguas residuales en un margen de 48 horas de formado los desechos líquidos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En el proceso de formación de desechos líquidos o en la caracterización de estos se deben manejar solamente la cantidad de reactivos necesarios, para minimizar el impacto ambiental producido por los mismos y además no ocasionar costos económicos innecesarios para la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

En los análisis del Laboratorio de Suelos en donde se generan los efluentes, cuando se empleen sustancias que emitan gases tóxicos se debe trabajar bajo campana de extracción, para eludir el poder nocivo hacia la salud humana y al ambiente de estos, además se debe tomar en cuenta otras sugerencias expuestas en el Manual de Gestión para manipular reactivos y desechos líquidos (Ver capítulo IV).

Al lavar los electrodos de los equipos como: el pHmetro o el conductímetro luego de un análisis, se debe trabajar con la cantidad mínima de agua destilada para reducir los volúmenes de aguas residuales; de esta manera se minimiza el impacto negativo producido en el Laboratorio de Suelos, optimizando el uso de reactivos.

Los residuos líquidos luego de ser manipulados para cualquier análisis, tratamiento o trasvasado se deben cerrar para prevenir pérdidas o contaminación; además los envases en donde se encuentran estas sustancias no deben llenarse hasta su tope para evitar derrames de los mismos, se recomienda que se lo haga hasta un 90% aproximadamente de su capacidad total.

Los vertidos al sistema de alcantarillado público se efectuarán haciendo caso a las recomendaciones del Manual de Gestión para efluentes líquidos y después de un tratamiento previo indicado en el capítulo IV, en caso de los residuos líquidos que lo requieran.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Se recomienda analizar otros parámetros de descarga citados en el TULAS, como son los siguientes metales: aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobalto, cromo hexavalente, manganeso, mercurio, plata, selenio, vanadio y zinc; además de los aniones que se mencionan a continuación: cianuros y sulfuros; los mismos que no fueron incluidos en esta investigación.

A nivel del Laboratorio de Suelos es recomendable investigar las características de los residuos sólidos formados en las marchas que aquí se practican, para complementar el presente estudio que trabaja con los desechos líquidos de la unidad académica en mención.

La presente tesis no solo pretende cumplir con los objetivos trazados en la misma si no también, servir como base y fuente motivacional para que se practiquen estudios posteriores de gestión ambiental, en beneficio de la comunidad universitaria.



BIBLIOGRAFIA.

1. **Comité de Medio Ambiente AUGM. (2010).** *II Reunión de educación socioambiental.* Santa Fé.
2. **Alcaraz García, N. M., Buenrostro Rubio, J. D., Hernández Gabriel, H. D., & Razo Montaña, O. E. (2007).** *Reparación y actualización del equipo de digestión y destilación Kjeldahl.* Expodime.
3. **(1990).** *Association Of University Leaders for Sustainable Future.* París.
4. **Boletín de Educación Superior: CRUE/Cátedra UNESCO UPC. . (2001, Diciembre).** Retrieved from www.upc.es/unescogestio
5. **Castro, C. (2009).** *Diseño de un sistema de manejo de los efluentes industriales generados en el laboratorio.* Cuenca.
6. **Coello Pons, E. (2009).** *Educación sobre la contaminación ambiental para nivel universitario. Un aporte teórico práctico.* Cuenca.
7. **Comité de Medio Ambiente AUGUM. (2008).** *Desafíos de la Educación ambiental universitaria en una Latinoamérica en encrucijada.*
8. **Condorchem Envitech. (2014, Marzo 05).** Retrieved from blog.condorchem.com/intercambio-ionico-para-el-tratamiento-de-efluentes/
9. **Congreso Nacional de la república del Ecuador. (1999).** *Ley de Gestión Ambiental.*
10. **Cuesta Alcívar, L. (2006).** *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas N.4.* Cuenca: Facultad de Ciencias Químicas.
11. **Decanato General de investigaciones. (2004).** *Informe a la comunidad Universitaria.* Cuenca: Universidad Del Azuay.
12. **Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. (2006).** www.science.oas.org. Retrieved Marzo 05, 2014, from www.science.oas.org/Simbio/mbio_ind/cap10_mi.pdf
13. **Departamento de Farmacología y Química Terapéutica, Departamento de Química Inorgánica, & Departamento de Química Orgánica. (2014).**



- Operaciones básicas en el laboratorio de Química.* Universidad de Barcelona. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- 14. Escuela Universitaria politécnica de Donostia-San Sebastián. (2012).** *Manual de gestión Medio Ambiental.* Donostia.
- 15. Flores, M. (2009).** *Diseño de un sistema de Gestión de residuos sólidos para el centro de servicios en el área de minerales metálicos y no metálicos CESEMIN.* Cuenca.
- 16. Gaviria, L. (2007).** *Diagnóstico del sistema actual de gestión ambiental frente a la norma ISO 14001 en la empresa de acueducto y alcantarillado de Pereira.* Pereira: Universidad tecnológica de Pereira.
- 17. González, M. L. (2010).** *MANUAL DE FUNCIONES PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS.* Cuenca: Universidad de Cuenca.
- 18. ICONTEC. (2005).** *Implementar un Sistema de gestión ambiental según ISO14001: guía básica para las empresas comprometidas con el futuro.*
- 19. Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (1984).** *Agua potable. Determinación de sulfatos.* Quito: República del Ecuador.
- 20. L.N.S. (2004).** *Diccionario práctico L.N.S.* Cuenca: Don Bosco.
- 21. Licenciatura en Química. (2008).** *Espectrometría de emisión de llama.* Plata: Universidad de la Plata.
- 22. Ministerio del Ambiente. (2005).** *Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.* República del Ecuador.
- 23. Paneque Pérez, V. M. (2010).** *MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.* La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- 24. Pérez, G. P. (2014, Febrero).** *ESPECTROMETRIA.COM.* Retrieved Marzo 06, 2014, from www.espectrometria.com/espectrometra_ultravioleta-visible



- 25. Ponce Chilán, J. L., & Escobar Segovia, K. F. (2010).** *DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL BASADO EN LA NORMA ISO 14001 : 2004 para el Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales de una entidad Universitaria.* Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- 26. Presidencia de la república. (2002).** Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I. In *Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I.*
- 27. quimfis. (2009).** *La medida de conductividad.* Crison.
- 28. Ramalho, R. (2003).** *Tratamiento de aguas residuales.* Barcelona: Reverté, S.A.
- 29. RED ECUATORIANA DE CONSULTORES AMBIENTALES INDEPENDIENTES. (2009).** *Curso de Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, Medio Ambiente y Seguridad.* RECAI.
- 30. Red Iberoamericana de Gestión Ambiental en Universidades Universidad del Litoral, Universidad Nacional de la Plata. (2009).** *Experiencias y Prácticas de Gestión Ambiental en Campus Universitarios.* Santa Fé.
- 31. Schoeman, J. J. (2003).** *Tratamiento de agua por procesos de membrana.* Pretoria, Sudáfrica: Environmentek, CSIR.
- 32. SECRETARÍA DE ECONOMÍA DNG. (2001).** *ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL-EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.* México: Estados Unidos Mexicanos.
- 33. SIMON, E. (2008).** *Los metales pesados en las aguas residuales.* Madrid: FQPIMA. Universidad Complutense de Madrid.



34. **Superintendencia nacional de servicio de saniamiento -Sunass-**. (2013). *Análisis de agua Parte 2: Alcalinidad*. Lima: Sunass.
35. **Trujillo, C. A., & Sánchez Rojas, J. E. (2007)**. *Técnicas y medidas básicas de laboratorio de química*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
36. **Universidad de Alicante. (2007)**. *V JORNADAS DE INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA*.
37. **Universidad de Antioquia. (2008)**. *Plan de gestión ambiental de residuos comunes, reciclables, químicos y especiales generados en el laboratorio Ciencia de los Materiales*. Medellín.
38. **Universidad de Santander. (2010)**. *Manejo de residuos Líquidos peligrosos en la Universidad de Santander*. Santander.
39. **Universidad Nacional Tucumán. (2012)**. *Antecedentes y propuestas para un plan de Gestión Ambiental universitario*. Tucumán .
40. **Universidad Tecnológica Nacional. (2004)**. *Prevención de la contaminación de los efluentes líquidos del laboratorio Químico de la Facultad Regional Delta*. Buenos Aires.
41. **Urdiales Jiménez, L. A. (2002)**. *Plan de seguridad e higiene del trabajo del Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y no Metálicos (CESEMIN) de la Universidad de Cuenca*. Cuenca.
42. **Valdez, B. M. (2010)**. *Evaluación de efluentes industriales generados en la producción de Briquetas y vertidos en el sistema Cogollal de C.U.G. ferrominera Orinoco*. Guayana: Universidad Nacional Experimental politécnica Antonio José de Sucre.
43. **Vázquez Guillén, I. J. (2013)**. *GESTION INTEGRAL DEL ACEITE AUTOMOTOR RECICLABLE EN CUENCA*. Cuenca: Universidad de Cuenca.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

44. Vázquez Guillén, J. J. (2013). *Determinación que se realizan en el Laboratorio de Suelos.* Cuenca: Universidad de Cuenca.

45. VI Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental. (2009). San Clemente del Tuyú Provincia Buenos Aires.



ANEXOS.

ANEXO 1

Equipos del Laboratorio de Suelos que generan efluentes líquidos.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES Y USOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS
Espectrofotómetro de absorción UV VIS spectronic 20d+	El instrumento utilizado en la espectrometría ultravioleta-visible se llama espectrofotómetro UV-Vis. Mide la intensidad de luz que pasa a través de una muestra (I), y la compara con la intensidad de luz antes de atravesar dicha muestra (I ₀). La relación I / I_0 se llama transmitancia, y se expresa como un porcentaje (%T). La absorbancia (A) se basa en la transmisión: $A = -\log(\%T)$. (Pérez, 2014)	Marca: TERMO Modelo: 333183 Serie: 3DUJ254018 Voltaje: 115V Frecuencia: 50/60 cps Amperaje: 1A Uso: Determinación de fósforo.



Flama-fotómetro	La espectroscopia de emisión con llama es un método analítico basado en la medida de la energía radiante emitida por átomos, iones o moléculas de un elemento que se encuentra en estado de vapor. (Licenciatura en Química, 2008)	Marca: Corning Serie: 400/4180 Frecuencia: 50/60 cps Usos: Determinaciones de potasio y capacidad de cambio.
Destilador kjeldahl	El método Kjeldahl es el más usado para la determinación de la cantidad de nitrógeno en una sustancia. Este procedimiento comprende tres etapas: a. Digestión: La muestra se combina con ácido sulfúrico y se calienta hasta la temperatura de ebullición de este último, obteniéndose sulfato de amonio. b. Destilación: El sulfato de amonio se junta con hidróxido de sodio; se coloca en un matraz que se	Marca: Gerhardt Vapodest Serie: 205 Usos: Determinaciones de nitrógeno amoniacal y nitrógeno total.



	<p>conecta por medio de una trampa de vapor a un condensador de agua; y se calienta hasta que el amoniaco resultante (NH₃) se evapora. Éste se hace circular por el condensador hasta que cambia a su estado líquido, para finalmente ser depositado en unos matracas con una solución de ácido.</p> <p>c. Titulación: Se establece la cantidad de amoniaco en la solución que se adquiere de la destilación. (Alcaraz García, Buenrostro Rubio, Hernández Gabriel, & Razo Montaña, 2007)</p>	
<p>Espectrofotómetro de absorción atómica</p>	<p>Este equipo emplea un método de química analítica que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador, pre-quemador, para crear una niebla con la muestra y un quemador que</p>	<p>Marca: SpectroAA Modelo: 55B</p> <p>Usos: Determinaciones de potasio y capacidad de cambio</p>



	<p>da una llama con una longitud de trayecto más larga. La niebla atómica es desolvatada y expuesta a una energía a una longitud preestablecida de onda emitida ya sea por dicha llama, o una lámpara de cátodo hueco construida con el mismo analito a determinar. (Pérez, 2014)</p>	
<p>Balanza electrónica</p>	<p>Este tipo de balanza no requiere pesas de referencia para contrarrestar la masa que se coloca sobre el platillo, puesto que la condición cero del plato se define mediante un rayo de luz y un sensor fotoeléctrico, la masa desplaza la luz de la posición inicial y el instrumento mide la magnitud de la corriente eléctrica que le debe suministrar a una bobina para restaurar el estado del platillo a su condición</p>	<p>Marca: Sartorius Precisión: 0,0001</p> <p>Usos: Se emplea en todas las determinaciones que se realizan en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Químicas</p>



	original. (Trujillo & Sánchez Rojas, 2007, pág. 104)	
pHmetro	<p>El pH-metro es un sensor manejado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución. Este instrumento evalúa el potencial entre dos electrodos: uno de referencia (electrodo estable) y otro indicador (electrodo trabajo), el cual es de vidrio selectivo para el H⁺ y en su interior tiene una solución de pH constante.</p>	<p>Marca: Ionyzer Modelo: 407 #Serie: 042781 Frecuencia: 50/60 cps</p> <p>Uso: Determinación de pH</p>
Conductímetro	<p>El conductímetro mide la conductividad eléctrica de los iones en una disolución, para ello aplica un campo eléctrico entre dos electrodos y computa la resistencia eléctrica de la sustancia, luego convierte estos valores en unidades inversas a la resistencia</p>	<p>Marca: Microprocesor ionalyzer Modelo: 901 #Serie: 099577 Frecuencia: 50/60 cps</p> <p>Uso: Determinación de la conductividad eléctrica.</p>



	que son unidades de conductividad eléctrica. Se administra una corriente alterna para evitar cambios en las sustancias. (Quimfis, 2009)	
--	---	--

Elaboración: El Autor.

ANEXO 2

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	40



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforos	mg/l	0,1



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	y carbamatos totales.		
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.

ANEXO 3

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto	mg/l	0,1



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	carbón cloroformo ECC		
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0

Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforos totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: (Normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua libro VI anexo I, 2002)

Elaboración: El Autor.

ANEXO N°4

Procedimiento de cada determinación para formar residuos líquidos.

ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
Nitrógeno amoniacal	<p>El proceso del nitrógeno amoniacal, se lleva a cabo de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesar 4g de humus y 10g de suelo rocoso, respectivamente. - Agregar 50ml de la solución extractora de KCl 1N. - Agitar por 25min y dejar en reposo otros 25min.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	<ul style="list-style-type: none">- Filtrar mediante el papel Whatman 41.- Aforar el filtrado a 100ml y tomar una alícuota de 25ml.- Destilar por 6min en el equipo Kjeldahl y recoger el destilado en 25ml ácido bórico al 2,5%.- Titular con H_2SO_4 0,05N.
Nitrógeno total	<p>Para la determinación del nitrógeno total, se elabora el reactivo de digestión, de la siguiente manera: 100g de K_2SO_4, 20 g de $CuSO_4$ y 1 g de Selenio en polvo; después de preparar dicho reactante, se procede del siguiente modo:</p> <ul style="list-style-type: none">- Pesar 2g y colocar 1,5g de reactivo de digestión, para el humus, mientras que para el suelo rocoso se pone 5g de muestra y 3g de reactivo de digestión (esto se debe a que el humus tiene mayor contenido de materia orgánica).- Depositar 10ml de H_2SO_4 concentrado.- Ejecutar la digestión durante 3 horas a 300 °C.- Destilar en el equipo Kjeldahl durante 10min y recoger el destilado en 25ml de ácido bórico al 2,5%.- Efectuar la titulación con H_2SO_4 0,05N.
Fósforo	<p>Se realizó el análisis del fósforo de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none">- Medir 1ml de suelo.- Colocar 25ml de solución mixta y agitar 30min.- Adicionar 5g de carbón activado.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	<ul style="list-style-type: none">- Filtrar en papel Whatman 41 y aforar en un balón de 100ml.- Realizar los patrones y proceder a las lecturas. <p>La solución mixta se prepara de la siguiente forma: 62,5ml de H₂SO₄; 18,75ml de la solución de molibdato de amonio al 4%; 37,5ml de una solución de ácido ascórbico 0,1N y 6,25ml de una solución de tartrato amónico potásico.</p>
Potasio	<p>Para el método del potasio se procede del siguiente modo:</p> <ul style="list-style-type: none">- Colocar 1g de muestra y 50ml de acetato de amonio (NH₄COOCH₃).- Agitar por media hora y dejar reposar por 30 minutos.- Filtrar con el papel Whatman 41 (Tamaño de poro de 20µm).- Preparar los estándares -tanto a las muestras como a los estándares se les coloca 1ml de cloruro de lantano hepta hidratado (ClLa.7H₂O) para evitar interferencias-.- Leer la absorción y la concentración en el espectrómetro de absorción atómica (SpectAA), este equipo se arma con 200ml de agua destilada y consume 37ml por la lectura de un elemento con cinco patrones.- Realizar la curva de calibración.



Capacidad de cambio	<p>El procedimiento para la capacidad de intercambio catiónico es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">- Medir 5ml de suelo.- Agitar durante 30min y dejar reposar 30min.- Ejecutar 5 lavados con etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).- Filtrar con papel Whatman 41.- Poner 2,5ml de KCl al 10% y aforar a 250ml.- Leer en el espectrómetro de absorción (para la lectura se elaboran patrones de sodio de 0,5 a 2,5 ppm y un blanco, agregando en cada uno de ellos 1ml de KCl al 10%).
Materia orgánica	<p>Para esta determinación, efectuar el siguiente conjunto de pasos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Medir 0,1g de humus y 0,25g de suelo rocoso, respectivamente.- Colocar 5ml de agua oxigenada.- Desechar la muestra en la plancha calefactora y enfriar en el desecador.- Pesar.
pH	<p>En la determinación del pH se llevó a cabo la misma metodología, tanto para la muestra de suelo rocoso como para la de humus. El proceso antes mencionado es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">- Medir 30ml de suelo.- Añadir 30ml de KCl 1N.- Agitar la mezcla por 30 minutos.



	- Leer el pH (mediante pHmetro).
Conductividad eléctrica	Para este método se procede de manera similar al pH, es decir: <ul style="list-style-type: none">- Medir 30ml de suelo.- Añadir 30ml de KCl 1N.- Agitar la mezcla por 30 minutos.- Leer la conductividad eléctrica (mediante el conductímetro).

Fuente: (Vázquez Guillén J. J., 2013)

Elaboración: El Autor.