

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES”

TEMA

“ANÁLISIS DE LA INMISIÓN DE OLORES OFENSIVOS EN EL
RAMAL ‘A’ DEL ESTERO SALADO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL
Y PROPUESTA DE MITIGACIÓN”

AUTOR

Ing. Amb. Alex Fabián Ortega Vélez

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2016

DEDICATORIA

A mi madre Marcia a mi abuelita Piedad a la memoria de mi padre Ramón. A mi hijo querido Axel.

A ellos dedico este y todos los esfuerzos de mi vida.

Alex

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos son para mi familia que siempre ha sido el pilar fundamental de mi existencia. A mi madre querida por darme la vida.

A Katty Díaz (Günter) por ser una pieza clave en este logro personal.

A mi alma mater la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, específicamente a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas.

También expreso mi gratitud a David Enrique Matamoros Camposano, PhD., tutor de mi proyecto de titulación, mentor en mi formación académica y profesional.

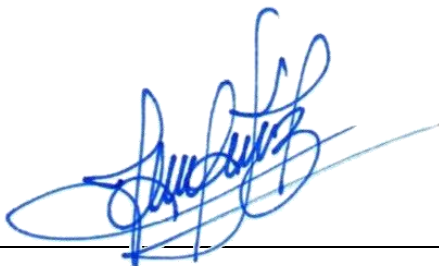
Al Dr. Ángel Ramírez por su gentil ayuda en la base de datos ScienceDirect.

Un agradecimiento póstumo a mi amigo y guía Guido Yáñez Quintana, PhD.

Y finalmente al equipo técnico del Proyecto de Recuperación de Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS) de la Subsecretaría de Gestión Marina y Costera del Ministerio del Ambiente, quien me facilitó la información necesaria para el desarrollo de la presente investigación.

DECLARACIÓN EXPRESA

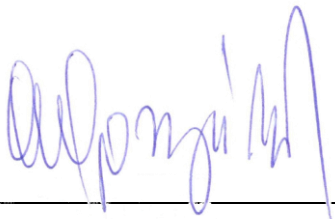
La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponden exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Química** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Alex Fabián Ortega Vélez

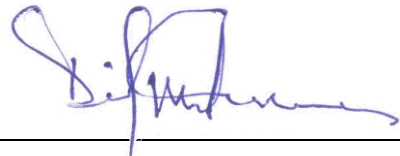
Autor

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Olga González Sánchez, PhD

Presidente del Tribunal



David Matamoros Camposano, PhD

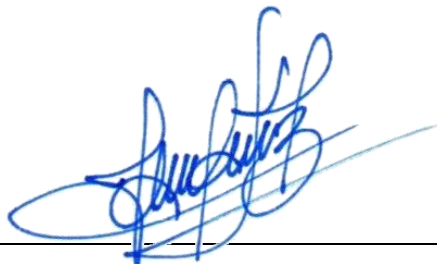
Director de Proyecto de Titulación



Luis Domínguez Granda, PhD

Vocal Principal

FIRMA DEL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alex Fabián Ortega Vélez', is written over a horizontal line.

Alex Fabián Ortega Vélez

Autor

Resumen

El presente trabajo de investigación se trata del análisis de la inmisión de olores ofensivos en el Ramal A del Estero Salado, dentro de este estudio se realizaron monitores de H₂S con ayuda de sensores pasivos como son los Dositubos GASTEC 4D los mismos fueron ubicados a lo largo del ramal en sitios estratégicos, se registró la concentración de H₂S en 48 horas expresada en µg/m³. En base a los resultados obtenidos en el informe de ensayo RG-LABPSI-16031-32-33 se tiene que los valores en concentración de H₂S más representativos son registrados en el punto P05 (<30,66 µg/m³) correspondiente al sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la Av. 12 NO y en el punto P12 (<30,25 µg/m³) Sector Centro Educativo ECOMUNDO.

Al no existir normativa ecuatoriana en materia de olores ofensivos se realizó un análisis legal de la normativa existente y se propuso reformas; ya que no se han definido umbrales de inmisión de H₂S ni de otros contaminantes odoríferos existentes por fuentes naturales o antropogénicas como las actividades industriales. Según el análisis comparativo realizado se concluye que los valores obtenidos mediante el monitoreo de H₂S realizado sobrepasan los umbrales establecidos en los siguientes cuerpos legales: Offensive Odor Control Law Japan, Law No. 71 of 1995; Newfoundland and Labrador Ambient Air Quality Criteria; Ontario's Ambient Air Quality Criteria y Resolución Colombiana No. 1541:2013. La única norma que se cumple es la WHO Guidelines for Air Quality. WHO/SDE/OEH/00.02.

Se determinó que la concentración de H₂S guarda relación con las condiciones ambientales del Ramal 'A' la anoxia contribuye a la generación de mal olor. Se elaboró el Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos (PRIO) en base a la Resolución colombiana 1541:2013. Como propuestas de mitigación se definieron las alternativas de tratamiento dentro de las cuales se plantea: Control de olor por oxidación; Control por químicos enmascaradores de olor; y, Dragado del sedimento anóxico.

Palabras clave: anoxia, contaminantes odoríferos, dositubos, inmisión, olores ofensivos, sustancias olorosas.

Summary

This research is the analysis of the emission of offensive odors in the Ramal A del Estero Salado, within this study monitors H₂S were performed using passive sensors such as Dositubos GASTEC 4D the same privileges located along the branch in strategic places, the concentration of H₂S in 48 hours expressed in mg / m³ was recorded.

Based on the results obtained in the test report RG-LABPSI-16031-32-33 has to values most representative H₂S concentration are recorded in P05 (<30.66 µg/m³) corresponding to point Coop. H. Consejo Provincial near the Av. 12 NO and the point P12 (<30.25 µg/m³) Sector Centro Educativo ECOMUNDO.

In the absence of Ecuadorian legislation on the offensive odors a legal analysis of existing regulations was made and proposed reforms; since they are not defined thresholds H₂S immission or other contaminants existing odorant from natural or anthropogenic sources as industrial activities.

According to the comparative analysis it concludes that the values obtained by monitoring H₂S made exceed the thresholds established in the following legislation: Offensive Odor Control Law Japan, Law No. 71 of 1995; Newfoundland and Labrador Ambient Air Quality Criteria; Ontario's Ambient Air Quality Criteria and Colombian Resolution No. 1541: 2013. The only rule is met is the WHO Guidelines for Air Quality. WHO / SDE / OEH / 00.02.

It was determined that the concentration of H₂S is related to the environmental conditions of Ramal 'A' anoxia contributes to the generation of odor.

Plan for the Reduction of Offensive Odor Impact (PRIO) to Colombia's Resolution 1541 was developed based: 2013.

As mitigation proposals treatment alternatives within which defined arises: Odor Control by oxidation; Control odor maskers chemicals; and Dredging of anoxic sediment.

Keywords: anoxia, odoriferous contaminants, docitubes, immission, offensive odors, odorous substances.

Tabla de contenidos

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	3
1.3 Alcance.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
Capítulo II: Revisión Bibliográfica.....	6
2.1 Generalidades sobre las sustancias olorosas	6
2.2 Sustancias olorosas comúnmente reportadas.....	6
2.3 Fuentes de olores	9
2.4 Estado de la normativa a nivel de Europa y Norteamérica	9
2.5 El sulfuro de hidrógeno	10
2.6 Olores ofensivos	11
2.7 Problemas de olores en cuerpos de agua.....	13
2.8 Medidas de mitigación y control de olores	15
2.9 Tecnologías para el control de los olores.....	16
2.10 Efectos de la exposición a H ₂ S en humanos.....	25
2.11 Proyecto de Recuperación de Aéreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS)	27
2.12 Efectos del peróxido de calcio y consideraciones ambientales para su uso.....	31
Capítulo III: Metodología	33
3.1 Descripción del sitio.....	33
3.2 Coordenadas	33
3.3 Características físicas.....	34
3.4 Dinámica del Estero Salado.....	34
3.5 Condiciones de drenaje y mareas.....	34
3.6 Características biológicas	35
3.7 Cobertura vegetal	35
3.8 Fauna asociada	35
3.9 Medio perceptual	36
3.10 Monitoreo y recopilación de información	36
Capítulo IV: Análisis de Resultados	39
4.1 Análisis de resultados	39
4.2 Comparación con umbrales internacionales.....	43
4.3 Discusión de resultados.....	44

4.4	Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos PRIO	47
4.5	Plan de Acción.....	49
4.6	Sugerencias de reformas legales en el Ecuador	51
4.7	Alternativas de tratamiento	53
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....		54
5.1	Conclusiones	54
5.2	Recomendaciones	54

Contenido de figuras

- Figura 1. Área de influencia del proyecto de titulación
- Figura 2. Diagrama de flujo de la producción de olor
- Figura 3. Prueba piloto de aplicación de BIOX-Ca (peróxido de calcio)
- Figura 4. Coordenadas del Ramal 'A' y asentamientos urbanos existentes
- Figura 5. Ubicación de puntos de monitoreo

Contenido de tablas

- Tabla 1. Sustancias olorosas emitidos por la industria
- Tabla 2. Efectos en la salud humana a diversas concentraciones de ácido sulfhídrico.
- Tabla 3. Sellado de tuberías tramo 'A' - Este
- Tabla 4. Sellado de tuberías tramo 'A' - Oeste
- Tabla 5. Codificación, coordenadas y ubicación de los puntos de monitoreo
- Tabla 6. Resultados obtenidos en los puntos de monitoreo
- Tabla 7. Análisis de los resultados
- Tabla 8. Análisis de los resultados en comparación con umbrales de Inmisión de H₂S

Contenido de Abreviaturas o Siglas

- CRTIB: Siglas de corrosivo, reactivo, toxico, inflamable y biopeligroso
- EPP: Equipo de protección personal
- GPS: Sistema de posicionamiento global
- MSDS: *Material safety data sheet*
- pH: Potencial hidrógeno
- pK: Constante de disociación ácida
- ppbv: Partes por billón por volumen
- ppm: Partes por millón
- PRIO: Plan de Reducción del Impacto por Olores Ofensivos
- SCB: *Stormwater catch basins*
- TRS: Azufre Total Reducido
- VOC: Compuestos orgánicos volátiles

Capítulo I: Introducción

1.1 Antecedentes

El Estero Salado es un sistema estuarino, formado por redes extensas de drenajes, éste forma parte de la geomorfología y oceanografía del Golfo de Guayaquil, tiene una extensión aproximada de 90 Km, se formó encima de gran parte de estos brazos de mar, integrando la periferia donde existen asentamientos humanos y cordones de pobreza. (Torres, 2011).

El área de intervención del Estero Salado, abarca los diversos ramales dentro de la zona urbana y rural del cantón Guayaquil y sus zonas de influencia, pertenecientes a los Distritos II, III y V, correspondientes a las parroquias urbanas Ximena, Febres Cordero y Tarqui, respectivamente, que están dentro del Área Protegida de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS), declarada así mediante Acuerdo Ministerial Nro. 110 del 9 de agosto del 2012, y publicada en el Registro Oficial Nro. 798 del 27 de septiembre de 2012, con una extensión aproximada de 15.497,42 hectáreas 154,97 km²; declarada en el Acuerdo Ministerial No. 319 del 1 de octubre de 2014.

Dentro del área de la RPFMS, específicamente en el sector norte, sur y suroeste del Estero, se encuentra los ramales interiores conocidos como Ramal 'A' Kennedy, Ramal 'B' Miraflores, Puerto Lisa, Las Ranas, Mogollón y Palanqueado, donde el crecimiento acelerado de la población, la falta de canalización de aguas lluvias y aguas servidas, y la disposición sin ningún control de desechos sólidos por más de cincuenta años, han contribuido a generar una contaminación sin precedentes en el Estero Salado.

Durante años el Estero Salado fue parte de las actividades recreativas y de esparcimiento de los guayaquileños, tradición que se debilitó debido al deterioro de las condiciones ecológicas del mismo, lo cual obedece a la influencia paulatina a través de varias décadas de factores fundamentalmente antropogénicos, los cuales pueden ser resumidos en tres aspectos:

- a) La contaminación del agua y sedimento causada por las descargas de los sistemas de alcantarillado de la ciudad y efluentes industriales (aguas lluvias, domésticas, e industriales);

- b) La falta de manejo de los desechos sólidos en los sectores ribereños del estero y de la ciudad de Guayaquil; y
- c) Los rellenos ilícitos en las riberas del Estero, mismos que facilitaron el establecimiento de asentamientos habitacionales irregulares que contribuyeron al deterioro ambiental del Estero Salado.

Como resultado, el Estero Salado, que durante la primera mitad del siglo XX fue considerado como uno de los referentes naturales y de esparcimiento de la ciudad de Guayaquil, fue afectado progresivamente por la contaminación y la falta de cobertura vegetal el crecimiento desordenado de la ciudad, el desarrollo industrial y la falta de servicios básicos en las zonas de ocupación aledañas.

En el estudio realizado por la Asociación Lahmeyer en el año 1998, establece que debido al crecimiento histórico de la ciudad se evalúa que el Estero fue poco a poco ocupado por el avance, mediante relleno sobre el blando y lodoso terreno, definiendo esta zona como de alta vulnerabilidad respecto a la estabilidad, complicando la seguridad de las construcciones levantadas sobre el Estero y sus riberas.

Adicionalmente, determina que los materiales que se emplearon fueron de mala calidad, por esta razón existe un peligro constante en la estructura de la construcción. (PRESIS-MAE-SGMC, 2014)

Según la *Tesis Tragedia del Estero Salado* (Witsenburg, 2007); los principales problemas del Estero Salado son las descargas domésticas e industriales, aguas servidas, desechos sólidos, la ausencia de vida marina, el mal aspecto con olores nauseabundos, el colapso del alcantarillado, reflujo con inundaciones y la insalubridad. La situación se agrava debido a que los canales del Estero Salado están bloqueados, lo que imposibilita el flujo y el drenaje, disminuyendo el aporte de agua con oxígeno disuelto, lo que favorece la eutrofización y consecuente implantación de condiciones anaeróbicas que añaden otro problema ambiental que afecta a todas las zonas aledañas al estero que es la generación de malos olores empeorando aún más el problema.

El Proyecto de Recuperación de las Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS) en base a estos precedentes ha identificado por medio de percepción organoléptica olores ofensivos en los diferentes tramos del Estero Salado de Guayaquil, mismos que según la literatura obedecen a la

descomposición anaeróbica de la materia orgánica, dando como resultado la formación del ácido sulfhídrico (H_2S); el olor que genera este gas es producto de la descomposición bacteriana de proteínas que contienen azufre, este es uno de los compuestos causantes de molestias por malos olores. (Wang Rui, 2010)

En el Estero Salado, especialmente en los ramales norte, los malos olores son producto del metabolismo anaerobio, producidos por las bacterias reductoras que viven en estos esteros eutrofizados. (PRESIS-MAE-SGMC, 2015)

Uno de los problemas más importantes o tal vez el más importante relacionado con el malestar de la población sobre las condiciones ambientales de algunos ramales del Estero Salado es la generación de olores ofensivos. Es por ello que el conocimiento de las fuentes de olores, los umbrales establecidos y de las tecnologías existentes para su control adquieren suma importancia para proponer soluciones.

1.2 Justificación

La generación de olores ofensivos se atribuye principalmente a actividades industriales y domésticas producto de la intervención antropogénica, según la literatura no se considera que pantanos, esteros, etc.; puedan ser fuentes no industriales de olores ofensivos.

Bajo las condiciones actuales es un hecho desconocido que la producción de olores ofensivos en el Estero Salado contribuya de manera significativa al deterioro ambiental de éste cuerpo de agua. Los aspectos ambientales significativos en el Ramal 'A' del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil están relacionados a la disposición inadecuada de efluentes domésticos e industriales y a la inapropiada gestión de desechos sólidos urbanos. También existe de manera potencial la inmisión de olores ofensivos; por lo tanto, una acción efectiva dentro de la gestión ambiental, es hacer uso de las mediciones ambientales para identificar y valorar los olores ofensivos, con el fin de comparar con los umbrales existentes y así plantear medidas de prevención, mitigación y control.

Dentro del marco legal ecuatoriano no existe reglamentación donde se establezcan niveles permisibles de calidad del aire por inmisión de olores ofensivos o procedimiento para la evaluación de actividades que los generan. Ninguna legislación en el Ecuador de forma específica regula o limita las emisiones de olor por una actividad o industria, este vacío legal está fundamentalmente justificado por la

inexistencia de una metodología de referencia para medir el olor, argumento que acentúa la necesidad de sentar precedentes dentro del campo de los olores ofensivos en el Ecuador.

Adicionalmente a esto se ha reportado quejas por malos olores provenientes del Ramal 'A' del Estero Salado, mismas que constan en la Providencia Seguimiento # 3: Expediente DPE-CZ8-02109-2014, de la Defensoría del Pueblo.

Según el Tribunal Europeo de Derechos Humanos y la Jurisprudencia Contencioso Administrativa han declarado que la contaminación por olores puede llegar a afectar en determinados casos el derecho a la intimidad domiciliaria de las personas, con esta declaración podemos observar la importancia del tema y la búsqueda de soluciones a éste problema. (Medeiros, 2011)

1.3 Alcance

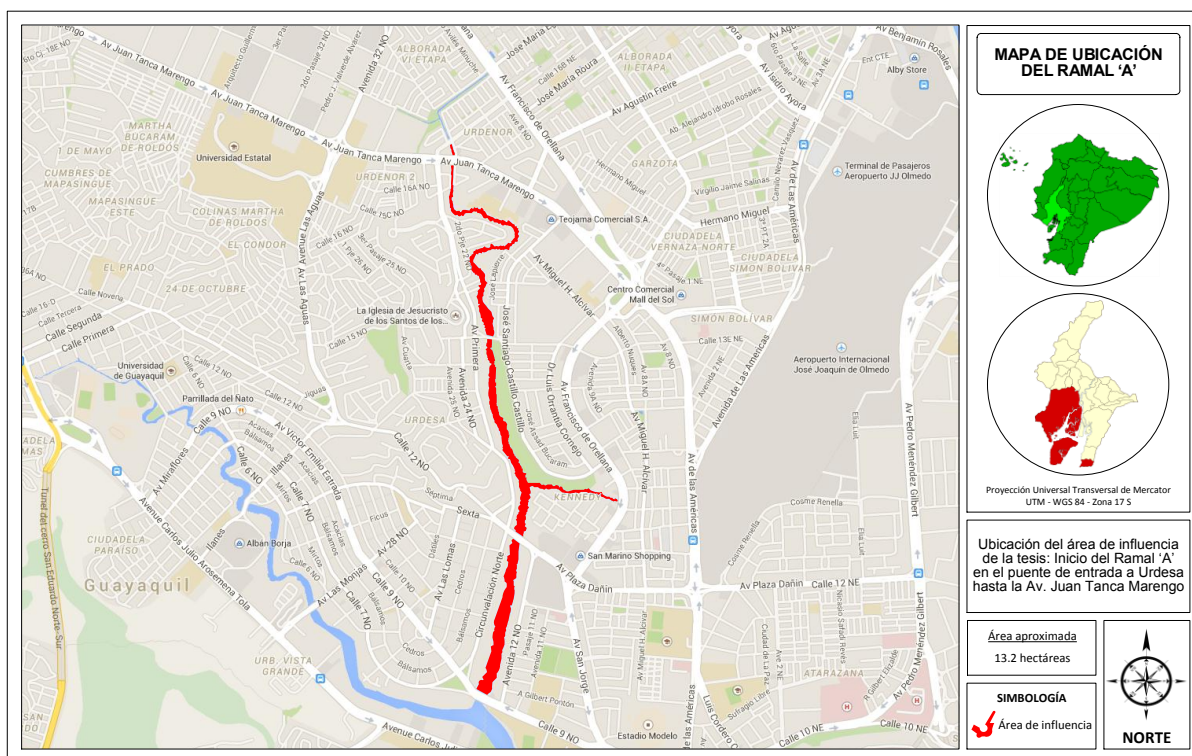
Se determinó por medio de un diagnóstico efectuado en el Proyecto de Recuperación de las Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay- Ministerio del Ambiente-Subsecretaria de Gestión Marino Costera (PRESIS-MAE-SGMC) los principales lugares del Estero Salado donde los olores ofensivos son fuente de malestar organoléptico, siendo estos los ramales del norte conocidos como A y B.

Para el presente estudio se considera el Ramal 'A' en base a denuncias reiteradas sobre olores provenientes de este cuerpo de agua. (Providencia Seguimiento # 3: Expediente DPE-CZ8-02109-2014)

El Ramal 'A' del Estero Salado será sujeto de análisis en el desarrollo de este proyecto de titulación, dentro del cual se realizarán: medición de gases contaminantes (H₂S) y elaboración de un Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos (PRIO).

Ubicación del área de influencia del proyecto de titulación: *Inicio del Ramal 'A' en el puente de entrada a Urdesa hasta la Av. Juan Tanca Marengo.*

Figura 1. Área de influencia del proyecto de titulación



Fuente: autor del proyecto de titulación

Finalmente, se proyecta ofrecer este PRIO al Proyecto de Recuperación de las Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay-Ministerio del Ambiente-Subsecretaria de Gestión Marino Costera, en conjunto con los resultados obtenidos; para que sirva como instrumento en la toma de decisiones que viabilicen la recuperación de este ramal del Estero Salado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Realizar el análisis de la inmisión de olores ofensivos en el Ramal 'A' del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil y plantear una propuesta de mitigación

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar la inmisión de olores ofensivos en el Ramal 'A' del Estero Salado en base a información primaria y secundaria de análisis de concentraciones de ácido sulfhídrico.
- Elaborar un Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos (PRIO) en base a la Resolución colombiana 1541:2013; y,
- Establecer medidas de mitigación.

Capítulo II: Revisión Bibliográfica

2.1 Generalidades sobre las sustancias olorosas

Las sustancias olorosas afectan a los seres humanos de diversas formas; es así que olores fuertes, desagradables u ofensivos pueden interferir con las actividades cotidianas, especialmente si son frecuentes y/o persistentes. Los factores que inciden con el órgano percepción de sustancias olorosas son:

- Nivel de olor de la sustancia
- Duración de la exposición a dicho olor
- Frecuencia de inmisión de olores
- Tolerancia y la reacción del receptor

Aunque el mal olor no puede causar daño directo a la salud, estimulantes tóxicos de olor pueden causar problemas de salud, así como enfermedades respiratorias. Como efectos secundarios, se podrían destacar la presencia de náuseas, insomnio y malestar. El fuerte olor además puede causar irritación nasal, desencadenando en serios problemas respiratorios e inclusive provocando asma.

La inmisión de sustancias olorosas incluye gases y partículas orgánicas e inorgánicas. Muchos compuestos olorosos son el resultado de la actividad biológica o están presentes en las emisiones de los procesos químicos. La mayoría de las sustancias olorosas son derivadas de la descomposición anaeróbica de materia orgánica que contienen azufre y nitrógeno como es el caso del sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H₂S). (www.mfe.govt.nz)

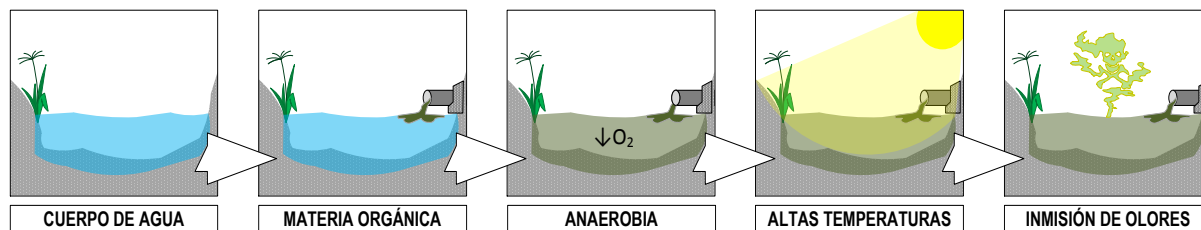
La mayoría de las sustancias olorosas son gaseosas en condiciones atmosféricas normales o por lo menos tienen una volatilidad significativa. Las sustancias de alto peso molecular son normalmente menos volátiles, y por lo tanto tienen menos olor.

2.2 Sustancias olorosas comúnmente reportadas

Según *Guidelines On Odour Pollution & Its Control 2008*, los compuestos más comúnmente reportados que producen olores son: el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido) y amoníaco (olor acre agudo). El disulfuro de carbono, mercaptanos producto de la descomposición de las proteínas (especialmente de origen animal), fenoles y algunos hidrocarburos de petróleo son otros olores comunes.

La mayoría de los olores ofensivos son creados por la descomposición anaeróbica de materia orgánica húmeda tales como: carne, estiércol, etc. Las altas temperaturas mejoran la descomposición anaeróbica y la producción de olor, tal como se representa en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo de la producción de olor



Fuente: autor del proyecto de titulación

Tabla 1. Sustancias olorosas emitidas por la industria

Sustancia olorosa	Formula	Peso molecular	Volatilidad a 25°C-ppm	Umbral de detección ppm	Descripción
Compuestos inorgánicos					
Amoníaco	NH ₃	17	Gas	17	Picante e irritante
Cloro	CL ₂	71	Gas	0,080	Picante y sofocante
Sulfuro de hidrogeno	H ₂ S	34	Gas	0,00047	Huevos podridos
Ozono	O ₃	48	Gas	0,5	Picante e irritante
Dióxido de azufre	SO ₂	64	Gas	2,7	Picante e irritante
Ácidos					
Ácido acético	CH ₃ COOH	60	Gas	1,0	Vinagre
Acido butírico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	88	Gas	0,12	Manteca rancia
Ácido propiónico	CH ₃ CH ₂ COOH	74	Gas	0,028	---
Alcoholes					
Alcohol amílico	C ₅ H ₁₁ OH	88	Gas	---	---
Alcohol butílico	CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	74	Gas	0,10	---
Aldehídos y cetonas					
Formaldehido	HCHO	30	---		Acre
Acetaldehido	CH ₃ CHO	44	Gas	0,067	Frutal
Butiraldehido	C ₃ H ₇ CHO	72	---		Rancio
Acetona	CH ₃ COCH ₃	58	---		Frutal

Sustancia olorosa	Formula	Peso molecular	Volatilidad a 25°C-ppm	Umbral de detección ppm	Descripción
Aminas					
Metilamina	CH ₃ NH ₂	31	Gas	4,7	Pútrido y olor a pescado
Dimetil amina	(CH ₃) ₂ NH	45	Gas	0,34	Pútrido y olor a pescado
Trimetil amina	(CH ₃) ₃ N	59	Gas	0,0004	Pútrido y olor a pescado
Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	45	---	0,27	Amoniacal
Dietil amina	(C ₄ H ₉) ₂ NH	129	---	0,020	---
Di-isopropil amina	(C ₃ H ₇) ₂ NH ₂	101	---	0,13	Olor a pescado
Dibutilamina	(C ₄ H ₉) ₂ NH	129	8,000	0,016	Olor a pescado
n butilamina	CH ₃ (CH ₂) ₃ NH ₂	73	93,000	0,080	Amoniacal
Mercaptanos					
Allil mercaptano	CH ₂ CHCH ₂ SH	74	---	0,0015	Desagradable y cebollas
Amil mercaptano	CH ₃ (CH ₂) ₄ SH	104	---	0,0003	Desagradable y cebollas
Bencil mercaptano	C ₆ H ₅ CH ₂ SH	124	---	0,0002	Desagradable y fuerte
Etil mercaptano	C ₂ H ₅ SH	62	710,000	0,0003	Coles podridas
Metil mercaptano	CH ₃ SH	48	Gas	0,0005	Coles podridas
Fenil mercaptano	C ₆ H ₅ SH	110	2,000	0,0003	Cebollas podridas
Propil mercaptano	C ₃ H ₇ SH	76	220,000	0,0005	Insoportable
Sulfuros					
Dietil sulfuro	(C ₂ H ₅) ₂ S	106	---	0,02	Éter
Dimetil sulfuro	(CH ₃) ₂ S	62	830,000	0,001	Coles podridas
Dimetil disulfuro	(CH ₃) ₂ S ₂	94	---	0,0076	Pútrido
Difenil sulfuro	(C ₆ H ₅) ₂ S	186	100	0,0001	Insoportable
Heterociclos orgánicos					
Indol	C ₆ H ₄ (CH) ₂ NH	117	360	0,0001	Fecales, nauseabunda
Piridina	C ₅ H ₅ N	79	27,000	0,0001	Picante e irritante
Escatol	C ₉ H ₉ N	131	200	0,001	Fecales, nauseabunda
Tiocresol	CH ₃ C ₆ H ₄ SH	124	---	0,0001	Rancio

Fuente: Journal of Indian Association for Environmental Management, Vol. 29, Feb, 2002 (Guidelines On Odour Pollution & Its Control. 2008)

En las zonas urbanas, el manejo inadecuado de los servicios públicos como alcantarillado sanitario generan sustancias olorosas (H₂S y mercaptanos) producto de

la descomposición anaerobia de la materia orgánica, lo que afecta a los usuarios, así como los residentes de los barrios.

2.3 Fuentes de olores

Las fuentes de olores se pueden clasificar como:

- Fuentes puntuales: Las fuentes puntuales se limitan a las emisiones de los respiraderos, pilas de compost y tubos de escape.
- Fuentes de área: Las fuentes de áreas no confinadas pueden ser: aguas residuales, planta de tratamiento de aguas residuales, vertedero de residuos sólidos, camas de compost, camas de estiércol, criaderos de animales como pollos o cerdos.
- Fuentes fugitivas: En esta fuente de olor, las emisiones son de naturaleza fugitiva como las emisiones de olores desde el suelo o la superficie de un biofiltro.

2.4 Estado de la normativa a nivel de Europa y Norteamérica

Según la *Guidelines On Odour Pollution & Its Control 2008*, la Norma Europea EN 13725 fue lanzado en el año 2003 y ahora existe la Norma Europea EN 13725 que unifica las normas de control de olor muestreo y análisis en 18 países de la Unión Europea (Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Alemania, Islandia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido). También la norma EN 13725 se alinea con el aseguramiento de la calidad ISO 9000 y los protocolos de pruebas científicas. La nueva Norma Europea EN 13725 ha sido adoptada por Australia y Nueva Zelanda AS / NZS 4323: 3: 2001 (AS 2001).

En los Estados Unidos, no existe una política de olores a nivel federal. Existe una norma, generalmente llamado el método ASTM D 1391 a 1357 (1972): mismo que se aplica para la medición de olores en atmósferas.

El estado de Minnesota tiene un programa de calidad del aire para corrales de engorde, en el que la Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota es designada para monitorear la calidad del aire alrededor de los criaderos a través de la medición de la concentración de H₂S en el aire:

- 30 ppbv H₂S como promedio 30 minutos que no podrá superarse en más de 2 días en un período de cinco días (esto sería al menos 60 ou/m³, a partir de un umbral de olor de H₂S de 0,5 ppbv, no teniendo en cuenta otros olores).
- 50 ppbv H₂S como promedio 30 minutos que no podrá superarse en más de 2 veces en un año.

2.5 El sulfuro de hidrógeno

Denominado ácido sulfhídrico en disolución acuosa (H₂S_{aq}), es un hidrácido de fórmula H₂S. Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero. Su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos. A pesar de ello, en el organismo humano desempeña funciones esenciales.

El ácido sulfhídrico se encuentra naturalmente en el petróleo, gas natural, gases volcánicos y manantiales de aguas termales. También puede existir en aguas pantanosas, lagunas o aguas estancadas, desagües, estanques de harina o de aceite de pescado, barcos pesqueros y alcantarillados.

Han ocurrido muertes en lagos o lagunas estancadas cuando el ácido sulfhídrico borbotaba desde las profundidades y alcanza a personas en la superficie, como este ácido es más denso que el aire se generan fraccionamientos por diferencias de densidad. Generalmente se produce por descomposición anaerobia de restos orgánicos.

También puede ocurrir por degradación bacteriana de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Así mismo se genera en refinerías de petróleo.

El ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas perceptible en contenidos muy bajos. El olor de este gas es generado por descomposición bacteriana de proteínas que contienen azufre, se lo conoce comúnmente como ácido hidrosulfúrico o gas de alcantarilla. Es uno de los compuestos destacados como causantes de molestias ocasionadas por malos olores.

Por esto se han desarrollado diversos procesos de desodorización que lo eliminan de corrientes contaminadas. Ejemplos: los tratamientos de gas con aminas en la industria y la utilización de nitrato cálcico en aguas residuales.

El ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud, bastan 20-50 partes por millón (ppm) en el aire para causar un malestar agudo que conlleva a la asfixia y a la

muerte por sobreexposición. Por su grado de toxicidad se le localiza directamente debajo del ácido cianhídrico (HCN). (Wang Rui, 2010)

2.6 Olores ofensivos

El olor es una sensación propia de quien la percibe y definir sí un olor es bueno o no depende de los siguientes factores: la sustancia química que lo produce (sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, amoníaco, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, urea, aldehídos, fenoles, compuestos clorados), como también la frecuencia, intensidad, duración y tiempo de exposición al olor. (Seoanez, 1998)

Olor ofensivo es el olor generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana. (Resolución 1541)

La norma europea UNE-EN-13725 Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica, define el olor como un *atributo organoléptico perceptible por el órgano olfativo cuando se respiran determinadas sustancias volátiles*.

Existen dos tipos de fuentes emisoras de olores ofensivos; estas son: fuentes superficiales activas y fuentes superficiales pasivas. Un ejemplo de fuente superficial activa es la provocada por un reactor biológico con inyección de aire en una PTAR, y como pasiva tendríamos el caso de un decantador en una PTAR o una parva de compost en una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos, en la que el efecto del viento sobre dicha superficie provoca la emisión. (UNE-EN-13725)

La percepción de un olor depende de: la concentración de olor y la intensidad, la calidad, identidad y el tono hedónico (agradable / desagradable)

La potencial molestia de un olor está relacionado con el efecto combinado de estas propiedades y otros parámetros tales como: la dispersión en el aire (turbulencia, dirección y velocidad del viento, etc.); la frecuencia de la percepción (el lugar de residencia de las personas afectadas, el tiempo dedicado a exteriores); el contexto percepción (la interferencia con otros olores, la actividad en curso cuando el olor se percibe, etc.); las particularidades de cada individuo (la historia de la exposición, la asociación con el concepto de riesgo, los factores psicológicos, etc.). (http://env.alpha-mos.com/es/odeurs_nuisances/definitions.php)

Según *Code de l'environnement - Article L220-2*, el olor se convierte en contaminante desde el momento en que se percibe como molestia por la población; es así que se habla de contaminación olfativa por olores ofensivos. Los valores límite de concentración de olor y las tasas de flujo de olores se han establecido en una serie de legislaciones, estos valores ayudan a prevenir la aparición de las molestias. (<http://www.legifrance.gouv.fr>)

A nivel internacional, en Europa, los países con una normativa más avanzada en relación con este tema son Holanda, Alemania y Reino Unido. En Asia, son Korea, China y Japón quienes cuentan con legislación específica de contaminación de olores desde hace años. Se aprecia, entonces, que son los países más poblados, los más avanzados en este tema, ya que las principales fuentes de quejas en relación con esta molestia se originan de los habitantes de áreas residenciales, que poco a poco se acercan a áreas industriales tradicionales por la falta de terreno urbano y por el precio más económico de estas zonas.

En base a estos adelantos internacionales se determina que existen países que ya poseen cuerpos legales que hacen mención a los olores ofensivos definiéndolos como contaminantes:

La norma española UNE-EN 13725:2004 establece al olor como "*la propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira sustancias volátiles*". La contaminación por olores ofensivos se constituye en un problema complejo; debido a su naturaleza "difusa".

La Resolución colombiana 1541:2013 dentro de su Anexo 1 correspondiente a definiciones establece "*Olor ofensivo. Es el olor generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana*".

En México no existe una norma para evaluar la contaminación por olores, para el efecto existe la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; cuerpo legal que establece la regulación de la prevención de la contaminación por olores. De acuerdo con dicha ley, la Secretaría de Salud debe proveer la vigilancia necesaria para determinar en qué momento se producen daños a la salud de la población por contaminación de olores. (<http://www.olores.org/index.>)

Según la EPA los olores ofensivos han sido clasificados como contaminantes "sin criterio". Una sustancia de olor ofensivo es aquella que por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición, puede causar efectos desagradables y generar una respuesta. (Blanes-Vidal, et al. 2011)

En América del Sur se han efectuado avances en el tema dentro de los cuales los países con mayor adelanto en el campo de la medición y control de olores ofensivos son Colombia y Chile. En Ecuador aún el tema es sujeto de evaluación por parte del Ministerio del Ambiente, a la fecha no existe una norma nacional en relación a la inmisión de olores ofensivos.

Para efectos del presente tema de proyecto de titulación se ha toma en cuenta las experiencias dentro de la Gestión de Olores Ofensivos existente en Colombia, tomando como referencia la Resolución 1541 (Diario Oficial No. 48.975 de 15 de noviembre de 2013) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones; así mismo la necesidad de un Plan de Reducción del Impacto por Olores Ofensivos (PRIO).

La Resolución 1541 de la República de Colombia establece valores límite diarios (24 horas) para Sulfuro de hidrógeno (H_2S), Azufre Total Reducido (TRS) y Amoníaco (NH_3) de 7, 7 y 91 $\mu g/m^3$ respectivamente. Valores a ser considerados en el desarrollo del presente tema de proyecto de titulación.

2.7 Problemas de olores en cuerpos de agua

La emisión de olores en cuerpos de agua se debe a la producción de compuestos olorosos, su emisión a la atmósfera, y su transporte a los receptores. La calve para el control del olor es la prevención de la producción, la emisión y/o el transporte de los compuestos olorosos. El mal olor se considera como el resultado de las actividades microbianas causadas por la producción de los compuestos volátiles olorosos, tales como ácidos grasos volátiles, fenoles, amoníaco, aminas volátiles, sulfuro de hidrógeno (el más importante), y compuestos volátiles que contienen azufre, que son productos intermedios o finales en la degradación de la materia orgánica durante los procesos anaeróbicos (Cook et al, 2010; Purdy et al, 2010).

Según los resultados obtenidos en el estudio *Offensive odorants released from stormwater catch basins (SCB) in an urban area* (Ehsanul Kabir et al. 2010) se demuestra el papel de los sumideros de aguas pluviales (SCB) como una fuente de mal olor en las zonas urbanas, siendo reconocido por su participación activa en la producción y liberación de diversas sustancias olorosas. En este estudio, la contaminación de olores fue investigada a partir de dos tipos de SCB (es decir Sistemas Húmedos y Secos) mediante la medición de una lista de sustancias olorosas ofensivas (compuestos de azufre reducido RSC, compuestos de carbonilo, nitrogenados, compuestos orgánicos volátiles COVs y ácidos grasos).

Las muestras de esos sistemas SCB se recogieron tres veces al día durante cinco días no consecutivos. De acuerdo con este estudio, el H₂S registrado oscila entre los valores medios más altos de 2554 ppb en lecho húmedo y 699 ppb en lecho seco. Por el contrario, los compuestos orgánicos volátiles más prevalentes fueron metil etil cetona (250 ppb en SCB seco) y tolueno (32,8 ppb en SCB mojado).

En general, la mayoría de las sustancias olorosas tienden a exhibir la mejora relativa en la tarde; independientemente de los tipos de SCB. Si los valores de concentración de cada sustancia olorosa se convierten en la intensidad del olor (IO), el grupo de compuestos de azufre reducido fue identificado como los componentes clave de la formación de olores en SCB; y, los valores de OI de cada componente individual están obligados a dar una suma de la intensidad del olor (SIO), los valores para el sistema mojado y seco registrados son: 4,99 y 4,25; respectivamente.

Se concluye que los Sistemas Húmedos y Secos pueden ser una fuente potencial de olores en las zonas urbanas, que deben ser manejados de una manera ambientalmente adecuada para suprimir la propagación de olores en los ambientes circundantes.

Ilhem et al. (2011) determina que para el control de H₂S los procesos biotecnológicos son reconocidos como los sistemas más competitivos y que las bacterias son los principales agentes de la biodegradación de H₂S, tanto en aguas residuales urbanas como en aguas residuales naturales.

A través de reacciones oxidantes el H₂S se convierte en un compuestos sin olor, tal como azufre S o ion sulfato SO₄²⁻, dióxido de carbono, vapor de agua y biomasa orgánica (Lee et al, 2006; Syed et al, 2006). El H₂S se utilizó como fuente de energía

y electrones; mediante la oxidación a sulfatos provenientes de diferentes variedades de bacterias (Tang et al., 2009).

Existen bacterias que son capaces de asimilar el H_2S ; ejemplos de estas son las bacterias incoloras de azufre de los géneros *Thiobacillus*, *Thiomicrospira*, *Thiosphaera*, *Sulfolobus*, *Thiomonas*, *Thiobacterium*, *Macromonas* y *Thiospira*, que tienen la capacidad de crecer en compuestos de azufre reducido. Además, *Paracoccus*, *Hyphomicrobium*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, y *Hydrogenobacter* que también utilizan compuestos de azufre reducido (Ding et al, 2006; Syed et al, 2006; Tang et al, 2009).

Janice Susaya et al. (2010) en Corea del Sur estimó la cantidad de sustancias odoríferas emitidas por el Lago Sihwa durante el período de la marea baja utilizando muestras de sedimentos recogidas de varios sitios. Una amplia variedad de olores liberados de los sedimentos del Lago se midió tal como compuestos de azufre reducido RSC, aldehídos, compuestos nitrogenados, compuestos orgánicos volátiles COVs, y ácidos grasos volátiles AGV. Los resultados globales de este estudio confirman que el sedimento puede desempeñar un papel importante en el fenómeno de los malos olores en la zona que rodea el Lago Sihwa por influencia intermareal.

En base a la literatura consultada tenemos que los problemas de olores ofensivos en cuerpos de agua no solo obedecen a procesos acuáticos si no que tienen relación directa con el sustrato que existe en el cuerpo de agua, así como los aportes de contaminantes de la cuenca a la que pertenecen. Dentro del presente proyecto de titulación se escogerá una sección del Ramal 'A' del Estero Salado en donde se analizará la inmisión de H_2S y la influencia de la marea en estos procesos de inmisión producto de años de aportes de materia orgánica que se encuentra de manera suspendida, así como sedimentada (PRESIS).

2.8 Medidas de mitigación y control de olores

Principios de control de olores.- Bajo condiciones anaeróbicas los microorganismos no tienen oxígeno disuelto disponible para la respiración esta condición permite la proliferación en estos medios de microorganismos conocidos como "bacterias reductoras de sulfato. Este tipo de microorganismos toman el ion sulfato (SO_4^{2-}) que es naturalmente abundante en la mayoría de las aguas como una fuente de oxígeno para la respiración, y coadyuvan a la producción de sulfuro de

hidrógeno (H_2S), que tiene una baja solubilidad en el agua residual y es una fuente significativa de olor ofensivo.

Los compuestos olorosos se generan a partir de degradación fermentativa de la materia orgánica existente en un cuerpo de agua o sustrato. En un proceso anaeróbico normal, los contaminantes orgánicos se convierten en biogás por hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis. La acidogénesis es el paso por el cual se generan sustancias olorosas, mientras que la metanogénesis es el consumo de las sustancias olorosas para finalmente formar el metano.

Si hay un desequilibrio entre acidogénesis y metanogénesis, se generarán los olores. La producción de amoníaco durante la digestión de biosólidos es otro contribuyente al problema del olor. Como la condición anaeróbica es la principal causa del problema de olor, mejorando el proceso aeróbico se reduciría o eliminaría la emisión de olores.

El suministro adecuado de oxígeno disuelto a través de aireación o la adición de productos químicos que pueden proporcionar el oxígeno unido químicamente en una solución de agua es necesario para propiciar una condición aeróbica. Cuando la producción de los compuestos olorosos no se controla, cortando la emisión del compuesto al medio ambiente se debe realizar la modificación superficial con microorganismos que pueden atrapar de manera eficiente y descomponer los compuestos olorosos.

Cuando los compuestos olorosos se han producido y emitido en el aire, el transporte de compuestos olorosos a los receptores debe ser eliminado/reducido. La recolección de los compuestos olorosos seguido de pasar a través de una columna de absorción para absorber o convertir los compuestos olorosos en sustancias inodoras sería una opción. Por otra parte, el cubrir o enmascarar el olor con olores agradables puede mitigar el efecto del olor sobre los receptores, pero no eliminarlo.

2.9 Tecnologías para el control de los olores

Tecnologías físicas.- Una de las maneras más fáciles y más rápidas para resolver los problemas de olor es usar productos perfumados que son biodegradables, no tóxicos, seguro y de bajo costo, en la fuente de inmisión del olor. El principio de este método es cubrir o enmascarar las sustancias olorosas con una fragancia agradable, y así evitar quejas sobre malos olores en la zona circundante. En la actualidad existen varios aerosoles, polvos y otros aditivos disponibles en el mercado, y que se han

utilizado en la práctica de mitigar los olores ofensivos (<http://www.alibaba.com/showroom/odorneutralization.html>); sin embargo, no es una solución preferida por el hecho de que el uso de los productos perfumados solo protege temporalmente pero no elimina el olor, lo cual implica que las sustancias olorosas persistan en el ambiente.

Desde los años 1990 a la fecha se han comercializado productos tipo spray de control de olores el más reciente es el llamado ODOREZE™ (http://www.imtek.biz/page/N/CTGY/od_lag_spr). Estos productos en aerosol no se limitan a enmascarar los olores si no que mientras elimina el mal olor evitan la producción de compuestos olorosos.

Existen tres mecanismos que normalmente trabajan juntos para el control del olor. En primer lugar, cuando se aplica inmediatamente ataca y destruye los compuestos olorosos; tales como sulfuro de hidrógeno y amoníaco. En segundo lugar, se puede inactivar la enzima ureasa que convierte nitrógeno y urea a los gases odoríficos, tales como el amoníaco. En tercer lugar, puede destruir la producción de olores eliminando las bacterias anaerobias y promueve el crecimiento de bacterias aerobias destruyendo así el olor.

El atomizador rotatorio es otra técnica física ampliamente recomendada para el control de los olores en el caso de las fuentes de área (esteros, estanques, lagunas); éste consiste en boquillas pulverizadoras y atomizadores que rocían partículas ultra finas de agua o productos químicos que puede suprimir los olores.

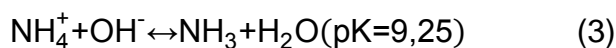
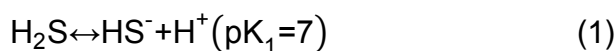
El atomizador rotatorio produce millones de gotas microscópicas de agua hasta 238 mil millones de pequeñas gotitas individuales que son más delgadas que un cabello humano y un fino rocío que cubre hasta 30 metros, esto crea una niebla fina, que es más eficaz con el mínimo uso de agua y electricidad.

Hay un gran número de productos químicos que pretenden reducir el olor cuando se aplican a fuentes de área. Para tal efecto se esparcen sustancias químicas sobre las sustancias olorosas contenidas en un área determinada; estas sustancias olorosas pueden ser oxidadas por efecto de la atomización del dióxido de cloro. Así mismo el olor de fuentes tales como estanques, lagunas y aguas residuales o efluentes con pre tratamiento posterior pueden ser controlados por pulverización atomizada de dióxido de cloro.

Las técnicas de pulverización/atomizador se utilizan para ocultar al olor o enmascararlo, técnica que es ideal para fuentes fugitivas. (Guidelines On Odour Pollution & Its Control. 2008)

Tecnologías químicas.- Son significativamente importantes en los métodos químicos de control de olores. A continuación, se citan algunos métodos de control de las sustancias olorosas.

Control del olor por el ajuste del pH.- El pH tiene un efecto significativo sobre el cambio de forma del sulfuro y el amoníaco. En solución acuosa existen tres formas de sulfuros que son: sulfuro (S^{2-}), Ion sulfuro de hidrógeno (HS^-) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). Las ecuaciones (1) y (2) describen la disociación de H_2S a HS^- y S^{2-} , respectivamente. Los valores de la constante de disociación ácida pK de la Ecuación (1) pK₁ y (2) pK₂ determinan la presencia de H_2S , S^{2-} y/o HS^- . El H_2S es la principal forma de sulfuro que se presenta en la solución cuando el pH es inferior a 6 (pK₁=pH) (Sharma et al., 1997). La concentración de H_2S y HS^- es igual a pH 7 (pK₁=pH). En pH mayor que 7 el HS^- es la forma principal. En pH 12, el S^{2-} comienza a manifestarse, mientras que al solamente elevar el pH a 13,8 se convierte en dominante el HS^- . El amonio (NH_4^+) puede transferirse al amoníaco (NH_3) cuando OH^- se presenta en la solución, ver Ecuación (3). El valor de pK de la reacción es 9,25 (Sharma et al., 1998); por lo tanto, casi no hay NH_3 existente a pH bajo como por ejemplo pH 6. Mientras sube existen aumentos de NH_3 , a pH 8, 50% del NH_3 aumenta en alrededor 10% y a pH 9,25 (=pK). Por lo tanto, el sulfuro y el amoníaco presente en la forma de gas (H_2S y NH_3) a pH por debajo de 6 y por encima de 8, respectivamente.



El pH óptimo para el crecimiento de bacterias metanogénicas es de 6 a 7,5 (Steinhaus et al., 2007; Jigar et al., 2011), por lo tanto, ajustar o mantener el pH entre 6 y 7,5 sería inhibir la formación de sulfuro de hidrógeno y gas de amoníaco sin alterar a las bacterias metanogénicas. El hidróxido de sodio e hidróxido de magnesio son dos productos químicos más aplicados para el ajuste de pH y para suprimir la producción de sulfuro de hidrógeno y gas de amoníaco (Jefferson et al., 2002; Semerjian y Ayoub,

2003; Radhakrishnan, 2011). En comparación con el hidróxido de magnesio, el hidróxido de sodio es mejor, más rápido y con buen rendimiento en el control del olor debido a su alta solubilidad (Jefferson et al., 2002). Cuando se aplica el método para el control del olor, la causa del problema del olor se debe encontrar primero hacia fuera, lo que significa que el tipo de compuestos olorosos producidos deben ser detectados; por ejemplo, si el olor es generado por la producción de sulfuro de hidrógeno, el pH debe mantenerse por encima de 6, pero se debe prestar atención para evitar la inhibición de la metanogénesis y la producción de amoníaco.

Control de olor por oxidación.- El cloro, el compuesto de oxígeno de cloro, peróxido de hidrógeno, ozono, permanganato de potasio, y ferrato, se consideran como oxidantes fuertes.

El cloro y el compuesto de oxígeno cloro se puede disociar para formar iones de hipoclorito (ClO^-) en agua. El hipoclorito tiene muy baja estabilidad y puede oxidar muchas sustancias orgánicas e inorgánicas. Otro compuesto oxidante es el permanganato de potasio cuya propiedad de oxidación es del anión MnO_4^- en los que el manganeso está en el estado de oxidación más alto (7+) que resulta en su carácter altamente reactivo, su capacidad de oxidación depende del pH. Es un oxidante fuerte a pH inferior a 7, pero suave en solución alcalina.

El peróxido de hidrógeno es uno de los oxidantes más potentes debido a la liberación del radical hidroxilo, su potencial de oxidación es superior al cloro, compuestos oxigenados de cloro, y el permanganato de potasio.

El ozono consta de tres átomos de oxígeno; su condición de alótropo le da su propiedad de inestable, éste puede descomponerse rápidamente a hidroxilo y radicales de peroxilo de hidrógeno bajo condiciones de pH alto.

La adición de los oxidantes puede convertir el ion sulfuro en formas sin olor incluyendo los sulfatos y elementos de sulfuro, estos compuestos son más a menudo utilizados para controlar la emisión de sulfuro de hidrógeno en comparación con el ajuste del pH (Jefferson et al., 2002; Siemens Water Technologies, 2009b, a; California Water Technologies, 2011)

Estudios previos indican que los oxidantes podrían inactivar microorganismos tales como bacterias, hongos, virus y algas debido a que la oxidación directa causa destrucción de la material celular o enzimas específicas (Dietrich et al., 2007;

Vandekinderen et al, 2009; Cho et al, 2010); aunque en general la inactividad sólo se produce cuando la dosis de oxidantes es lo suficientemente alta (por ejemplo, la adición de permanganato de potasio >20 mg/L), mientras que la dosis es baja (tal como la adición de permanganato de potasio es de alrededor de 10 m/L) cuando es utilizado para el control del olor.

De hecho, los oxidantes pueden eliminar completamente el sulfuro de hidrógeno en menos de 10 min, sin embargo, la eliminación depende del pH del sistema. El cloro y sus compuestos oxigenados normalmente tienen la menor eficiencia en el control de olores debido a su reacción con otras sustancias (materias orgánicas) en las aguas residuales (Pandit et al, 2006; Zhang et al, 2008).

Según von Gunten, U., 2003 y su estudio *Ozonation of drinking water: part I. Oxidation kinetics and product formation*, el impacto perjudicial en la salud humana ha sugerido que el uso de cloros debe ser evaluado cuidadosamente. El ozono puede atacar rápidamente a las sustancias olorosas y convertirlas en sustancias sin olor, y además puede reducir el bromato en agua. El pH de la solución determina la iniciación de la descomposición del ozono a los radicales libres que reducen H_2S a S^0 o más SO_4^{2-} .

Para una alta remoción de H_2S , el pH se requiere > 8. El ozono se descompone rápido y su producción necesita una costosa inversión en equipos (Fiessinger et al, 1981; Clayton et al., 2006).

El permanganato de potasio ha sido comúnmente utilizado en la industria para el control de olor y sabor; sin embargo, su uso en el control del olor de las aguas residuales no es favorable debido al alto costo y la baja solubilidad (Arunraj et al, 2008; Zhang et al, 2008). Actualmente es muy usado el permanganato de potasio modificado como el HS-600 compuesto por sílice y permanganato de potasio por ser económico (Filter Innovations INC, 2010.); Según Krischan et al., 2012 en su estudio *Design and scale-up of an oxidative scrubbing process for the selective removal of hydrogen sulfide from biogas*, el uso de permanganato de potasio modificado en lugar de permanganato de potasio puro sería una alternativa. El peróxido de hidrógeno puede reducir rápidamente la concentración de sulfuro y proporcionar oxígeno al sistema para inhibir el crecimiento de los anaerobios que son el producto de compuestos olorosos en las aguas residuales.

El peróxido de hidrógeno al 50% y al 27% son oxidantes disponibles en el mercado para el control del olor en estanques o lagunas (Water Technologies de Siemens, 2009a). El peróxido de hidrógeno utilizado generalmente requiere una consideración especial, debido a su corta vida (alrededor de una hora y media); por lo tanto, se debe aplicar en múltiples puntos y en varias repeticiones (Charron et al., 2006). La oxidación con H_2O_2 del H_2S se produce sólo en la condición neutra y alcalina y los productos finales son S^0 a pH 7 y SO_4^{2-} a pH 9,2.

La vida media de los oxidantes es significativamente importante en el control del olor en aguas residuales ya que decide el costo del tratamiento, la frecuencia de adición y el método de adición también son factores importantes. La vida media depende de muchos aspectos tales como el pH, la concentración inicial y el tipo de contaminantes en las aguas residuales (EPA, 1999; White, 1999; Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004; Vogelphohl and Kim, 2004; Regenesis, 2007; US Peroxide, 2012). El control del olor con oxidantes trabaja principalmente en el sulfuro de hidrógeno. Recientemente, los investigadores observaron que la oxidación catalítica podría controlar de manera eficiente el problema de olor aportado por compuestos orgánicos (Eniola et al, 2006; Lu et al, 2012).

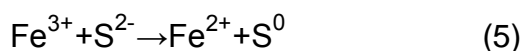
El nitrato es otro tipo de oxidante usado para el control del olor, porque el nitrato puede proporcionar oxígeno unido químicamente que puede ser usado para oxidar compuestos olorosos. Los estudios han revelado que el nitrato (nitrato de sodio o nitrato de calcio) dieron un rendimiento aún mejor en el control de emisiones de sulfuro de hidrógeno que el peróxido de hidrógeno debido al potencial de oxidación; ya que suficiente nitrato mejora la oxidación (Poduska y Anderson, 1981; Jefferson et al., 2002).

De hecho, dos mecanismos se han previsto para el control del olor mediante la adición de nitrato, una es que el oxígeno del nitrato es asimilado más fácilmente por las bacterias reductoras de sulfato que el oxígeno de sulfato; por lo tanto se da la reducción de la producción de sulfuro, mientras que la otra es que la adición de nitrato desarrolla el proceso de desnitrificación, donde el nitrato es reducido por la oxidación del sulfuro producido (Zhang et al, 2006; Bories et al, 2007; Jiang et al., 2011). Es necesaria la adición de cantidades cuidadosamente controladas de nitrato a fin de no causar una condición adicional de exceso de nitrato.

Control de olor por precipitación metálica.- Muchos sulfuros metálicos tal como sulfuro ferroso, sulfuro de cobre, sulfuro de zinc, son insolubles; por tal razón el uso de ion metálico (hierro, cobre, y zinc) para precipitar sulfuros es una manera de controlar los problemas de olores. En comparación con otros metales, el hierro es más eficaz en el control de la concentración de sulfuro en las aguas residuales (Jameel, 1989; Hvitved-Jacobsen et al, 2002; Altaş y Büyükgüngör, 2.008; Mokone et al, 2.012.); lo que conduce a su amplia utilización en la prevención de emisión de sulfuro de hidrógeno.

Tres sales de hierro, incluyendo cloruro ferroso, sulfato ferroso; y, cloruro férrico se utilizan sobre todo en el control de las inmisiones de sulfuro de hidrógeno (Bielefeldt et al, 2002; Firer et al, 2008; Gutiérrez et al, 2010).

La conversión del sulfuro en compuestos inodoros se muestra en las ecuaciones (4) y (5). Se informó que la sal férrica fue más eficiente en la remoción de sulfuro de sal ferrosa (Tomar y Abdullah, 1994; Firer et al., 2008). Esto es debido a que cada mol de Fe^{3+} quita 2 moles de Sulfuro (uno molar se convierte en elemento de sulfuro, y uno molar se convierte en sulfuro ferroso precipitante después de Fe^{3+} se reduce a Fe^{2+}) mientras que cada mol de sulfuro de Fe^{2+} elimina una mol de sulfuro ferroso. La mezcla de sales ferrosas y férricas tiene la mayor eficiencia en el control de la concentración de sulfuro de hidrógeno (Padival et al., 1995; Firer et al., 2008). Posiblemente se debe a que Fe^{2+} utilizado por sulfuro (Ecuación 4) se puede compensar continuamente a través de la reducción de Fe^{3+} (Ecuación 5) y por lo tanto aumenta la producción de sulfuro ferroso.



Control de olor por combustión.- La combustión es un método común en el control de la contaminación del aire aportado por los compuestos orgánicos, y podría ser utilizado para problemas de olor por sustancias olorosas. Tres métodos se podrían utilizar: de llama directa, catalítica y abierta de combustión tipo llamarada.

Quemar las sustancias olorosas en la cámara de combustión a altas temperaturas se llama combustión de llama directa. Las sustancias olorosas se oxidan en sustancias inodoras después de haber sido inyectadas en la cámara y mezcladas con el aire. Según Hein, 1964 en su estudio *Odor control by catalytic and high-temperature*

oxidation, se necesita un rango de temperatura de 650-750 °C para completar la eliminación de olores y como medida de seguridad los productos de combustión deben ser enfriados antes de la descarga.

La combustión catalítica es una oxidación sin llama de las sustancias olorosas en presencia de catalizador, y su temperatura es 200 °C menor que para la combustión directa (Hein, 1964; Guan et al., 2007). Aleaciones de platino son generalmente catalizadores aplicados ya que ofrecen una alta eficiencia y combustión estable (Karagiannidis et al., 2007; Jiang et al, 2010; Smyth y Kyritsis, 2012). Para lograr el mayor contacto entre catalizador y sustancias olorosas, deben ser empleados soportes donde van dispuestos los catalizadores.

La combustión abierta tipo llamarada puede ser considerable sólo cuando la concentración de la sustancia olorosa que se acumula en la cubierta de gas de la laguna es capaz de soportar la combustión.

Normalmente la concentración de las sustancias olorosas en las aguas residuales no es lo suficiente para soportar la combustión abierta. Por lo tanto, llama directa y combustión catalítica podrían ser los tratamientos más prácticos para el control de olores. En base a la investigación de información secundaria no se tiene registros de ninguna aplicación de combustión para el control de olores; por lo tanto, se requiere estudios para evaluar su uso.

Control de olores por neutralización de olores.- La neutralización de las sustancias olorosas es una tecnología empleada en lagunas de control de olores (Bio Triad, 2009). El sistema de neutralización consiste normalmente de un tanque neutralizador de almacenamiento, un productor de vapor, un esparcidor y una unidad de control, este método es más empleado en sistemas de tratamiento de aguas residuales PTAR.

Tecnologías biológicas.- Los métodos físicos y químicos para el control de olores son costosos y requieren considerables consumos de energía, además el problema del olor reaparecerá una vez que se descontinúe el tratamiento (Hein, 1964; Zhang et al, 2008). Los métodos biológicos constituyen una manera de controlar el olor mediante la inhibición de la producción de sustancias olorosas que es la causa raíz del problema de olor o emisión de sustancias olorosas. Estos métodos se basan en ajustar el tipo de microorganismo dentro de un sistema que controle la inmisión de olores. Los métodos biológicos son eficaces y económicos para sustancias olorosas

biodegradables y compuestos orgánicos volátiles VOC. (Shareefdeen et al, 2005). Para efectos del presente proyecto de titulación se analizará la biofiltración.

Control de olores por biofiltración.- La biofiltración es una de las tecnologías más populares para el control de olores en la industria (Nicolai y Janni, 2000; Sheridan et al, 2003; Xie et al., 2009). Los olores son recogidos por cubiertas físicas y secuencialmente inyectados en filtros percoladores o biofiltros porta bacterias (*biocarriers*) tales como virutas de madera o polímeros especiales. Los olores podrían ser eliminados mediante la interacción con los *biocarriers* o ser adsorbido por los *biocarriers* o ser convertidos en compuestos libres de olor por microorganismos que crecen sobre los *biocarriers*.

La adsorción física y la descomposición biológica son los principios del control de olores por biofiltración. Sin embargo, los sitios disponibles en los portadores para la interacción y de sorción se limitan, por lo tanto, la descomposición biológica de las sustancias olorosas por microorganismos es mayormente responsable del control del olor. Por lo tanto, los microorganismos son la clave de la biofiltración para el control del olor. *Bacillus sp.*, y *Thiobacillus sp.*, son dos bacterias comúnmente utilizadas en la biofiltración para eliminar el sulfuro de hidrógeno H₂S (Kim et al, 2002; Oyarzún et al., 2003; Park et al, 2009; Ramírez Sáenz et al, 2009; Xie et al, 2009). *Paracoccus sp.* y enterobacterias se tiene informes que son eficaces para el control de los compuestos orgánicos volátiles (Calce et al, 2005; Tsang et al., 2007; Xie et al, 2009). *Pseudomona sp.*, son bacterias que podría eliminar simultáneamente H₂S, NH₃ y otros compuestos orgánicos volátiles (Xie et al, 2009; Lebrero et al., 2011).

La biofiltración puede ser un auto inoculante (lleno de compost o lodos de aguas residuales) o un sistema de introducción de inoculado. El sistema anterior es económico, pero responde lento al tratamiento de olores (Otten et al, 2004; Pagans et al., 2006; Taghipour et al, 2008; Liu et al, 2009; Hort et al, 2012), esto debido al tiempo requerido para que la comunidad microbiana colonice los biofiltros.

Varios parámetros incluyendo el tiempo de residencia del gas, la humedad, el embalaje porosidad, temperatura y pH, son importantes en el funcionamiento de la biofiltración. El control apropiado de estos parámetros se debe principalmente a la consideración en el mantenimiento del crecimiento de microorganismos en el biofiltro

(colonización bacteriana). Además, el tiempo de residencia, también llamado tiempo de la cama vacía, y la humedad son dos factores importantes.

Cuando el tiempo de residencia del gas es corto, las sustancias olorosas en la corriente de gas se escaparán de la biofiltración antes de que puedan ser capturadas. El tiempo de residencia requerido en la eliminación de compuestos olorosos normalmente es menos de 1 minuto. La humedad mínima necesaria para mantener el rendimiento del pozo de los microbios en la reducción de las sustancias olorosas es del 40% (Oyarzún et al, 2003; Pagans et al., 2006; Taghipour et al., 2008).

Tecnologías biológicas generalmente requieren un tiempo de respuesta más largo para tratar el problema de las emisiones de olores; sin embargo, son más eficientes en costo en comparación con las tecnologías físicas o químicas. Entre todas las tecnologías biológicas, la cubierta biológica es la tecnología prometedora debido a su fácil operación y alta eficiencia.

2.10 Efectos de la exposición a H₂S en humanos

Según la World Health Organization WHO, en el reporte Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects; la inhalación es la principal vía de exposición al sulfuro de hidrógeno. La mayoría de la información en humanos se deriva de los informes de casos de intoxicación aguda, las exposiciones ocupacionales y estudios de comunidades limitadas. Un resumen de los efectos en la salud humana derivados de la exposición al sulfuro de hidrógeno se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Efectos en la salud humana a diversas concentraciones de ácido sulfhídrico.

Exposición mg/m ³	Efecto	Referencia
0,011	Umbral de olor	Amoore & Hautala, 1983
2,8	Bronco constricción en individuos asmáticos	Jappinen et al., 1990
5,0	Aumento de molestias oculares	Vanhoorne et al., 1995
7 a 14	Aumento de la concentración de lactato en sangre, disminución del mecanismo de reacción de la citrato sintasa y metabolismo de la glucosa en el músculo esquelético, disminución del consumo de oxígeno.	Bhambhani & Singh, 1991; Bhambhani et al., 1996b, 1997
5 a 29	Irritación ocular	IPCS, 1981
28	Fatiga, pérdida de apetito, dolor de cabeza, irritabilidad, mala memoria y mareo	Ahlhorg, 1951
> 140	Parálisis olfatoria	Hirsch & Zavala, 1999
> 560	Dificultad respiratoria	Spolyar, 1951
≥ 700	Muerte de individuo expuesto	Beauchamp et al., 1984

Fuente: Concise International Chemical Assessment Document 53, Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects. World Health Organization, Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. Geneva, 2003.

De conformidad con el reporte Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects, el sulfuro de hidrógeno es un gas irritante, otros efectos que se presentan son:

Efectos oculares como: queratoconjuntivitis, erosión corneal, blefaroespasmos, lagrimeo y fotofobia han desarrollado individuos expuestos brevemente a altas concentraciones de gas de sulfuro de hidrógeno.

Efectos neurológicos como: náuseas, dolores de cabeza, delirio, trastornos de equilibrio, falta de memoria, cambios de comportamiento neurológico, parálisis olfatoria, pérdida de conciencia, temblores y convulsiones.

Efectos cardiovasculares como: dolor en el pecho, bradicardia, arritmias cardíacas y aumento de la presión arterial.

Efectos metabólicos como: aumento en las concentraciones de lactato de la sangre y disminución en el consumo de oxígeno.

Efectos en la salud reproductiva como: aumento de abortos espontáneos. (Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects. WHO, 2003)

2.11 Proyecto de Recuperación de Aéreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS)

Sellado de Tuberías Clandestinas.- El Proyecto de Recuperación de Aéreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS), a cargo de la Subsecretaría de Gestión Marina y Costera - Ministerio del Ambiente, lanzado en mayo de 2010, tiene como propósito recuperar los espacios naturales para la recreación y esparcimiento de los habitantes de la ciudad de Guayaquil, planteándose como metas, la generación o recuperación de 1379 ha de áreas verdes en el cantón y la recuperación de 10 km de ramal del Estero Salado. Con la implementación del proyecto "PRESIS" se espera mejorar las condiciones ambientales del Estero Salado y brindar a los habitantes de la ciudad de Guayaquil sitios de esparcimiento, recreación, deporte y al medio ambiente pequeños hábitats para el desarrollo de animales y plantas silvestres.

Con fecha 6 de octubre del 2014 se efectuó la firma del contrato entre la Subsecretaría de Gestión Marina y Costera (SGMC), representada su máxima autoridad el Subsecretario; a esa fecha, Eliécer Cruz Bedón MSc., y la contratista POLICONSTRUC S.A., representada por el Ing. Carlos Peña Ochoa. Los trabajos fueron iniciados el día 7 de octubre del 2014. El objeto del contrato fue ejecutar, terminar en todos sus detalles y entregar debidamente la obra de "Sellado de tuberías clandestinas de aguas servidas que descargan en los ramales 'A y B' del Estero Salado". Producto de esto se ejecutaron los siguientes rubros:

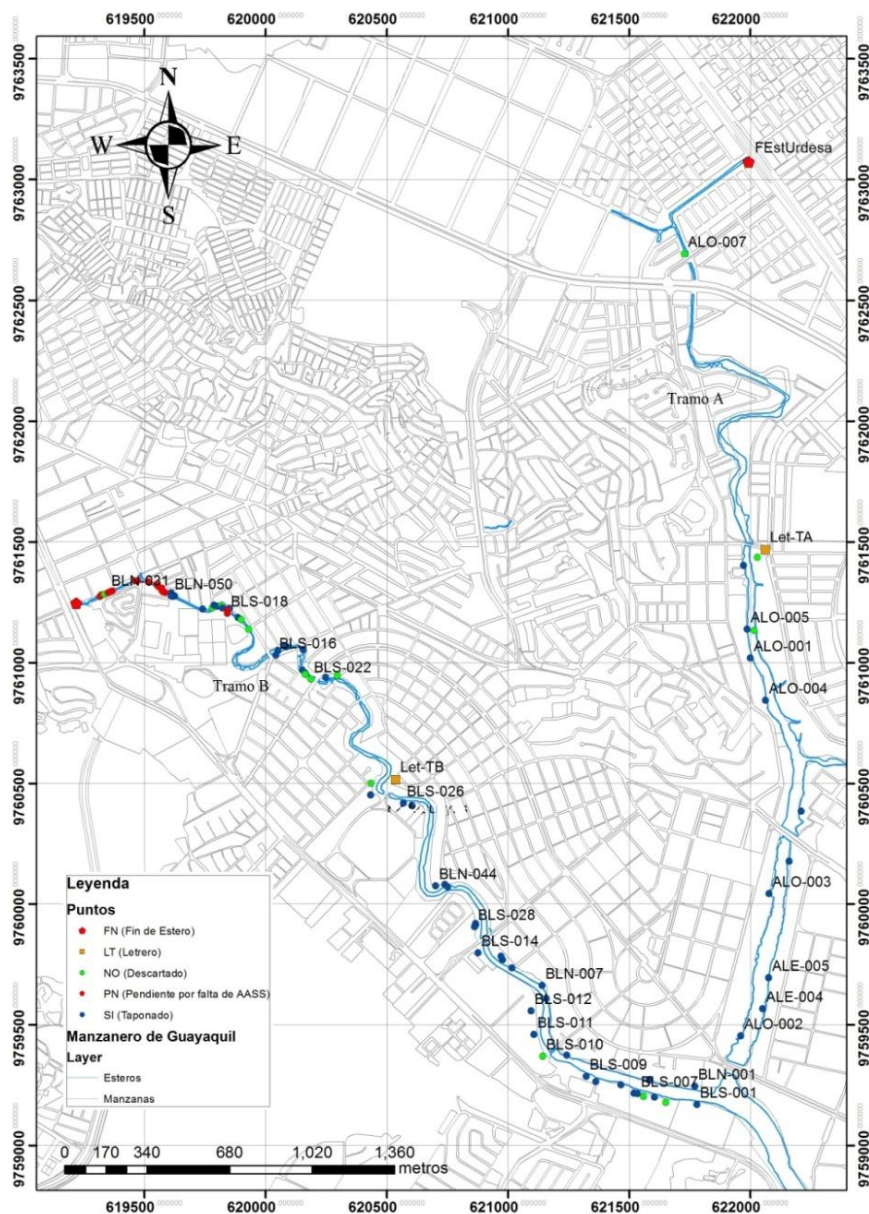
Limpieza y Desbroce: Este rubro consiste en la preparación del sitio donde se encuentra la tubería a taponar como excavación a mano, retirada de basura y abertura de trocha en manglar o monte. Además, de tomar acciones en la tubería como cortarla para que el taponamiento sea más dificultoso de ser retirado. Se desbrozaron y limpiaron los 132m².

Registro de puntos con GPS: Consiste en la ubicación de los puntos (de una o varias tuberías) por medio de equipo de posicionamiento geográfico en sistema de coordenadas UTM - 17S. Se registraron 63 puntos a ser taponados, más otros que fueron registrados por encontrarse tuberías de aguas lluvias de INTERAGUA C. Ltda., con desechos contaminantes, o tuberías que fueron equivocadamente registradas como contaminantes, o tuberías contaminantes que no pudieron ser taponados por

estar en zonas donde no existe alcantarillado sanitario (Mapasingue - Parte final de tramo B).

Elaboración y Colocación de Hormigón Simple: Consiste en la fabricación y colocación de hormigón simple hecho a mano con aditivos como acelerantes, plastificantes e impermeabilizantes; para mejorar la calidad del taponamiento. Se espera que la resistencia a la compresión del hormigón sea de mínimo 180 kg/cm², y sea colocado en una longitud mínima de 1m. Se utilizaron los 9.8m³ de hormigón como consta en la respectiva descripción de rubro. Además, es importante recalcar, que algunos puntos fueron taponados más de una ocasión por su dificultad o porque los mismos eran taponados.

Figura 3. Sellado de Tuberías Clandestinas en los ramales 'A y B'



Fuente: PRESIS-MAE-SGMC, 2014

Tabla 3. Sellado de tuberías tramo 'A' - Este

Código	Descripción	Taponada	Fecha de taponamiento
ALE-002	Tubería de 110mm PVC de baño público de Las Garzas que no ha sido habilitado pero se aprovechó en clausurar	SI	24-oct-14
ALE-003	Tubería de 300mm PVC con desperdicios materiales	SI	24-oct-14
ALE-004	Tubería de 110mm PVC en construcción con baño a la intemperie	SI	24-oct-14
ALE-005	Tubo de 50mm botando desperdicios de alimentos	SI	24-oct-14
TOTAL DE TUBERÍAS TAPONADAS		4	

Fuente: PRESIS-MAE-SGMC, 2014

Tabla 4. Sellado de tuberías tramo 'A' - Oeste

Código	Descripción	Taponada	Fecha de taponamiento
ALO-001	Varias salidas de 50mm y 110mm en asilo de ancianos	SI	31-oct-14
ALO-002	2 tuberías en Círculo Militar de lavandería que bota agua con detergente	SI	24-oct-14
ALO-003	1 tubería de 200mm metálica en residencia	SI	24-oct-14
ALO-004	Casa en remodelación con dos tubos de aguas servidas	SI	27-oct-14
ALO-005	Tubería de 110mm en casa que botada desperdicios de alimentos	SI	27-oct-14
ALO-006	Tubería de 50mm PVC con desperdicios de alimentos y detergente	SI	27-oct-14
ALO-007	Tubería de 50mm PVC de ducha de caseta de guardián	NO	Fue descartada
TOTAL DE TUBERÍAS TAPONADAS		6	

Fuente: PRESIS-MAE-SGMC, 2014

Informe Técnico PRESIS-070-2015.- Con estos antecedentes la Compañía Bioremediación Biox Cía. Ltda., planifico dentro del marco de la programación del Proyecto PRESIS una demostración de la aplicación del químico BIOX-Ca para control y neutralización de olores ofensivos en el ramal 'A', tal cual se puede apreciar dentro del documento INFORME TÉCNICO PRESIS-070-2015; del cual se presenta el siguiente extracto.

El objetivo general de esta demostración fue dar a conocer cómo se puede controlar y neutralizar los olores ofensivos en el Ramal 'A' del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil enmarcado en un PRIO mediante la aplicación de químicos oxidantes.

El lunes 01 de julio del 2015 siendo aproximadamente las 12H45 PM el equipo de trabajo conformado por funcionarios de la Subsecretaria de Gestión Marino Costera Ab. Douglas Zavala, Ing. José Luis Mahnke, Ing. Civ. Fernando Zanabria e Ing. Amb. Alex Ortega Vélez, arribamos al lugar donde se realizó la aplicación demostrativa del químico BIOX-Ca para control y neutralización de olores ofensivos ubicada en la Calle 14 NO y Avenida 23 NO, lugar donde nos reunimos con los técnicos de la Compañía Bioremediación Biox Cía. Ltda. Ing. Enrique Vizcaíno y el Blgo. Iván Aveiga; quienes nos condujeron dentro de los predios de un domicilio que ellos han alquilado para poder tener acceso directo al Ramal A del Estero Salado lugar donde se tiene previsto ejecutar este servicio y donde se ejecutó la aplicación demostrativa del producto químico BIOX-Ca.

La aplicación fue realizada durante el siguiente horario (del 12H45 PM a 13H00 PM) ya que dependíamos del estado de la marea para la prueba, siendo bajamar la condición óptima para ejecutar la aplicación.

Durante la demostración tanto en agua como en sedimento pudimos observar la reacción del químico BIOX-Ca; mismo que al ser un peróxido libera oxígeno lo que inhibe el metabolismo anaerobio neutralizando así los malos olores.

Entre las aplicaciones en las que se interviene el peróxido de calcio se encuentran: restauración ecológica de suelos, oxígeno fertilizante en agricultura, mejora y limpieza de aguas subterráneas contaminadas.

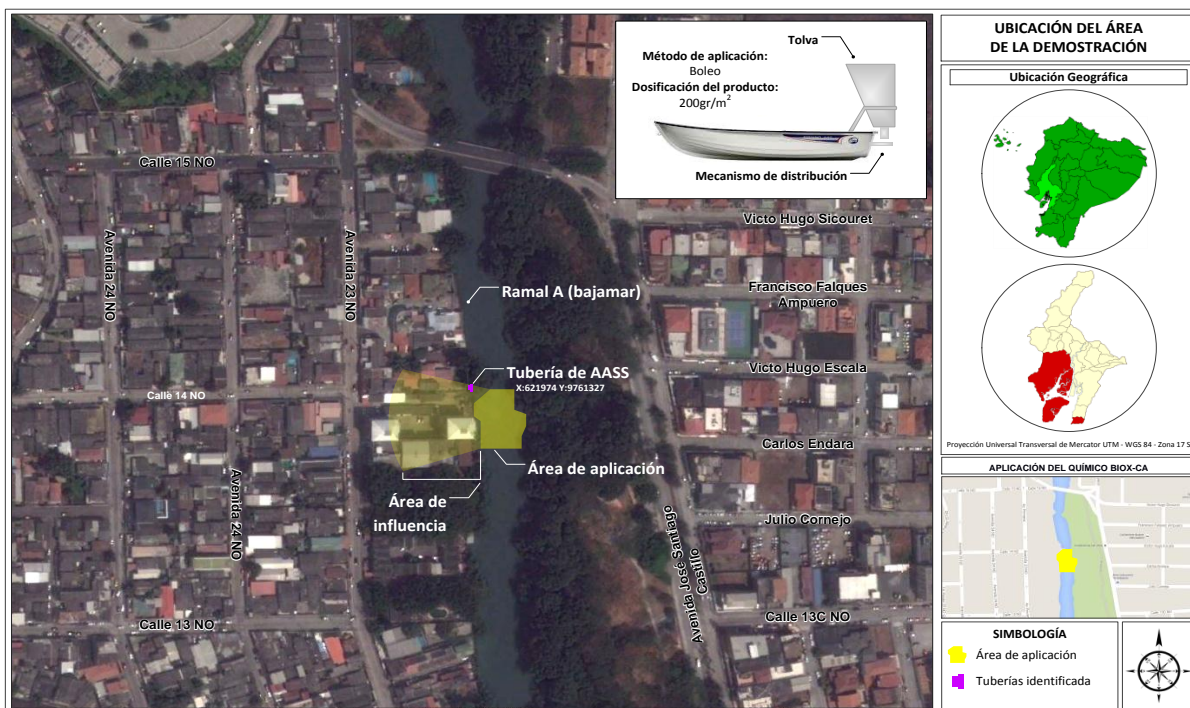
Luego de esta demostración de laboratorio, se procedió a la demostración in situ para el efecto la compañía Bioremediación Biox Cía. Ltda., posee botes acondicionados con tolvas y difusores de hélice para poder aplicar el producto al boleo.

La aplicación se ejecutó en un tramo del Ramal A del Estero Salado aquí se aplicó el químico BIOX-Ca logrando los efectos esperados la neutralización de los olores ofensivos.

Según Bioremediación Biox Cía. Ltda., indicó que en base a las pruebas piloto realizadas por su compañía para poder ejecutar el servicio la dosis requerida sería 200 gr/m².

El tiempo de acción del producto una vez aplicado sería de 30 días la neutralización del olor, al cabo de este periodo se tendría que repetir la aplicación para mantener los resultados.

Figura 3. Prueba piloto de aplicación de BIOX-Ca (peróxido de calcio)



Fuente: Informe Técnico PRESIS-070-2015

Adicionalmente se identificó un hallazgo en la coordenada X: 621974 Y: 9761327 una tubería aparentemente del sistema de alcantarillo pluvial que descargaba aguas residuales por su coloración y su olor característico.

2.12 Efectos del peróxido de calcio y consideraciones ambientales para su uso

El Peróxido de Calcio es un tipo de peróxido inorgánico que tiene muchas aplicaciones porque es muy estable y puede generar oxígeno por largo tiempo (comburente). Dentro del campo ambiental se utiliza para mejorar la calidad de agua neutralizar olores y regular el pH. En aspecto agrícola el peróxido de calcio funciona como oxigenador de la raíz. Y también se utiliza para encalar suelos y como abono en fertilizantes compuestos.

En aspectos acuáticos se lo considera como proveedor de oxígeno, el peróxido de calcio puede aumentar el contenido de oxígeno disuelto en el agua, ajusta el pH y desinfecta de bacterias patógenas. En la industria de alimentos, peróxido de calcio se utiliza para mantener alimentos, verduras y como desinfectante.

Según la MSDS de estos productos tenemos que son altamente corrosivos, al contacto; sin la debida protección (uso de EPP) pueden producir sensación de

quemazón, tos, dificultad respiratoria, enrojecimiento, dolor, visión borrosa, graves quemaduras cutáneas y dolor, estos efectos en seres humanos y animales.

En lo que respecta al medio ambiente se sugiere evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales o subterráneas, así como del suelo. En caso de producirse grandes vertidos o si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas puede alterar significativamente el pH causando efectos negativos en los organismos que ahí se desarrollan, si esto sucede se sugiere informar a las autoridades competentes, según la legislación ambiental que aplique.

En el caso del peróxido de calcio por ser un agente comburente puede agravar un incendio, posee toxicidad aguda Categoría 5, puede causar lesiones oculares graves, puede irritar las vías respiratorias (sistema respiratorio) ya que posee toxicidad específica en determinados órganos. Todo esto según la FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD del XPER® 60C Peróxido de Calcio.

En lo que respecta a aplicación de químicos como el Peróxido de Calcio se debe tomar en cuenta lo que se establece dentro de la “NTE INEN 2266:2013 Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos. (Segunda revisión 2013-01)”, ya que dentro de este documento se establecen los requisitos de seguridad que se deben considerar durante las fases que conlleve la gestión, uso y disposición final de este tipo de material peligroso.

Cuando se realiza trabajos con este tipo de productos y se generan residuos, la legislación ambiental ecuatoriana los considera como desechos peligrosos ya que dentro del “Acuerdo Ministerial No. 142 Listado Nacional de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales. Registro Oficial Suplemento 856 de 21 de diciembre de 2012” los incluye dentro del Listado No. 2: Desechos Peligrosos por Fuente No Específica y los define bajo el nombre de *Desechos contaminados con peróxidos*, código NE-11, CRTIB - Reactivo.

Bajo esta premisa todo material contaminado con peróxido de calcio deberá ser gestionado con una empresa autorizada por el Ministerio del Ambiente y que posea Licencia Ambiental (Gestor Ambiental).

Capítulo III: Metodología

3.1 Descripción del sitio

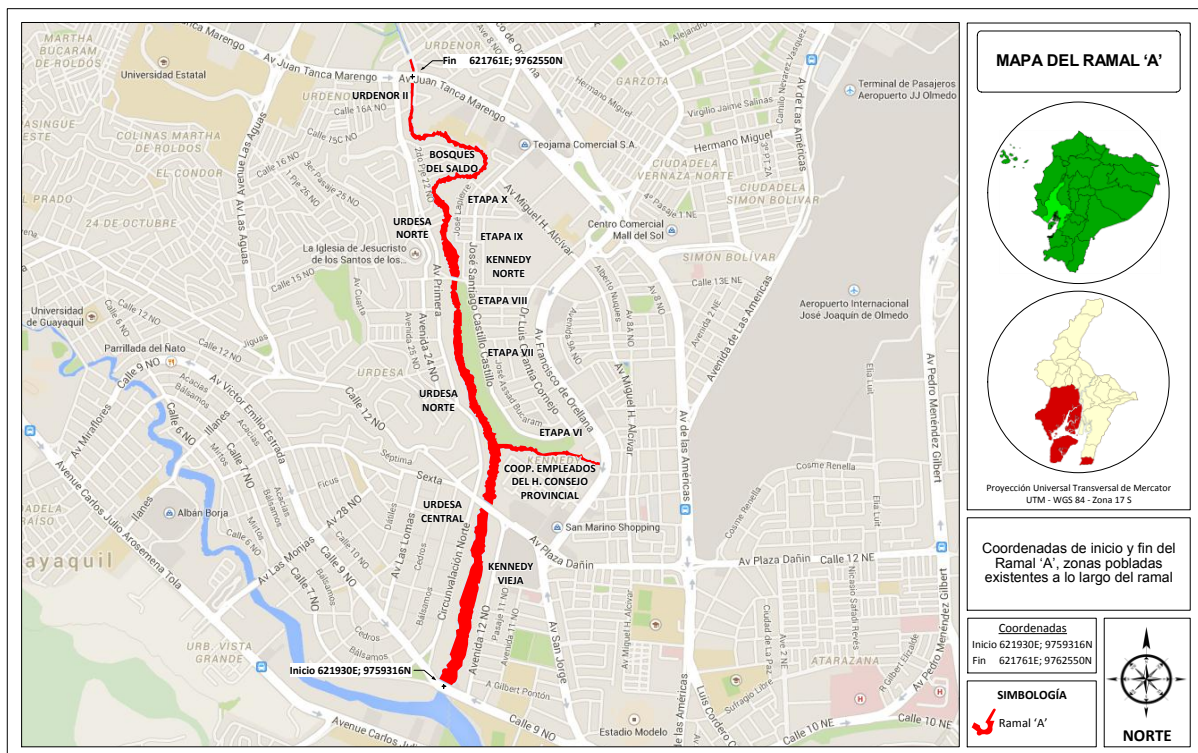
El Estero Salado, es un sistema estuario compuesto por una compleja red de drenajes llamados ramales que se abren paso dentro de la ciudad de Guayaquil tomando diversos nombres según su ubicación (Ramal 'A', Ramal 'B', Mogollón, Las Ranas, Puerto Lisa, El Muerto, Palanqueado, Covina, etc.). Desde el punto de vista geomorfológico y oceanográfico es un brazo de mar.

El Ramal 'A' del Estero Salado es un complejo hídrico ubicado al norte de la ciudad de Guayaquil, se adentra en los barrios Kennedy Vieja, Coop. Empleados del H. Consejo Provincial, Kennedy Norte (Etapas XI, XII, IX, X), Urdesa Central, Urdesa Norte, Urbanización Bosques del Salado y Urdenor II. Éste ramal comprende desde el puente de entrada a Urdesa hasta la Av. Juan Tanca Marengo.

3.2 Coordenadas

El Ramal 'A' del Estero Salado se ubica dentro de las siguientes coordenadas de inicio 621930E; 9759316N y de fin 621761E; 9762550N. Tal como se ilustra en la figura siguiente.

Figura 4. Coordenadas del Ramal 'A' y asentamientos urbanos existentes



Fuente: autor del proyecto de titulación

3.3 Características físicas

El Ramal 'A' del Estero Salado posee una longitud de 3.8 Km y un área aproximada de 13.2 ha (132000 m²), este ramal está atravesado por tres puentes carro sables; el de ingreso a Urdesa (puente zic zac), el de la Av. Plaza Dañin y el de la calle Víctor Hugo Sicouret.

3.4 Dinámica del Estero Salado

Según PRESIS 2015, en el estuario interior, tanto en el Río Guayas como en el Estero Salado, la circulación es el producto de la entrada y salida del agua en cada ciclo de marea, debido al flujo (entrada) y reflujo (salida) de las aguas. Tanto la magnitud como la dirección de las corrientes, dependen principalmente de la amplitud de la marea y del flujo del río, presentando las máximas velocidades en la mitad del ciclo, esto es entre la pleamar y bajamar, y luego en la dirección contraria.

La circulación al interior del Estero Salado debe ser analizada como parte de un contexto más amplio, no solo como la influencia de la onda de marea, sino también, por efecto de la geometría de todo el sistema estuarino y la conexión con el Río Guayas, a través del Canal de Cascajal. (PRESIS/CDC-SGMC-GE-002-2012)

3.5 Condiciones de drenaje y mareas

El Golfo de Guayaquil recibe el caudal de unos 20 ríos que ocupan una cuenca de drenaje con un área de 51.230 km². El tipo de marea que se registra en el Río Guayas, frente a la ciudad de Guayaquil, es de tipo semi diurna, cuyas bajamares más pronunciadas se encuentran entre los meses de diciembre a abril; este flujo y reflujo de marea estuarina es la que acciona la dinámica hídrica del Estero Salado.

En el Golfo la amplitud de la marea varía de 1,50 m en la fase de cuadratura (Posición de la Luna cuando su longitud celeste difiere 90° de la longitud del Sol), a 2,50 m en la fase de sicigia (Fase de la luna cuando es llena o nueva, la amplitud promedio de la marea es de 4,40 m y su establecimiento de puerto es de 06H45; el tiempo de vaciante es mayor que el tiempo de creciente).

La diferencia de tiempo existente para una misma marea entre Puná y Guayaquil, aproximadamente varía entre una hora y treinta minutos a dos horas más tarde, en Guayaquil.

Esta diferencia de amplitud y velocidad de desagüe influye en la dinámica mareal del Estero Salado por su evidente relación entre estos dos cuerpos hídricos.

En el Estero Salado el nivel alcanzado por la media de las alturas de las pleamares y las bajamares no se puede establecer por cuanto no existen puertos patrones; mismo que puede ser referido a cero de la escala de marea o a la cota fija primaria de marea en el Río Guayas. (PRESIS/CDC-SGMC-GE-002-2012)

3.6 Características biológicas

Caracterización de la zona de vida.- De acuerdo a (Holdridge, 1967), y en relación a los datos de temperatura media anual y precipitación media anual, corresponde a la categoría de bosque muy seco tropical (bms-T).

Caracterización de las formaciones vegetales.- Según la propuesta de clasificación vegetal de (Sierra, 1999), la Subregión Centro de la costa en el Sector Tierras Bajas presenta cuatro formaciones vegetales que son: los manglares, el bosque deciduo de tierras bajas, el matorral seco litoral y el Herbazal de tierras bajas.

Nuestro análisis se centrará únicamente a la formación vegetal de manglar que es el ecosistema al que hace mención el presente proyecto de titulación.

Manglar.- Esta formación se encuentra dominada por cinco especies de manglar. Los árboles presentan raíces zancudas. El ambiente en los manglares del Golfo de Guayaquil es menos húmedo que en el norte, ya que están ubicados en una zona seca debido a la baja temperatura de las corrientes marinas y los vientos alisios que alejan las nubes en esta región.

3.7 Cobertura vegetal

Cabe agregar que de los tres tipos fisiográficos de manglar existentes: ribereño, de franja y cuenca, el que domina es el manglar de franja (*Rhizophora* sp.). Se puede evidenciar esta formación vegetal aún conservada en los siguientes lugares del área de estudio: Urbanización Kennedy Norte, Urbanización Bosques del Salado y todos los relictos boscosos existentes a orillas del Ramal 'A' del Estero Salado.

3.8 Fauna asociada

Según Nancy Hilgert 2011, y su estudio Situación de la avifauna en el Estero Salado de Guayaquil, en los manglares de la ciudad de Guayaquil a lo largo de los ramales

del Estero Salado, incluyendo los matorrales, bosques secos y jardines aledaños se pueden observar aproximadamente ciento veinte especies (120) de aves.

En lo que respecta a otras clases tenemos reptiles cuyo representante más significativo dentro de la zona de estudio es la iguana verde (Iguana iguana).

3.9 Medio perceptual

El medio perceptual es una zona residencial mixta con presencia de comercio y empresas, el paisaje existente es de zona urbana con remanentes de manglar, esto ha sido producto del avance poblacional y las invasiones sucesivas que se han dado durante la expansión de Guayaquil.

Según el Mapa de la Ordenanza de Edificaciones de Guayaquil, el tipo de suelo existente dentro del área de estudio es ZR2(B) y ZR3(B) Zona Residencial con contabilidad B; o sea, que permite oficinas y negocios.

3.10 Monitoreo y recopilación de información

La metodología que se empleará para la medición pasiva de H₂S en el Ramal 'A' es la siguiente:

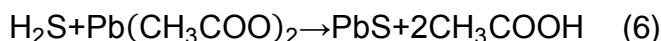
1. Se han determinado puntos de monitoreo previamente seleccionados a lo largo del ramal en estudio; se pondrá énfasis en dos sectores donde la inmisión de H₂S es muy notoria por percepción organoléptica, estos lugares son Bosques del Salado y la Kennedy Norte.

Adicionalmente al haber escogido estos lugares se quiere corroborar la hipótesis de que las perturbaciones naturales existentes dentro del ramal a más de limitar el recambio de agua natural por efecto de marea propician la inmisión de H₂S. (perturbaciones naturales curvas o sub ramales)

2. Los puntos a ser evaluados están identificados dentro de un mapa con sus coordenadas geográficas.
3. El método de medición será empleando GASTEC 4D¹ que son dositubos que reaccionan con el H₂S determinado así su concentración, estos tubos poseen un rango de medición de 0.2 a 200 ppm, las horas de muestro son de 1 a 48 horas,

¹ Los tubos de detección GASTEC 4D han sido certificados por el Safety Equipment Institute (SEI) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de USA.

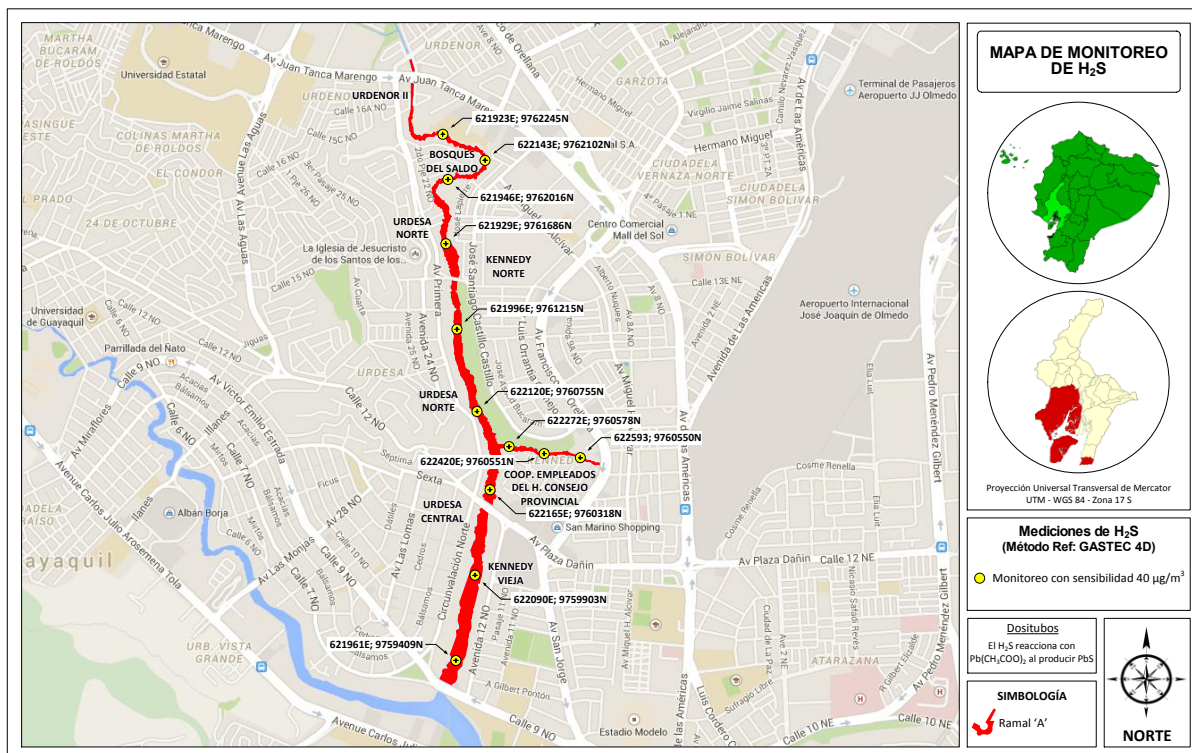
la sensibilidad del método es de 0.2ppm (10 horas), no necesita correcciones para humedad ni temperatura. El principio de reacción es el siguiente:



El sulfuro de hidrógeno reacciona con el acetato de plomo al producir sulfuro de plomo cuyo color es marrón. (<http://www.zefon.com/analytical/download/4d.pdf>)

4. El tipo de muestreo es pasivo, para la ubicación de los dositubos se empleó cintas y pinzas, los mismos fueron colocados en postes y arboles cercanos al estero.
5. Las mediciones se efectuarán por un período 48 horas (± 3 horas).
6. Los resultados de las mediciones serán comparados con umbrales internacionales para H_2S .
7. Se realizará un análisis del comportamiento de la contaminación.

Figura 5. Ubicación de puntos de monitoreo



Fuente: autor del proyecto de titulación

Tabla 5. Codificación, coordenadas y ubicación de los puntos de monitoreo

Código	Coordenadas	Ubicación
P01	621961E; 9759409N	Sector Kennedy Vieja cerca a la calle Abel Gilbert Pontón y Av. Francisco Boloña
P02	622090E; 9759903N	Sector Policentro cerca a la calle Juan Bautista Arsube Cordero y Av. Francisco Boloña
P03	622165E; 9760318N	Sector Puente de la Av. Plaza Dañin (Edificio Makro)
P04	622272E; 9760578N	Sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la calle 2° Pasaje 12 NO
P05	622420E; 9760551N	Sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la Av. 12 NO
P06	622593; 9760550N	Sector Canal Uno S.A.
P07	622120E; 9760755N	Sector Kennedy Norte Etapa VII cerca a la calle Justino Cornejo y por Urdesa Av. 23 NO
P08	621996E; 9761215N	Sector Kennedy Norte Etapa VIII cerca al Parque lineal y por Urdesa Av. Rodrigo Chávez
P09	621929E; 9761686N	Sector Templo Mormón Av. Rodrigo Chávez y por la Kennedy Norte la calle José Lapierre
P10	621946E; 9762016N	Sector urbanización Bosques del Salado
P11	622143E; 9762102N	Sector urbanización Bosques del Salado
P12	621923E; 9762245N	Sector Centro Educativo ECOMUNDO

Fuente: autor del proyecto de titulación

8. Como producto final se elaborará un Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos (PRIO) en base y como referencia a la Resolución colombiana 1541:2013. Este PRIO contendrá lo siguiente:
- Localización y descripción del área en estudio
 - Identificación de los focos de contaminación que generan sustancias olorosas.
 - Diseño de técnicas de buenas prácticas o mejoramiento de las técnicas disponibles causantes de la generación de H₂S (sistemas de colección de aguas servidas, conexiones clandestinas de aguas servidas).
 - Plan de acción con las medidas para mitigar el impacto por olores ofensivos.
 - Cronograma de ejecución.
 - Finalmente se plantearán sugerencias de reformas legales para que sean introducidas dentro de la gestión de contaminantes atmosféricos en el Ecuador.

Capítulo IV: Análisis de Resultados





4.1 Análisis de resultados

Los días 28, 29 y 30 de marzo de 2016 se realizaron las mediciones pasivas de H₂S, el método de Referencia empleado fue dositubos GASTEC 4D, las mediciones se las elaboró con el laboratorio Productos y Servicios Ambientales PSI, este laboratorio empleo el procedimiento Interno ESH-PEV-12: Evaluación de la exposición a Agentes Químicos mediante Tubos Pasivos colorimétricos.

Los dositubos colorimétricos GASTEC 4D son tubos de vidrio que contienen químicos específicos, que al reaccionar pasivamente con el compuesto de interés, cambia de color; pudiéndose estimar la magnitud de la concentración a través de graduaciones estampadas en el tubo. En este caso específico, los dositubos para la evaluación de H₂S, contienen el compuesto: Pb(CH₃COO)₂.

En cada punto de interés se instaló un tubo abierto, anotándose la fecha y hora inicial, dejándose en el punto durante 48 horas (± 3 horas). Al retirarse el tubo, se anota la fecha y hora final, y se observa el nivel de concentración marcado en ppm x hora, a continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante informe de ensayo RG-LABPSI-16031-32-33:

Tabla 6. Resultados obtenidos en los puntos de monitoreo

Código	Resultado obtenido (µg/m ³)	Fotografía	Ubicación geográfica
P01	<29,72		
Sector Kennedy Vieja cerca a la calle Abel Gilbert Pontón y Av. Francisco Boloña			
621961E; 9759409N			
P02	<29,83		
Sector Policentro cerca a la calle Juan Bautista Arsube y Av. Francisco Boloña			
622090E; 9759903N			

Código	Resultado obtenido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fotografía	Ubicación geográfica
P03	<29,83		
Sector Puente de la Av. Plaza Dañin (Edificio Makro)			
622165E; 9760318N			
P04	<30,65		
Sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la calle 2° Pasaje 12 NO			
622272E; 9760578N			
P05	<30,66		
Sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la Av. 12 NO			
622420E; 9760551N			
P06	<30,54		
Sector Canal Uno S.A.			
622593; 9760550N			
P07	<29,83		
Sector Kennedy Norte Etapa VII cerca a la calle Justino Cornejo y Urdesa Av. 23 NO			
622120E; 9760755N			

Código	Resultado obtenido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fotografía	Ubicación geográfica
P08	<29,87		
Sector Kennedy Norte Etapa VIII cerca al Parque lineal y Urdesa Av. Rodrigo Chávez			
621996E; 9761215N			
P09	<29,98		
Sector Templo Mormón Av. Rodrigo Chávez y Kennedy Norte la calle José Lapierre			
621929E; 9761686N			
P10	<30,01		
Sector urbanización Bosques del Salado			
621946E; 9762016N			
P11	<30,04		
Sector urbanización Bosques del Salado			
622143E; 9762102N			
P12	<30,25		
Sector Centro Educativo ECOMUNDO			
621923E; 9762245N			

En base a los resultados obtenidos se tiene que los valores más representativos son registrados en el punto P05 (<30,66) correspondiente al sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la Av. 12 NO y en el punto P12 (<30,25) Sector Centro Educativo ECOMUNDO. De igual manera se tiene concentraciones considerables en los puntos aledaños a estos tal como se evidencia en la Tabla 4.

Tabla 7. Análisis de los resultados

Código	Resultado obtenido (µg/m ³)	Ubicación
P04	<30,65	Sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la calle 2° Pasaje 12 NO
P05	<30,66	Sector Coop. H. Consejo Provincial cerca a la Av. 12 NO
P06	<30,54	Sector Canal Uno S.A.
P10	<30,01	Sector urbanización Bosques del Salado
P11	<30,04	Sector urbanización Bosques del Salado
P12	<30,25	Sector Centro Educativo ECOMUNDO

Fuente: RG-LABPSI-16031-32-33

4.2 Comparación con umbrales internacionales

Tabla 8. Análisis de los resultados en comparación con umbrales de Inmisión de H₂S

Cód.	Concentración de H ₂ S	Umbrales de Inmisión de H ₂ S				
		Offensive Odor Control Law Japan Law No. 71 of 1995 ²	Newfoundland and Labrador Ambient Air Quality Criteria ³	Ontario's Ambient Air Quality Criteria ⁴	Resolución Colombiana No. 1541:2013, Art. 5 ⁵	WHO Guidelines for Air Quality. WHO/SDE/OEH/00.02 ⁶
Concentración expresada en (µg/m ³)						
P01	<29,72	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P02	<29,83	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P03	<29,83	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P04	<30,65	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P05	<30,66	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P06	<30,54	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P07	<29,83	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P08	<29,87	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P09	<29,98	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P10	<30,01	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P11	<30,04	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00
P12	<30,25	3,00	5,00	7,00	7,00	150,00

Fuente: RG-LABPSI-16031-32-33

² Norma japonesa

³ Norma canadiense de las provincias de Newfoundland y Labrador

⁴ Norma canadiense de la provincia de Ontario

⁵ Norma colombiana

⁶ Norma de la World Health Organization WHO

4.3 Discusión de resultados

Según el análisis comparativo realizado se tienen que los valores obtenidos mediante el monitoreo de H₂S realizado sobrepasan los umbrales establecidos en los siguientes cuerpos legales: Offensive Odor Control Law Japan, Law No. 71 of 1995; Newfoundland and Labrador Ambient Air Quality Criteria; Ontario's Ambient Air Quality Criteria y Resolución Colombiana No. 1541:2013. La única norma que se cumple es la WHO Guidelines for Air Quality. WHO/SDE/OEH/00.02. se debe definir dentro de la normativa ecuatoriana umbrales nacionales para la inmisión de olores ofensivos complementando lo establecido dentro del Art. 222 y 223 del Acuerdo Ministerial NO. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria - R.O. 316 del 04-may-2015.

El olor en la zona de estudio es fácilmente perceptible de manera organoléptica, la inmisión en el Ramal 'A' es considerable, causa malestar en los moradores del sector y se ve influenciada por factores climáticos; ya que mediante los recorridos efectuados por la zona se pudo evidenciar que cuando existe mayor heliofania el olor se acentúa considerablemente. Por medio del presente proyecto de titulación se logró determinar que los lugares donde existe mayor inmisión de H₂S es el tramo de Coop. H. Consejo Provincial y urbanización Bosques del Salado (Sector Centro Educativo ECOMUNDO) en estos dos lugares se registró concentraciones mayores a 30 µg/m³.

Según la World Health Organization WHO el umbral de olor varía dependiendo de la persona; el umbral de olor promedio es 11 µg/m³, a concentraciones superiores a 140 µg/m³, se puede producir una parálisis olfatoria, en concentraciones superiores a 700 µg/m³ puede ser fatal. La exposición por inhalación a corto plazo a altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno provoca efectos sobre la salud; después de la exposición a H₂S se observaron problemas respiratorios, oculares, neurológicos, cardiovasculares, metabólicos y efectos reproductivos. El nivel de efecto adverso más bajo observado mediante el índice de toxicidad LOAEL (Lowest observed adverse effect level) es de 2,8 µg/m³ causando problemas respiratorios y neurológicos en individuos asmáticos. Este LOAEL se utiliza como base para el desarrollo de una concentración tolerable a corto plazo; este sería una buena herramienta para fijar límites en base al receptor de la fuente olorosa.

Comparando los resultados obtenidos con la *Tabla 2 - Efectos en la salud humana a diversas concentraciones de ácido sulfhídrico*, tenemos que los valores se encuentran entre los rangos del umbral de olor, no se presentan efectos desfavorables en la salud humana según la bibliografía consultada (WHO, 2003).

Como referencia de las condiciones de calidad de agua y sedimento de este ramal tenemos que según estudios realizados por la M.I. Municipalidad de Guayaquil a finales de los años 90 establecen que los tramos "A" (Urdesa -Kennedy) y "B" (Urdesa-Miraflores) son afectados por las descargas de aguas industriales y domésticas, con altos valores de DBO por encima de 20mg/l y bajas concentraciones de oxígeno (< 1mg/l) llegando a condiciones anóxicas. Los lodos presentes en estos tramos presentan concentraciones elevadas de sulfuros y DQO. (MIDUVI; MAE, 2013).

Esto en comparación con los resultados de concentración de H₂S tenemos que es evidente la relación entre las condiciones ambientales del Ramal 'A' y la inmisión olores ofensivos debido a las condiciones anóxicas lo que contribuye a la generación de mal olor como el resultado de las actividades microbianas con producción de los compuestos volátiles olorosos, que son productos intermedios o finales en la degradación de la materia orgánica durante los procesos anaeróbicos tal como se señala Cook et al (2010); al igual que Purdy et al (2010).

Al contrastar los resultados obtenidos con la información resultante de la ejecución del servicio *Sellado de tuberías clandestinas de aguas servidas que descargan en los ramales 'A y B' del Estero Salado*, tenemos que dentro de lo que es el Ramal 'A' motivo del presente estudio se registraron 10 tuberías que mantenían un aporte directo de aguas servidas. Si tomamos en consideración el documento *Guidelines On Odour Pollution & Its Control 2008* podemos afirmar que en las zonas urbanas el manejo inadecuado de los servicios públicos como alcantarillado sanitario generan sustancias olorosas; efecto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Así mismo tomando en cuenta el estudio *Offensive odorants released from stormwater catch basins (SCB) in an urban area* (Ehsanul Kabir et al. 2010) se confirma que los sumideros de aguas pluviales que tributan aportes de aguas servidas son la fuente de mal olor en las zonas urbanas. (INFORME TÉCNICO PRESIS-070-2015)

Es la primera vez que se analiza la inmisión de olores ofensivos en un ramal del Estero Saldo ya que no se cuenta con estudios previos que determinen la cantidad de H₂S presente en el Ramal 'A' del Estero Saldo.

Hay que considerara que las muestras tomadas por el método de análisis dositubos GASTEC 4D han sido certificados por el Safety Equipment Institute (SEI) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de USA.

En base a la experiencia adquirida mediante la ejecución del presente proyecto de titulación se puede afirmar que sería necesario realizar mediciones adicionales, pero bajo otros métodos como un estudio de olfatometría dinámica.

4.4 Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos PRIO

PRIO	
Información general del área de estudio	
Área de estudio	Ramal 'A' del Estero Salado
Ubicación	Ciudad de Guayaquil, Ecuador
Localización	Se ubica entre las coordenadas 621930E; 9759316N y 621761E; 9762550N
Altitud promedio	9 msnm (mismas que van desde los 5 msnm hasta los 14 msnm)
Temperatura	26,2°C (promedio de los últimos 13 años) ⁷
Dirección del viento	SW (de sur a oeste) ⁸
Descripción del área	El Ramal 'A' del Estero Salado es un complejo hídrico ubicado al norte de la ciudad de Guayaquil, se adentra en los barrios Kennedy Vieja, Coop. Empleados del H. Consejo Provincial, Kennedy Norte (Etapas XI, XII, IX, X), Urdesa Central, Urdesa Norte y Urbanización Bosques del Salado y Urdenor II. Este ramal comprende desde el puente de entrada a Urdesa hasta la Av. Juan Tanca Marengo.



⁷ Anuarios meteorológicos INAMHI del 2000 al 2012, estación MA2V-M1096 Guayaquil Radio Sonda.

⁸ Frecuencias en dirección del viento de anuarios meteorológicos INAMHI del 2000 al 2012, estación MA2V-M1096 Guayaquil Radio Sonda.

<p>Identificación de los focos de contaminación que generan sustancias olorosas</p>
<p>Descargas clandestinas Estos focos de contaminación fueron identificados mediante el servicio “Sellado de tuberías clandestinas de aguas servidas que descargan en los ramales ‘A y B’ del Estero Salado” ejecutado por la SGMC dentro del marco del proyecto PRESIS. Aquí se identificaron 63 tuberías a ser taponadas en ambos ramales A y B, más otros que fueron registrados por encontrarse tuberías de aguas lluvias de INTERAGUA C. Ltda. Dentro de lo que es el Ramal ‘A’ motivo del presente estudio se registraron 10 tuberías que mantenían un aporte directo de aguas servidas a este cuerpo hídrico.</p>
<p>Sistemas de colectores de aguas lluvias Según el Informe Técnico PRESIS-070-2015 elaborado 09 de julio del 2015, por el Proyecto de Recuperación de las Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS), se tiene en la coordenada X: 621974 Y: 9761327 una tubería aparentemente del sistema de alcantarillo pluvial que descargaba aguas residuales por su coloración y su olor característico. Asimismo en el servicio “Sellado de tuberías clandestinas de aguas servidas que descargan en los ramales ‘A y B’ del Estero Salado” se identificaron tuberías de aguas lluvias de INTERAGUA C. Ltda.</p>
<p>Diseño de buenas prácticas</p>
<p>Control de las descargas clandestinas al Ramal ‘A’ del Estero Salado Se debe continuar con el sellado de tuberías clandestinas intradomiciliarias a fin de evitar el aporte directo de efluentes domésticos a este ramal del Estero Salado; para evitar incomodar a los moradores es necesario realizar un estudio integral del diseño de alcantarillado sanitario de las zonas donde se identifica las descargas clandestinas, a fin de que en primera instancia levantar un catastro de los infractores; luego de identificar las descargas realizar un análisis en base a los <i>inverts</i> o bateas de los colectores existentes para definir la mejor ruta de conexión al sistema de alcantarillado sanitario; teniendo en cuenta la profundidad y demás requerimientos técnicos que permitan rehabilitar el sistema alcantarillado existente. Coordinar los trabajos con INTERAGUA C. LTDA.</p>
<p>Mejoramiento del sistema de conducción de aguas lluvias En base a la identificación del colector de agua lluvias que funciona de manera combinada y que realiza un aporte constante de efluentes domésticos al Ramal ‘A’ del Estero Saldo, se debe realizar una rehabilitación del ramal domiciliario para darle continuidad al sistema de alcantarillado sanitario existente independizándola del drenaje de agua lluvias. Para esto se debe realizar un estudio de los ramales en acera para identificar las conexiones ilícitas existentes al colector pluvial afectado. Coordinar los trabajos con INTERAGUA C. LTDA.</p>
<p>Conformación de barreras vivas Una barrera viva consiste en hileras de árboles sembradas alrededor de la fuente de inmisión de olores ofensivos en este caso el Ramal ‘A’ con el fin de promover la dispersión de las sustancias causantes de olor en el aire. De este modo las sustancias olorosas se diluyen en el aire reduciendo la reacción negativa por parte del receptor. Adicionalmente, las barreras vivas tienen un efecto estético que mejora el paisaje, disminuyendo así la influencia de aspectos subjetivos en la percepción del olor. (FENAVI, 2014) Las barreras vivas generan una zona de flujo laminar que se extiende por una longitud de diez veces el alto de los árboles que la conforman en la dirección del viento y una zona de velocidad moderada en longitudes de hasta 25 veces la altura de la barrera. Por lo tanto, para el caso del Ramal ‘A’ se debe de tener en cuenta que la tendencia de los vientos en este sector según el INAMHI es de sur a oeste de esta manera se debe poner la barrera en dirección de la fuente causantes de olor. Una barrera ubicada demasiado cerca limita la circulación de aire al interior del mismo, propiciando la generación de olores. Se recomienda que las barreras vivas estén conformadas por tres hileras de árboles de altura ascendente.</p>

4.5 Plan de Acción⁹

Descripción del impacto ambiental: Contaminación del agua por descargas clandestinas de aguas servidas al Ramal 'A' del estero salado

Nro.	Descripción de la medida	Medio de verificación	Cronograma					
			1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	5to trimestre	6to trimestre
1.	Control de las descargas clandestinas al Ramal 'A' del Estero Salado	<ul style="list-style-type: none"> • Informes técnicos de sellado de tuberías. • Plan del quinquenio de INTERAGUA C. LTDA. (conexiones intradomiciliarias). 						

Indicador de cumplimiento:

- Se continúa con el sellado de tubería dentro del Ramal 'A' de manera ininterrumpida durante los dos primeros semestres.
- Se ha incluido dentro del plan del quinquenio de INTERAGUA C. LTDA., previo estudio técnico la conexión al SSAA de los usuarios infractores que tributan sus efluentes domésticos al estero salado.

Responsable de la ejecución: Proyecto PRESIS - INTERAGUA C. LTDA. - M.I. Municipalidad de Guayaquil - EMAPAG

Descripción del impacto ambiental: Contaminación del agua por descargas clandestinas de aguas servidas al sistema de de alcantarillado pluvial AALL.

Nro.	Descripción de la medida	Medio de verificación	Cronograma					
			1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	5to trimestre	6to trimestre
1.	Mejoramiento del sistema de conducción de aguas lluvias de	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados del estudio técnico del sistema de AALL. • Plan del quinquenio de INTERAGUA C. LTDA. (conexiones intradomiciliarias). 						

Indicador de cumplimiento:

- Se cuenta con los resultados del estudio de los ramales en acera para identificar las conexiones ilícitas existentes al colector pluvial afectado.
- Se ha incluido dentro del plan del quinquenio de INTERAGUA C. LTDA., previo estudio técnico la conexión al SSAA de los usuarios infractores que tributan sus efluentes domésticos colectores del sistema de AALL.

Responsable de la ejecución: Proyecto PRESIS - INTERAGUA C. LTDA. - M.I. Municipalidad de Guayaquil - EMAPAG

⁹ De conformidad a lo establecido en el Art. 261 del Acuerdo Ministerial No. 061.

Descripción del impacto ambiental: Contaminación del aire por inmisión de malos olores provenientes del Ramal 'A' del Estero Salado.

Nro.	Descripción de la medida	Medio de verificación	Cronograma					
			1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	5to trimestre	6to trimestre
1.	Conformación de barreras vivas	• Diseño del proyecto de barreras vivas en el Ramal 'A'.						
		• Informe de factibilidad de la ejecución del proyecto en el Ramal 'A'.						

Indicador de cumplimiento:

- Se cuenta con los diseños del proyecto de barreras vivas en el Ramal 'A'.
- Se cuenta con el informe de factibilidad de la ejecución del proyecto en el Ramal 'A'.

Responsable de la ejecución: Proyecto PRESIS - INTERAGUA C. LTDA. - M.I. Municipalidad de Guayaquil - EMAPAG

4.6 Sugerencias de reformas legales en el Ecuador

Dentro del Acuerdo Ministerial NO. 061. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Edición Especial N° 316 - Registro Oficial - Lunes 4 de mayo de 2015 se considera lo siguiente:

Art. 222 Emisión de olores.- Para establecer su ubicación, cualquier fuente que genere olores debe contemplar como criterio determinante la potencial dispersión de malos olores a la atmósfera, por lo que el área de influencia no debe incluir viviendas, escuelas, centros de salud y otras áreas de ocupación humana. El Gobierno Autónomo Descentralizado responsable de la regulación del uso de suelo y de las correspondientes autorizaciones de uso de suelo en la zona de desarrollo de un proyecto, obra o actividad, considerará de manera obligatoria las normas técnicas a las que hace referencia este Libro y se constituye como tal, Sujeto de Control conjuntamente con el administrado.

La Autoridad Ambiental Competente y las entidades que conforman el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en el marco de sus competencias, podrán solicitar a los Sujetos de Control o propietarios de fuentes que emitan o sean susceptibles de emitir olores ofensivos o contaminantes atmosféricos peligrosos, evaluaciones adicionales mediante los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro.

Art. 223 Mitigación de olores.- Los Sujetos de Control cuyas actividades generen olores, deberán tomar todas las medidas técnicas ambientales pertinentes para disminuir dichos olores, lo cual será evaluado y controlado por medio de los mecanismos descritos en el presente Libro.

Adicionalmente de ser necesario, la Autoridad Ambiental establecerá normas técnicas específicas con respecto a olores, mediante la figura legal correspondiente.

Si analizamos los artículos 222 y 223 del AM No. 061 podemos darnos cuenta que existen vacíos legales que deben ser complementados; ya que norma obliga legalmente a controlar la inmisión de olores ofensivos, pero no se definen ni los mecanismos ni los umbrales.

Dentro del presente proyecto de titulación se establece que en el Ecuador no se han definido umbrales de inmisión de H₂S ni de otros contaminantes odoríferos existentes por fuentes naturales o antropogénicas como las actividades industriales.

Siendo los olores ofensivos un contaminante atmosférico que tienen repercusiones en la salud humana es menester fijar umbrales, acorde a sustancias químicas olorosas emitidas.

Para finalizar mi análisis sugiero en base a la experiencia adquirida mediante la ejecución del presente proyecto de titulación que se consideren como referentes de niveles máximos permisibles de calidad de aire para inmisión de sustancias de olores ofensivos los fijados dentro de la Tabla 2 de la Resolución No. 1541 de la Normativa Ambiental Colombiana, ya que se presta para ser aplicada dentro de nuestro país en vista que los valores fijados pueden ser medidos con muestreadores pasivos dentro de las condiciones de referencia y tiempo establecidos en esta Resolución.

4.7 Alternativas de tratamiento

Según la bibliografía consultada en este proyecto de titulación y en base a informes técnicos del proyecto PRESIS se tiene que para controlar la inmisión de H₂S en el Ramal A del Estero Salado se puede proponer las siguientes alternativas de tratamiento.

Control de olor por oxidación.- En base a la bibliografía consultada y a pruebas piloto realizadas por la SGMC y su proyecto PRESIS se tiene que una alternativa para mitigar los olores ofensivos en el ramal 'A' es la aplicación de peróxidos cloro, el compuesto de oxígeno como el peróxido de calcio CaO₂ dentro del INFORME TÉCNICO PRESIS-070-2015 se establece la dosificación de 200 gr/m² en base a pruebas piloto efectuadas por la compañía Bioremediación Biox Cía. Ltda.

Al emplear este método de control de olor por oxidación, se debe cumplir con lo establecido dentro de la normativa ambiental vigente; específicamente lo que corresponde al manejo de materiales peligrosos (NTE INEN 2266:2013) y desechos peligrosos (Acuerdos Ministeriales No. 061 y 142).

Control por químicos enmascaradores de olor.- Esta técnicas de pulveriza o atomiza sustancias químicas que se utilizan para ocultar al olor o enmascararlo, para el efecto se emplea el atomizador rotatorio mismo que produce millones de gotas microscópicas de agua hasta 238 mil millones de pequeñas gotitas individuales que son más delgadas que un cabello humano y un fino rocío que cubre hasta 30 metros, esto crea una niebla fina, que es muy eficaz con el mínimo uso de agua y electricidad.

Dragado del sedimento anóxico.- Esta técnicas requiere de obra civil especializada que se encargue de remover el sedimento superficial de este ramal cause de la inmisión de olores ofensivo, este dragado debe ser realizado con técnicas adecuadas para evitar afectar el talud de las orillas ya que existen edificaciones que pueden perjudicarse si se produce socavación en los taludes.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se realizó el análisis de la inmisión de olores ofensivos en el Ramal 'A' del Estero Salado, mediante la comparación de los valores obtenidos con umbrales internacionales de inmisión de H₂S.
- Según el análisis comparativo realizado se concluye que los valores obtenidos mediante el monitoreo de H₂S realizado sobrepasan los umbrales establecidos en los siguientes cuerpos legales: Offensive Odor Control Law Japan, Law No. 71 of 1995; Newfoundland and Labrador Ambient Air Quality Criteria; Ontario's Ambient Air Quality Criteria y Resolución Colombiana No. 1541:2013. La única norma que se cumple es la WHO Guidelines for Air Quality. WHO/SDE/OEH/00.02.
- La concentración de H₂S guarda relación con las condiciones ambientales del Ramal 'A' la anoxia contribuye a la generación de mal olor.
- Se elaboró el Plan para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos (PRIO) en base a la Resolución colombiana 1541:2013
- Dentro del presente proyecto de titulación se establece que en el Ecuador no se han definido umbrales de inmisión de H₂S ni de otros contaminantes odoríferos existentes por fuentes naturales o antropogénicas como las actividades industriales.
- Se definieron las alternativas de tratamiento dentro de las cuales se plantea: Control de olor por oxidación; Control por químicos enmascaradores de olor; y, Dragado del sedimento anóxico.

5.2 Recomendaciones

- Definir umbrales de inmisión de olores ofensivos dentro de la normativa legal ecuatoriana; así como mecanismo para la mitigación estos contaminantes.
- Controlar las causas de la generación de olores mediante acciones coordinadas entre los actores involucrados, para el efecto se debe ejecutar el PRIO.
- Ejecutar medidas viables en base a las alternativas de tratamiento establecidas dentro del presente proyecto de titulación.

Bibliografía

1. Acuerdo Ministerial NO. 061. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Edición Especial N° 316 - Registro Oficial - Lunes 4 de mayo de 2015.
2. Acuerdo Ministerial No. 142 Listado Nacional de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales. Registro Oficial Suplemento 856 de 21 de diciembre de 2012
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2004. Toxicological Profile for Chlorine Dioxide and Chlorite. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, pp. 1-191.
4. ARUNRAJ, P., BUNYAKAN, C., CHUNGSIRIPORN, J., 2008. Kinetics of the Oxidation of Hydrogen Sulfide by Potassium Permanganate. The 18 h Thailand Chemical Engineering and Applied Chemistry Conference October 20-21, 2008, Pattaya Thailand.
5. ALTAŞ , L., BÜYÜKGÜNGÖR, H., 2008. Sulfide removal in petroleum refinery wastewater by chemical precipitation. J. Hazard. M 153, 462-469.
6. BIELEFELDT, A.R., LUTZ, M., TAYLOR, S., SONG, M., WYENO, L., ANDERSON, J., 2002. Use of iron chemicals for odor control: lab studies and full scale results. Proc. Water Environ. Fed. 20, 267-280. WEFTEC 2002: Session 11 through Session.
7. Bio Triad, 2009. Vapor Phase Odor Control. Available at: http://www.biotriad.com/literature/Vapor_Open_Tank_Treatment.pdf.
8. BLANES-VIDAL V, SUH H, et al. 2011. Residential exposure to outdoor air pollution from livestock operations and perceived annoyance among citizens. Massachusetts (USA)/Odense(Denmark): Science Direct; 2011.
9. BORIES, A., GUILLOT, J.-M., SIRE, Y., COUDERC, M., ., et al. 2007. Prevention of volatile fatty acids production and limitation of odours from winery wastewaters by denitrification. Water Res. 41, 2987-2995.
10. California Water Technologies, 2011. The Control of Hydrogen Sulfide Odors. Available at: <http://www.californiawatertechnologies.com/pdf/OdorBulletin.pdf>.
11. CHARRON, I., COUVERT, A., LAPLANCHE, A., RENNER, C., PATRIA, L., REQUIEME, B., 2006. Treatment of odorous sulphur compounds by chemical scrubbing with hydrogen peroxide - stabilisation of the scrubbing solution. Environ. Sci. Technol. 40, 7881-7885.
12. CHO, M., KIM, J., KIM, J.Y., YOON, J., KIM, J.-H., 2010. Mechanisms of Escherichia coli inactivation by several disinfectants. Water Res. 44, 3410-3418.
13. CLAYTON, J., CHRISTINE, O., LUKE, M., SHAHNAWAZ, S., et al. 2006. Removing the stink: advanced treatment processes for hydrogen sulfide. Fla. Water Resour. J. 1, 31-38.
14. Concise International Chemical Assessment Document 53, Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects, 2003. World Health Organization, Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. Geneva.
15. COOK, K.L., ROTHROCK Jr., et al. 2010. Spatial and temporal changes in the microbial community in an anaerobic swine waste treatment lagoon. Anaerobe 16, 74-82.
16. DIETRICH, J.P., LOGE, F.J., GINN, T.R., BAŞAĞAOĞLU, H., 2007. Inactivation of particle-associated microorganisms in wastewater disinfection: modeling of ozone and chlorine reactive diffusive transport in polydispersed suspensions. Water Res. 41, 2189-2201.
17. DING, Y., DAS, K.C., WHITMAN, W.B., KASTNER, J.R., 2006. Enhanced biofiltration of hydrogen sulfide in the presence of methanol and resultant bacterial diversity. American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE. 49, 2051-2059.

18. EHSANUL Kabir, KI-HYUN Kim, et al. 2010. Offensive odorants released from stormwater catch basins (SCB) in an urban area, *Chemosphere* 81 (2010) 327-338.
19. ENIOLA, B., PERSCHBACHER-BUSER, Z., CARAWAY, E., GHOSH, N., OLSEN, M., PARKER, D., 2006. Odor control in waste management lagoons via reduction of p-cresol using horseradish peroxidase. *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.* 1, 7-11.
20. EPA, 1999. R.E.D Facts Chlorine gas. United States Environmental Protection Agency - Prevention, Pesticides and Toxic Substances, pp. 1-21.
21. Estrategia para la Gestión de Olores en Chile, 2014-2017.
22. Estudio de Identificación de Espacios Potenciales para la Definición de Proyectos Urbanos, Recreativos y Ecológicos en el Estero Salado. 2012. Consultoría No. CDC-SGMC-GE-002-2012. PRESIS-MAE-SGMC.
23. FIESSINGER, F., RICHARD, Y., MONTIEL, A., MUSQUERE, P., 1981. Advantages and disadvantages of chemical oxidation and disinfection by ozone and chlorine dioxide. *Sci. Total Environ.* 18, 245-261.
24. Filter Innovations INC., 2010. HS-600 Granular Potassium Permanganate Impregnated Media for Odour and Corrosion Control. Available at: http://www.filterinnovations.com/technical_specification_sheets/specialty-media/FII%20HS-600.pdf
25. FIRER, D., FRIEDLER, E., LAHAV, O., 2008. Control of sulfide in sewer systems by dosage of iron salts: comparison between theoretical and experimental results, and practical implications. *Sci. Total Environ.* 392, 145-156.
26. Guidelines on Odour Pollution & Its Control. 2008. Central Pollution Control Board. Ministry of Environment & Forests, Govt. of India.
1. GUTIERREZ, O., PARK, D., SHARMA, K.R., YUAN, Z., 2010. Iron salts dosage for sulfide control in sewers induces chemical phosphorus removal during wastewater treatment. *Water Res.* 44, 3467-3475.
2. HE, C., LI, X.-z., SHARMA, V.K., LI, S.-y., 2009. Elimination of sludge odor by oxidizing sulfur-containing compounds with ferrate (VI). *Environ. Sci. Technol.* 43, 5890-5895.
3. HEIN, G.M., 1964. Odor control by catalytic and high-temperature oxidation. *Ann. New York Acad. Sci.* 116, 656-662.
4. HILGERT, N. 2011. Situación de la avifauna en el Estero Salado Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/15805/1/BLGA.%20NANCY%20HILGERT%20-%20UEES.pdf>
5. HOLDRIDGE, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: *Ecología Basada en Zonas de Vida*, 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982.
6. <http://www.alibaba.com/showroom/odorneutralization.html>
7. HVITVED-JACOBSEN, T., VOLLERTSEN, J., MATOS, J.S., 2002. The sewer as a bioreactorea dry weather approach. *Water Sci. Technol.* 45, 11-24.
8. JAMEEL, P., 1989. The use of ferrous chloride to control dissolved sulfides in interceptor sewers. *Water Pollut. Control J. Fed.* 61, 230-236.
9. JIANG, G., GUTIERREZ, O., SHARMA, K.R., KELLER, J., YUAN, Z., 2011. Optimization of intermittent, simultaneous dosage of nitrite and hydrochloric acid to control sulfide and methane productions in sewers. *Water Res.* 45, 6163-6172.
10. JIGAR, E., SULAIMAN, H., ASFAW, A., BAIRU, A., 2011. Study on renewable biogas energy production from cladodes of *Opuntia ficus indica*. *J. Food Agric. Sci.* 1, 44-48.

11. JEFFERSON, B., HURST, A., STUETZ, R., PARSONS, S.A., 2002. A comparison of chemical methods for the control of odours in wastewater. *Process. Saf. Environ. Prot.* 80, 93-99.
12. KRISCHAN, J., MAKARUK, A., HARASEK, M., 2012. Design and scale-up of an oxidative scrubbing process for the selective removal of hydrogen sulfide from biogas. *J. Hazard. M.* 215-216, 49-56.
13. LU, N., YU, H.T., SU, Y., WU, Y., 2012. Water absorption and photocatalytic activity of TiO₂ in a scrubber system for odor control at varying pH. *Sep. Purif. Technol.* 90, 196-203.
14. Manual de Buenas Prácticas disponibles para la mitigación de olores en la Industria Avícola, 2014. Federación Nacional de Avicultores de Colombia FENAVI, Colombia.
15. MEDEIROS D. 2011. Investigación sobre la eliminación de olores en depuradoras. Universidad Politécnica de Madrid. 32 p.
16. MIDUVI; MAE. (2013). Generación y Restauración de Áreas Verdes para la Ciudad de Guayaquil: "Guayaquil Ecológico". Guayaquil.
17. MOKONE, T.P., Van HILLE, R.P., LEWIS, A.E., 2012. Metal sulphides from wastewater: assessing the impact of supersaturation control strategies. *Water Res.* 46, 2088-2100.
18. Norma UNE-EN 13725:2004 "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica"
19. NTE INEN 2266:2013 Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos. (Segunda revisión 2013-01)
20. LEE, E.Y., LEE, N.Y., CHO, K.S., RYU, H.W., 2006. Removal of Hydrogen Sulfide by Sulfate-Resistant *Acidithiobacillus thiooxidans* AZ11. *J. Biosci. Bioeng.* 101, 309-314.
21. PADIVAL, N.A., WEISS, J.S., ARNOLD, R.G., 1995. Control of Thiobacillus by means of microbial competition: implications for corrosion of concrete sewers. *Water Environ. Res.* 67, 201-205.
22. PANDIT, A., YOUNG, C., PANG, M., KHOURY, J., CARR, S., FISCHER, D., STAHL, J., 2006. Factors affecting cyanide generation in chlorinated wastewater effluent matrix. *Proc. Water Environ. Fed.* 20, 4957-4970. WEFTEC 2002: Session 11 through Session.
23. PODUSKA, R.A., ANDERSON, B.D., 1981. Successful storage lagoon odor control. *Water Pollut. Control J. Fed.* 53, 299-310.
24. Proyecto de Recuperación de las Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay - Ministerio del Ambiente - Subsecretaria de Gestión Marino Costera (PRESIS-MAE-SGMC), 2014-2015.
25. PURDY, C.W., CLARK, R.N., STRAUS, D.C., 2010. Determination of water quality variables, endotoxin concentration, and enterobacteriaceae concentration and identification in southern high plains dairy lagoons. *J. Dairy Sci.* 93, 1511-1522.
26. RADHAKRISHNAN, K., 2011. Impacts of the Use of Magnesia Versus Iron on Mesophilic Anaerobic Digestion and Odors in Wastewater, pp. 1-88. Thesis Submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
27. REGENESIS, 2007. Principles of chemical oxidation technology for the remediation of groundwater and soil. *Des. Appl. Man.* Version 2.0, 1-69.
28. Resolución 1541. 2013. Diario Oficial No. 48.975 de 15 de noviembre de 2013.
29. Review of Odour Management in New Zealand. Prepared by Tracy Freeman and Roger Cudmore for the Ministry for the Environment. www.mfe.govt.nz.

30. SEMERJIAN, L., AYOUB, G.M., 2003. High-pH magnesium coagulation-flocculation in wastewater treatment. *Adv. Environ. Res.* 7, 389-403.
31. SEOANEZ CALVO, M. 1998, *Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa: manual para responsables medioambientales*/Mundi-Prensa, Madrid.
32. SHAREEFDEEN, Z., SINGH, A. 2005, *Biotechnology for Odor and Air Pollution Control*. Springer-Verlag. Heidelberg - Germany
33. SHARMA, V.K., 2011. Oxidation of inorganic contaminants by ferrates (VI, V, and IV)-kinetics and mechanisms: a review. *J. Environ. Manag.* 92, 1051-1073.
34. SHARMA, V.K., SMITH, J.O., MILLERO, F.J., 1997. Ferrate (VI) oxidation of hydrogen sulfide. *Environ. Sci. Technol.* 31, 2486-2491.
35. SHARMA, V.K., BLOOM, J.T., JOSHI, V.N., 1998. Oxidation of ammonia by ferrate (VI). *J. Environ. Sci. Health Part A* 33, 635-650.
36. Siemens Water Technologies, 2009a. Hydrogen Peroxide (50%) Chemical Oxidizer for Odor Control. Available at: http://www.water.siemens.com/SiteCollectionDocuments/Product_Lines/Davis_Products/Brochures/MS-HYDPERX-DS-0709.pdf.
37. Siemens Water Technologies, 2009b. Sulfide Odor Control with Chlorine Dioxide. Available at: http://www.water.siemens.com/SiteCollectionDocuments/Product_Lines/Wallace_and_Tiernan_Products/Brochures/WT.085.272.015.IE. AN.0409.pdf.
38. SIERRA, R. (Ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
39. Subsecretaria de Gestión Marino Costera. 2015. Informe de sustento del Proyecto de Recuperación de las Áreas Protegidas de la Ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay (PRESIS).
40. STEINHAUS, B., GARCIA, M.L., SHEN, A.Q., ANGENENT, L.T., 2007. A portable anaerobic microbioreactor reveals optimum growth conditions for the methanogen *Methanosaeta concilii*. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 1653-1658.
41. SYED, M., SOREANU, G., FALLETTA, P., BÉLAND, M., 2006. Removal of hydrogen sulphide from gas streams using biological processes - a review. *Can. Biosys. Eng.* 48, 21-30.
42. TANG, K., BASKARAN, V., NEMATI, M., 2009. Bacteria of the sulphur cycle: an overview of microbiology, biokinetics and their role in petroleum and mining industries. *Biochem. Eng. J.* 44, 73-94.
43. TOMAR, M., ABDULLAH, T.H.A., 1994. Evaluation of chemicals to control the generation of malodorous hydrogen sulfide in waste water. *Water Res.* 28, 2545-2552.
44. TORRES G. 2011. Recuperación del Estero Salado Perspectiva Biológica. Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR. Departamento de Ciencias del Mar.
45. Tunjuelo: olores ofensivos. 2015. (<http://ambientebogota.gov.co/200>)
46. US Peroxide, 2012. Analytical Interferences Caused by Residual Hydrogen Peroxide. Available at: <http://www.h2o2.com/technical-library/analytical-methods/default.aspx?pid¼75&name¼Analytical-Interferences-Caused-by-Residual-Peroxide>.
47. VANDEKINDEREN, I., DEVLIEGHERE, F., VAN CAMP, J., et al. 2009. Effects of food composition on the inactivation of foodborne microorganisms by chlorine dioxide. *Int. J. Food Microbiol.* 131, 138-144.

48. VOGELPHOHL, A., KIM, S.-M., 2004. Advanced oxidation processes (AOPs) in wastewater treatment. *J. Ind. Eng. Chem.* 10, 33-40.
49. VON GUNTEN, U., 2003. Ozonation of drinking water: part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Res.* 37, 1443-1467.
50. WANG Rui. 2010. La función dual del sulfuro de hidrógeno, *Investigación y Ciencia*, 404, mayo de 2010, 56-61.
51. WITSENBURG, F. 2007. The tragedy of the Estero Salado: opportunities for better management. Thesis: Delft University of Technology (Holanda).
52. <http://www.zefon.com/analytical/download/4d.pdf>.
53. X.L. ZHANG, S. YAN, R.D. TYAGI, R.Y. SURAMPALLI. 2013. Odor control in lagoons. *Journal of Environmental Management* 124 (2013) 62-71
54. ZHANG, L., DE SCHRYVER, P., DE GUSSEME, B., DE MUYNCK, W., BOON, N., Verstraete, W., 2008. Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: a review. *Water Res.* 42, 1-12.
55. ZHANG, Z., ZHU, J., PARK, K.J., 2006. A bench-scale aeration study using batch reactors on swine manure stabilization to control odour in post treatment storage. *Water Res.* 40, 162-174.

Anexo 1

Informe de ensayo RG-LABPSI-16031-32-33

**INFORME DE RESULTADOS
MEDICIÓN EN CAMPO Y ANÁLISIS
SULFURO DE HIDRÓGENO (H₂S)
AMBIENTE EXTERNO**

1.- GENERAL	
Fecha de mediciones y análisis:	28-30/marzo/2016
Sitio donde se realizaron las mediciones:	RAMALES DEL ESTERO SALADO
Parámetros objetos del estudio:	Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)
Medio:	Ambiente externo
Enfoque:	Ambiental
Fecha de emisión del informe:	01/abril/2016
2.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	
<p>Introducción: El ácido sulfhídrico es un gas pesado, inflamable, incoloro de olor nauseabundo. Es común encontrarlo en procesos de descomposición; por ejemplo, en aguas servidas y en aguas estancadas donde existen procesos de putrefacción en el fondo. A una concentración de 2 ppm ya puede distinguirse olfativamente. El nivel más bajo al cual se puede detectar efecto adverso es a 15 mg/m³ (10 ppm) cuando podría haber irritación de los ojos. En base a este valor, la Organización Mundial de la Salud, aplicando un factor de seguridad de 100, ha establecido un Nivel de Tolerancia de 150 mg/m³ para 24 horas.</p>	
<p>Objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El principal objetivo del estudio es determinar la concentración de Ácido Sulfhídrico en el aire ambiente en puntos próximos a ramales del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, mediante evaluaciones de 48 horas, aplicándose dosímetros pasivos. 	
4.- SITIO DONDE SE REALIZARON LAS MEDICIONES	
Sitio:	RAMALES DEL ESTERO SALADO
Dirección:	Sectores de Urdesa, Kennedy y Kennedy Norte. Guayaquil
Coordenadas UTM (WGS84):	--
5.- ENTIDADES QUE REALIZAN EL ESTUDIO	
PRODUCTOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES C. LTDA. LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL	
Fases de Participación:	Mediciones, análisis y elaboración del informe
Director del Estudio:	Héctor Murzi
Participantes en campo y laboratorio	
Técnicos del Laboratorio:	Héctor Murzi

Garantía de Confiabilidad y Confidencialidad: LAB-PSI garantiza resultados confiables y respaldo técnico al cliente. Se mantendrá absoluta confidencialidad de los resultados. Nota: Los resultados no podrán ser reproducidos de forma parcial. Los resultados obtenidos corresponden solo al (las) área(s) y período(s) de monitoreo, muestreo, medición y análisis descrito(s).



6.- METODOLOGÍA	
Métodos Referenciales:	Dositubos GASTEC
Procedimiento Interno:	ESH-PEV-12: Evaluación de la exposición a Agentes Químicos mediante Tubos Pasivos colorimétricos
Resumen procedimiento:	de Los dositubos colorimétricos GASTEC son tubos de vidrio que contienen químicos específicos, que al reaccionar pasivamente con el compuesto de interés, cambia de color; pudiéndose estimar la magnitud de la concentración a través de graduaciones estampadas en el tubo. En este caso específico, los dositubos para la evaluación de H ₂ S, contienen el compuesto: Pb(CH ₃ COO) ₂ . En cada punto de interés se instala un tubo abierto, anotándose la fecha y hora inicial, dejándose en el punto durante 48 horas (+/-3 horas). Al retirarse el tubo, se anota la fecha y hora final, y se observa el nivel de concentración marcado en ppm x h.
Estrategia monitoreo:	de Tipo de muestreo: pasivo Ubicación: En este caso específico, se sujetaron los tubos mediante pinzas en postes y árboles cercanos al estero Tiempo de muestreo: 48 horas (+/-3 horas)
Descripción de la sustancia:	Nombre: Ácido Sulhídrico (H ₂ S) Definición: -- #CAS: 7783-06-4 Sinónimos: Sulfuro de Hidrógeno Nivel de Tolerancia: 150 mg/m3 (Establecido por la OMS para 24 horas)

7.- EQUIPOS PRINCIPALES UTILIZADOS	
Dositubos pasivos	
Principio:	Reacción química
Parámetros analizados:	H ₂ S
Marca:	GASTEC
Modelo:	4D
Fecha de expiración:	Septiembre/2017
Estándares / Aprobaciones:	Los tubos de detección GASTEC han sido certificados por el Safety Equipment Institute (SEI) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de USA.

Garantía de Confiabilidad y Confidencialidad: LAB-PSI garantiza resultados confiables y respaldo técnico al cliente. Se mantendrá absoluta confidencialidad de los resultados. Nota: Los resultados no podrán ser reproducidos de forma parcial. Los resultados obtenidos corresponden solo al (las) área(s) y período(s) de monitoreo, muestreo, medición y análisis descrito(s).

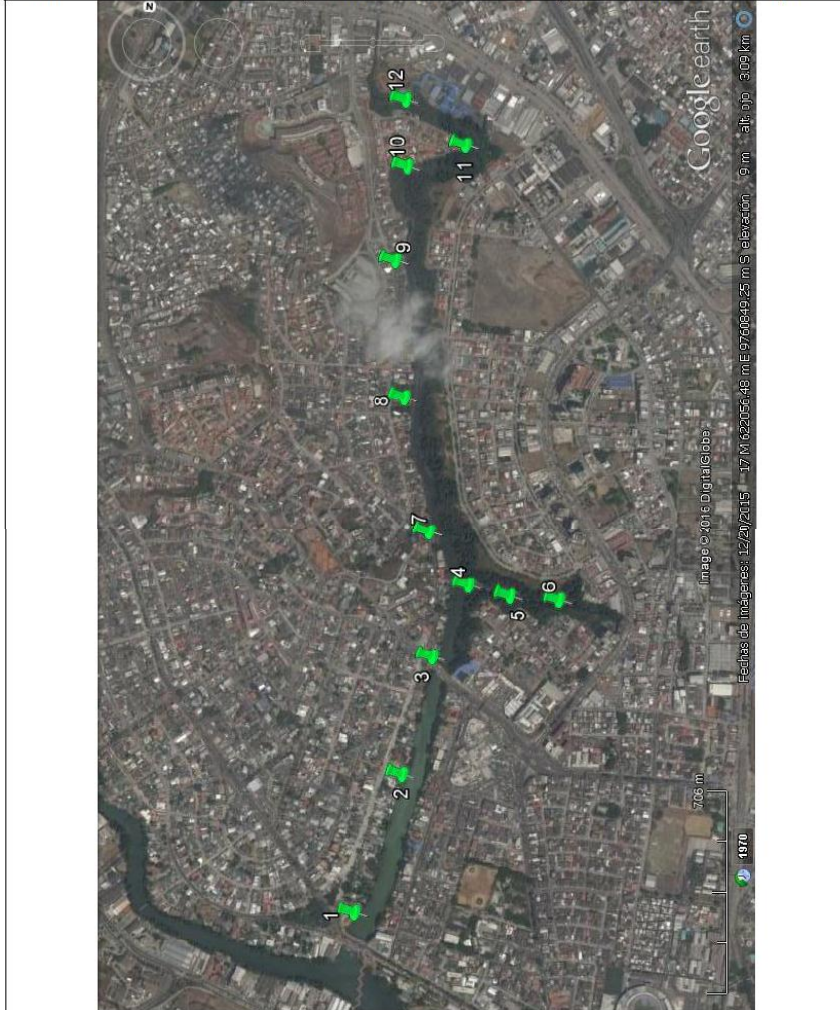
MC2206-02

Hoja 2 de 4



8.- UBICACIÓN ESPECÍFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Sitio: Sectores de Urdesa, Kennedy y Kennedy Norte, Guayaquil



Garantía de Confiableidad y Confidencialidad: LAB-PSI garantiza resultados confiables y respaldo técnico al cliente. Se mantendrá absoluta confidencialidad de los resultados. Nota: Los resultados no podrán ser reproducidos de forma parcial. Los resultados obtenidos corresponden solo al (las) área(s) y período(s) de monitoreo, muestreo, medición y análisis descrito(s).

MC2206-02


Hoja 3 de 4



9.- RESULTADOS OBTENIDOS

Punto	Compuesto	Concentración determinada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nivel de Tolerancia establecido por la OMS ⁽¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
P01	H ₂ S	<29,72	150
P02		<29,83	
P03		<29,83	
P04		<30,65	
P05		<30,66	
P06		<30,54	
P07		<29,83	
P08		<29,87	
P09		<29,98	
P10		<30,01	
P11		<30,04	
P12		<30,25	

⁽¹⁾Guidelines for Air Quality. WHO/SDE/OEH/00.02

Firmas de responsabilidad:	
	
Héctor Murzi Jefe de Laboratorio - LABPSI	

Importante:

PSI C.LTDA. es una empresa comprometida con el ambiente. Nuestros informes de resultados contienen la información pertinente para facilitar un correcto entendimiento e interpretación de nuestros resultados de análisis por parte de nuestros Clientes y Organismos de Control. Dentro del presente contenido, se han omitido: definiciones, descripciones ampliadas de los métodos y equipos utilizados, hojas de trabajo de campo, certificados de calibración, y otros puntos considerados prescindibles. Esta omisión permite el ahorro de al menos 200 Kg de papel al año y de recursos asociados a los mismos. En caso de de ser solicitado, cualquier información relacionada con el presente informe será enviada vía electrónica.

Garantía de Confiabilidad y Confidencialidad: LAB-PSI garantiza resultados confiables y respaldo técnico al cliente. Se mantendrá absoluta confidencialidad de los resultados. Nota: Los resultados no podrán ser reproducidos de forma parcial. Los resultados obtenidos corresponden solo al (las) área(s) y periodo(s) de monitoreo, muestreo, medición y análisis descrito(s).

MC2206-02

Hoja 4 de 4

