



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

TEMA:

**“IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS SUPERFICIALES
DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

DARWIN EUCLIDES GONZABAY HERMENEJILDO

TUTOR:

LIC. ERICA LORENZO GARCÍA, PhD.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

TEMA:

**“IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS
SUPERFICIALES DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE
SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

DARWIN EUCLIDES GONZABAY HERMENEJILDO

TUTOR:

LIC. ERICA LORENZO GARCÍA, PhD.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Marllelis Gutiérrez, PhD.

DIRECTORA DE LA CARRERA DE
PETRÓLEOS

Lic. Erika Lorenzo García, PhD.

DOCENTE TUTOR

Ing. Carlos Portilla Lazo, Mg.

DOCENTE ESPECIALISTA

Ing. David Vega González.

SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedicado a Dios y a mi familia, por ser los pilares fundamentales para continuar en este proceso académico.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS SUPERFICIALES DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA” elaborado por el estudiante Darwin Euclides Gonzabay Hermenejildo, egresado de la carrera de Ingeniería en Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 3% de la valoración permitida.



Document Information

Analyzed document	ENTREGA AVANCES FINALES.docx (D126657784)
Submitted	2022-01-31T15:35:00.0000000
Submitted by	Erica
Submitter email	elorenzo@upse.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	elorenzo.upse@analysis.orkund.com

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Erica", written over a horizontal line.

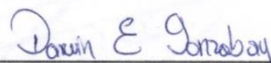
Lcda. Erica Lorenzo García, PhD
DOCENTE TUTOR
C.I. 0956444338

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Darwin Euclides Gonzabay Hermenejildo, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS SUPERFICIALES DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleo, cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Darwin Euclides Gonzabay Hermenejildo

Autor de tesis

C.I. 2400193260

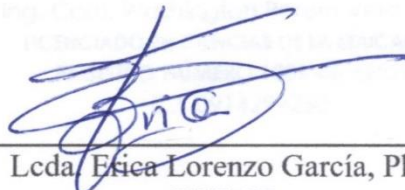
CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Lcda. Erica Lorenzo García, PhD

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS SUPERFICIALES DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleo elaborado por el Sr. Darwin Euclides Gonzabay Hermenejildo, egresado de la Escuela de Petróleo, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.



Lcda. Erica Lorenzo García, PhD
TUTOR

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Ing. Washington Perero Vera, MSc.
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
REGISTRO NÚMERO 1006-06-669797
Celular 0994649678

CERTIFICO

Que he revisado la GRAMÁTICA y ORTOGRAFÍA del trabajo de titulación de **DARWIN EUCLIDES GONZABAY HERMENEJILDO**, autor del tema "IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS SUPERFICIALES DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA"

Es todo cuanto puedo certificar con respecto a la revisión del Trabajo de Titulación, por lo que el interesado puede darle el uso que estime conveniente al presente documento.

La Libertad, febrero de 2022

Atentamente



Ing. Com. Washington Perero Vera, M.Sc.
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
REGISTRO NÚMERO 1006-06-669797
C.I. 0914299250

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme alcanzar otra meta más en mi vida.

A mi tutora la Doctora Erica Lorenzo, por la paciencia y por ser una guía fundamental para culminar el trabajo de titulación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena en especial los que conforman la Facultad de Ingeniería en Petróleo, por impartir la excelente formación académica

Al personal de los departamentos de gestión ambiental de los Gobiernos Autónomos Descentralizados de los cantones La Libertad y Salinas por brindarme la información necesaria para culminar este trabajo investigativo.

CONTENIDO

	pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA.....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iv
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	v
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA.....	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	6
1.5. OBJETIVOS	7
1.5.1. Objetivo General.	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7

1.6.	ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	7
1.7.	HIPÓTESIS	8
1.8.	VARIABLES.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		9
2.1.	HIDROCARBUROS	9
2.1.1.	Características de los hidrocarburos.....	9
2.1.2.	Clasificación de los hidrocarburos.....	9
2.2.	SISTEMA PETROLERO	11
2.2.1.	Elementos de un sistema petrolero.....	12
2.2.2.	Procesos de un sistema petrolero.....	13
2.3.	INDICIOS DE HIDROCARBUROS	17
2.4.	GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA	23
2.4.1.	Estratigrafía.....	23
2.4.2.	Marco geológico.....	25
2.5.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	28
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....		31
3.1.	TIPO DE ESTUDIO.....	31
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
3.3.	ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LOS AFLORAMIENTOS	32
3.3.1.	Municipio de La Libertad.....	33
3.3.2.	Municipio de Salinas.....	38
3.3.3.	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.....	42
3.4.	VISITA TÉCNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	42
3.4.1.	Lugares reportados en la zona uno.....	43
3.4.2.	Lugares reportados en la zona dos.....	44
3.4.3.	Lugares reportados en la zona tres.....	45

3.4.4. Lugares reportados en la zona cuatro.	46
3.5. BASE DE DATOS	47
3.6. MAPA INTERACTIVO GEORREFERENCIADO	50
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1. CONCLUSIONES	93
5.2. RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Elementos principales del sistema petrolero (Cabanillas et al., 2013).....	11
Figura 2. Roca reservorio en un reservorio anticlinal (Donev y Sheardown, 2019).	12
Figura 3. Ejemplos de trampas estratigráficas y estructurales (Rafferty et al.,2021).....	14
Figura 4. Tipos de trampas (Prado, 2021).....	15
Figura 5. Modelo generalizado de Indicios directo e indirectos (Garain et al., 2021).	18
Figura 6. Tipos de indicios de hidrocarburos propuestos por Link 1952 (Etiope, 2015).....	19
Figura 7. Indicio superficial de petróleo en Cárpatos occidentales, Eslovaquia (Ward, 2017)...	22
Figura 8. Columna Estratigráfica del Bloque Santa Elena (Pacifpetrol, 2015).....	23
Figura 9. Corte geológico regional (Pacifpetrol, 2015).....	26
Figura 10. Ubicación de los cantones La Libertad y Salinas.	32
Figura 11. Lugares reportados en el cantón La Libertad.....	36
Figura 12. Indicios en sector megaterio (Petroecuador-Gad Salinas, 2012).	37
Figura 13. Lugares reportados en el cantón La Salinas.....	41
Figura 14. Lugares reportados en las diferentes zonas.....	43
Figura 15. Lugares reportados en la zona uno.....	44
Figura 16. Lugares en la zona dos.....	45
Figura 17. Lugares en la zona tres.....	46
Figura 18. Lugares en la zona cuatro.	47
Figura 19. Módulo uno de la base de datos.	48
Figura 20. Módulo dos de la base de datos.	49
Figura 21. Módulo tres de la base de datos.	50
Figura 22. Simbología usada dentro del mapa interactivo.	51

Figura 23. Información del indicio en el mapa interactivo.	52
Figura 24 . Mapa ISPEC-EC en Qgis con bases del mapa interactivo.....	53
Figura 25. Detalles fotográficos del indicio en barrio Panorama.....	55
Figura 26. Detalles fotográficos del indicio en la albarrada.....	56
Figura 27. Indicio de petróleo inactivo en instalaciones de la refinería.....	57
Figura 28. Cambios visualizados en Google Earth Pro.....	58
Figura 29. Indicio activo de petróleo en megaterio.....	59
Figura 30. Detalles Fotográficos del inicio activo de petróleo – Megaterio.	60
Figura 31. Detalles fotográficos del indicio sólido historico en Suinli-Marañón.	61
Figura 32. Evidencias fotográficas de la aparición del indicio (Lorenzo et al., 2019).....	62
Figura 33. Lugar de surgencia en la escollera del malecón.....	62
Figura 34. Detalles fotográficos del indicio YCPL IP-AC 004.....	63
Figura 35. Indicio de gas histórico en yacht club.....	64
Figura 36. Detalles fotográficos del primer indicio en barrio la Propicia.	65
Figura 37. Detalles fotográficos del segundo indicio en barrio la Propicia.	66
Figura 38. Fotografías del indicio activo de petróleo en barrio Virgen del Cisne.	67
Figura 39. Indicio de gas en barrio Virgen del Cisne.....	68
Figura 40. Indicio activo de petróleo en año 2021.	68
Figura 41. Detalles fotográficos del indicio BVC IP-HI 002.....	69
Figura 42. Detalles Fotográficos del indicio inactivo en barrio las Minas.....	70
Figura 43. Detalles fotográficos del indicio activo de petróleo -playa Puerto Lucía.	71
Figura 44. Detalles Fotográficos del indicio inactivo sólido -playa Puerto Lucía.	72
Figura 45. Fotografías del indicio activo de petróleo en canal Costa de Oro.	74
Figura 46. Fotografías del indicio activo de petróleo en la playa San Lorenzo.	75
Figura 47. Fotografías del indicio inactivo de petróleo en campus Petrópolis.	76
Figura 49. Fotografías del indicio activo de petróleo en barrio San Raymundo.....	78
Figura 50. Zanas de estudio en Santa Paula (Petroecuador-Gad Salinas, 2012).....	78

Figura 51. Indicios presentes en el centro del campus Santa Paula.	79
Figura 52. Detalles fotográficos del indicio SA- CSPC IP-AC 012.....	80
Figura 53. Detalles fotográficos del indicio SA- CSPC IP-AC 013.....	81
Figura 54. Detalles fotográficos del indicio SA- CSPC IP-AC 014.....	82
Figura 55. Ubicación del indicio SA- CSPC IP-IN 004.....	83
Figura 56. Ubicación del indicio SA- CSPL IP-AC 015.....	83
Figura 57. Fotografías del indicio de petróleo dentro del lago.	84
Figura 58. Indicios activos e inactivos de petróleo Santa Paula - sur.	85
Figura 59. Detalles fotográficos de los indicios CSPS IP-AC 016 y 017.	86
Figura 60. Indicio activo de petróleo CSPS IP-AC 018.....	87
Figura 61. Fotografías de los indicios CSPS IP-AC 019 y 020 en Santa Paula - sur.....	88
Figura 62. Detalles fotográficos del indicio CSPS IP-AC 021 en Santa Paula.....	89
Figura 63. Fotografías del indicio inactivo CSPS IP-IN 005 en Santa Paula - sur.	90
Figura 64. Canal de aguas lluvias Valparaíso.	91
Figura 65. Fotografías del indicio de petróleo en Canal Valparaíso.	92

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 1.....	44
Tabla 2: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 2.....	45
Tabla 3: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 3.....	46
Tabla 4: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 4.....	47
Tabla 5. Inventario de los indicios de petróleo (activo, inactivo e histórico).	100
Tabla 6. Inventario de los indicios de gas (activo, inactivo e histórico).	101
Tabla 7. Inventario de los indicios sólidos (activo, inactivo e histórico).	101
Tabla 8. Resultados totales de los indicios directos superficiales.	102

“IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE INDICIOS SUPERFICIALES DE PETRÓLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”.

Autor: Darwin Euclides Gonzabay Hermenejildo

Tutor: Lcda. Erica Lorenzo García, PhD

RESUMEN

Este trabajo tiene como propósito la identificación de indicios superficiales de hidrocarburos y localización en un mapa interactivo georreferenciado. El levantamiento de información llevado a cabo a través de fichas e inspecciones visuales permitió por primera vez tener un compilado geográfico de imágenes, características y localización de los afloramientos en la península. Los resultados muestran un mapa con la información de 33 indicios superficiales reportados en los dos cantones; 23 están activos, 6 están inactivos y 4 son reportadas como históricas. Los menes activos están relacionados por presentarse en suelo arcilloso con grietas, que facilitan la migración de las emanaciones naturales, como por ejemplo el sector Megaterio localizado en La Libertad y Santa Paula que registran mayor actividad de indicios activos.

Palabras Clave: - Menes – Mapa – Península.

**“IDENTIFICATION AND DESCRIPTION OF PETROLEUM SURFACE
INDICATIONS IN SANTA ELENA PROVINCE”**

Author: Darwin Euclides Gonzabay Hermenejildo

Tutor: Lcda. Erica Lorenzo García, PhD

ABSTRACT

The purpose of this work is to identify hydrocarbon seepage and locate them on a georeferenced interactive map. Data collection carried out through tokens and visual inspections allowed for the first time to have a geographical compilation of images characteristics and location of outcrops in the Peninsula. The results show an interactive map with information on 33 hydrocarbon seepage reported in two cantons; 23 are active, 6 are inactive and 4 are reported as historical. Oil seepage active are related because they occur in clayey soils with cracks, that facilitate the migration of the natural emanations for example in the Megaterio and Santa Paula sectors that register the highest activity of active emanations.

Keywords: Oil seepage – Map- Peninsula.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA

Las emanaciones naturales de hidrocarburos son las herramientas de prospección de petróleo y gas más antiguas, al comienzo de la industria petrolera todas las actividades de exploración se centraban en pozos que se perforaban cerca de los indicios superficiales de hidrocarburos (Link, 1952).

La mayoría de las regiones productoras de petróleo más importantes del mundo fueron detectadas o descubiertas por indicios superficiales de petróleo y gas (Judd y Hovland, 2007). Aunque la tecnología ha progresado y ahora existen formas de exploración más sofisticadas, el estudio de los indicios superficiales de hidrocarburos todavía se utiliza para identificar fuentes comerciales de petróleo (Logan, Jones, Kennard, Ryan, y Rollet, 2010).

El trabajo de titulación propone aplicar la geología de superficie, como técnica inicial de exploración de hidrocarburos. La geología de superficie emplea técnicas como descripción de rocas e indicios de petróleo o gas en superficie, en la investigación se realizó un inventario de los indicios superficiales de hidrocarburos presentes en los cantones de estudio de la provincia de Santa Elena.

Las emanaciones naturales de hidrocarburos en la zona de estudio no se encuentran inventariadas, por lo tanto, un punto de referencia crucial en la investigación está la realización de una base de datos y la unificación de los datos disponibles, sobre las filtraciones de hidrocarburos.

También se discute cómo los factores geológicos controlaron la distribución y las características de los indicios de petróleo, así mismo se evidencia que afloramientos naturales presentan una problemática para el entorno que rodea el indicio superficial de petróleo.

1.2. ANTECEDENTES

Giuseppe Etiope, en 2009 desarrolló un conjunto de datos globales de indicios de gas y petróleo onshore (en tierra). El conjunto de datos, denominado GLOGOS (Global Onshore Gas-Oil Seep), es el resultado de diez años de estudios e investigaciones, que integra en archivo de Excel de más de 1150 indicios de hidrocarburos onshore de 84 países, subdividida en 6 regiones continentales. La lista del archivo incluye la siguiente información; país, coordenadas geográficas, nombre de la cuenca petrolífera o del área geográfica, tipo de filtración y referencia (fuente bibliográfica o web). Las emanaciones están clasificadas en tres tipos y reportadas en diferentes colores; indicios de gas (negro), indicios de petróleo (verde) y volcanes de lodo (azul). La base de datos GLOGOS es una herramienta importante para la exploración de hidrocarburos, la evaluación de sistemas totales de petróleo y estudios geo estructurales.

Ionescu et al., en 2017 realizaron el primer inventario completo basado en sistemas de información geográficas (SIG) de los indicios de hidrocarburos en Rumania, denominado HYSED-RO (Hydrocarbon Seeps Database - Romania). HYSED-RO es una base de datos que tiene como objetivo unificar los datos de las emanaciones en la misma interfaz. La base de datos comprende actualmente un total de 470 filtraciones, de las cuales 98 están activas, 23 están inactivas y se desconoce la actividad de 349. La investigación se desarrolló a partir de una amplia y precisa encuesta bibliográfica e investigaciones de campo directas. La base de datos se actualizó progresivamente en el mapa interactivo del inventario de HYSED-RO a medida que se vayan adquiriendo nuevas observaciones de campo. Los resultados obtenidos son; volcanes de lodo (50,4%), indicios de petróleo (11,7%), indicios de gas (10,4%), indicios fósiles (4,3%). HYSED-RO puede representar una referencia clave para la exploración de petróleo en Rumania. Finalmente, el inventario también puede ser útil para fines de protección civil, ya que algunas filtraciones de gas pueden representar peligros para la población, la infraestructura y el entorno construido.

Zheng et al., en 2018 elaboraron el siguiente estudio “Emanaciones de hidrocarburos en cuencas petrolíferas de China: un primer inventario”. La investigación revisó y examinó los datos disponibles en la literatura con el fin de desarrollar el primer catálogo de emanaciones de hidrocarburos en China, incluidas las posibles áreas de filtración. El

trabajo describe brevemente 20 principales cuencas sedimentarias petrolíferas y su relación con los indicios de hidrocarburos presentes a lo largo de las fallas marginales, regionales y locales. El inventario indica en una tabla los diferentes tipos de emanaciones, ubicaciones y sus referencias relacionadas. La investigación proporciona un inventario de 932 emanaciones de hidrocarburos distribuidas en 710 indicios onshore y 222 indicios offshore (costa fuera), que incluyen 81 volcanes de lodo, 449 indicios de petróleo, 215 indicios de gas y 187 indicios fósiles. La investigación también concluye que las emanaciones están controladas por eventos tectónicos de la región, además el tipo y madurez del sistema petrolífero determinan el tipo de fluido que emana a la superficie (gas o petróleo). El estudio tiene implicaciones importantes para la exploración de petróleo y las emisiones globales de hidrocarburos a la atmósfera.

Christiansen y Bojesen, en 2021 publicaron un nuevo inventario sobre emanaciones y manchas de petróleo onshore en Groenlandia como un modelo SIG basado en la web. El inventario proporciona la clasificación de emanaciones de petróleo, emanaciones de gas, diapiros de lodo, manchas de petróleo en rocas volcánicas, carbonatos y areniscas, betún macroscópico sólido y otra evidencia de microfiltración. El inventario comprende información detallada sobre localidades, coordenadas y números de muestra, incluyendo una descripción sistemática de 130 localidades o áreas pequeñas en Groenlandia, junto con una descripción de características geológicas que incluyen referencias, informes y publicaciones. Para cada localidad, hay un enlace a la descripción y clasificación de características e interpretaciones. Las emanaciones y manchas documentadas reflejan la ubicuidad del petróleo en las cuencas sedimentarias de Groenlandia e información de los sistemas petroleros pasados y presentes. El inventario está diseñado para actualizarse con localidades y descripciones adicionales, como una herramienta dinámica moderna que se puede aplicar en futuras exploraciones mineras y petroleras.

Enrique Veloz, en 2015 desarrolló un trabajo de investigación por la presencia de afloramientos de hidrocarburos en la zona de Valparaíso – Punta Carnero, del cantón Salinas, en la provincia de Santa Elena. La investigación plantea efectuar una evaluación de carácter cualitativa acerca de la dimensión, las causas y los efectos de los impactos generados al ambiente por la presencia de hidrocarburos. La investigación es de tipo aplicada y exploratoria. Además de una revisión histórica del territorio e identificación de sectores afectados, para lo cual se utilizó una serie de imágenes satelitales y fotografías

aéreas, La investigación se fundamentó en una exhaustiva revisión bibliográfica, visitas de campo, y criterio de expertos calificados. Los resultados mostraron que el suelo está afectado por la presencia de petróleo en las paredes del canal y del estero; sin embargo, la mayor contaminación se da en el agua del estero y canal, siendo la concentración más alta encontrada de hidrocarburos totales de petróleo (HTP).

Lorenzo et al., en 2019 publicaron un estudio de la distribución de biomarcadores como herramientas para la determinación del origen de emanaciones de hidrocarburos, referente a una emanación surgida en la playa más oriental del Malecón de la ciudad de La Libertad.

La surgencia apareció a finales del mes de agosto de 2016, caracterizándose por su alta volatilidad, fuerte olor. La investigación propuso determinar si la emanación proviene de alguna fuga derivada de una estación de gasolina cercana (100 m), o si es una nueva emanación natural que se suma a las numerosas ya reportadas en la región.

La investigación se elaboró mediante el método experimental, recogiendo muestras de la emanación y de sedimentos extraídos en la calicata abierta a escasos metros de la surgencia.

Los resultados de la investigación muestran que la distribución de n-alcanos e isoprenoides es inusual; sin embargo, la similitud con otros crudos producidos en el Campo Santa Paula de la Península de Santa Elena evidencia una clara relación genética entre ambos, confirmando el origen natural de la muestra.

Karen Yagual, en 2020 realizó un estudio de técnicas de recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos, mediante una recopilación bibliográfica, tipo de suelo, tipo de crudo y factores económicos para determinar cuáles de estas serían las mejores técnicas de remediación aplicables en el cantón Salinas.

Los resultados e interpretaciones que se obtuvieron en base a las muestras de suelos contaminados muestran que el Sector Valparaíso tiene una contaminación de suelo por derrame de crudo en los alrededores de los pozos petroleros y, además, se identificaron afloramientos naturales que están afectando de manera directa o indirectamente los alrededores.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los indicios superficiales de petróleo han estado presentes en la península de Santa Elena desde hace décadas y siguen surgiendo actualmente en varios lugares de la provincia, en particular en los cantones de La Libertad y Salinas.

La presencia de hidrocarburos en superficie se ha producido en los últimos miles de años por migración de hidrocarburos a través de fallas geológicas, o por la presencia de rocas reservorio que han quedado expuestas a la superficie luego de movimientos y reacondicionamientos tectónicos.

Las acumulaciones superficiales de hidrocarburos han sido cubiertas con finas capas de sedimentos que, al ser removidos por factores naturales o antrópicos, expone el petróleo a la superficie, generando diferentes inconvenientes para el entorno cercano a la surgencia.

En la última década, se han reportado eventos relacionados a las emanaciones naturales, que han activado el Comité de Operaciones Emergentes (COE) y la preocupación en la ciudadanía al presentarse la surgencia. El sector Santa Paula en distintos periodos (2012, 2014 y 2016) ha presentado surgencia de petróleo en el canal de aguas lluvias y en los alrededores cercanos a una empresa salinera, debido al incremento de lluvias en la provincia, la explotación de sal y asentamientos humanos irregulares en el cantón Salinas, así como otras zonas del vecino cantón La Libertad.

Estudios realizados por (Veloz, 2015), (Lorenzo et al., 2019) y (Yagual, 2020) respecto al tema, han demostrado la existencia de las emanaciones naturales de hidrocarburos en distintas zonas de la provincia. Pero las emanaciones no se encuentran inventariadas, ni clasificadas.

El proyecto consiste en la realización de una base de datos y unificación de los datos disponibles sobre las emanaciones de hidrocarburo, conociendo el estado actual de las emanaciones naturales, georreferenciándolas y clasificándolas en un mapa. Además, evidenciar que afloramientos naturales estarían afectando de manera visual al entorno cercano donde se presentan las emanaciones.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Las emanaciones de petróleo han sido históricamente importantes impulsores de la exploración petrolera mundial. Todavía hoy pueden servir como indicadores directos de las acumulaciones del subsuelo de gas y/o petróleo.

Las emanaciones son entonces indicadores de discontinuidades tectónicas (fallas) y rocas fracturadas; también pueden representar riesgos geográficos y fuentes de gases de efecto invernadero (metano) y contaminantes fotoquímicos (etano y propano) (Ionescu et al., 2017).

Ante la surgencia de emanaciones naturales de hidrocarburos en diferentes lugares y periodos dentro de la península de Santa Elena, es importante conocer el estado actual de cada uno de los indicios de petróleo, su clasificación y realizando un inventario de las emanaciones presentes en la zona de estudio de los cantones La Libertad y Salinas.

El desarrollo de la investigación establecerá la identificación de zonas de interés con indicios de hidrocarburos y así poder mantener un equilibrio entre la sociedad y el medio ambiente que es responsabilidad de todos, conseguir una identificación por medio de un mapa agilizaría a futuras intervenciones que pueden darse en los afloramientos naturales de hidrocarburos y que los afloramientos naturales no contaminen los entornos de cada uno de los cantones de estudio.

Un inventario brindaría información actualizada del estado y tipo de indicio de petróleo presente en los distintos lugares a mapear, siendo un aporte para gobiernos autónomos descentralizados (GAD) de los diferentes municipios, empresas petroleras y ministros reguladores del medio ambiente.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General.

- Identificar en un mapa los indicios de hidrocarburos (emanaciones) existentes en la provincia de Santa Elena, teniendo en cuenta los indicios activos, inactivos e históricos, apoyados en la descripción visual de los sitios mediante visitas de campo.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información histórica y complementaria en los GAD Municipales de los cantones de estudio (La Libertad y Salinas).
- Visitar mediante inspecciones visuales las zonas reportadas como emanaciones de petróleo.
- Elaboración de un mapa de localización de los afloramientos de hidrocarburos, para establecer si existe relación entre ellos.

1.6. ALCANCE DE LA PROPUESTA

La investigación se desarrolla en la provincia de Santa Elena en los cantones de La Libertad y Salinas. Las regiones de estudio abarcarán una extensión de 123 km², que serán divididas en cuatro zonas para el desarrollo del inventario de los indicios superficiales de petróleo, el cantón La Libertad en dos zonas para investigar, así mismo dos zonas para el cantón Salinas.

Los lugares reportados con presencia de afloramientos naturales de petróleo indagados entre los municipios de cada cantón y el ministerio del ambiente y agua (Mae), suman un total de 16 lugares, nueve en el cantón La Libertad y siete para en el cantón Salinas. Los indicios superficiales en cada zona de estudio serán clasificados y descritos de acuerdo con la información bibliográfica investigada y la visita de campo realizada, usando implementos necesarios para la inspección visual y recolección de datos, además del uso de las plataformas SIG para realizar el mapeo superficial de los indicios de petróleo.

1.7. HIPÓTESIS

En la investigación al ser su alcance un estudio exploratorio, no se formulan hipótesis; sin embargo, existe la sospecha que los indicios activos en la península están relacionados y el posible estado actual de la surgencia de hidrocarburos estaría afectando al entorno que rodea las emanaciones.

1.8. VARIABLES

- Limitada información en los Gad Municipales respecto al tema.
- Permisos de acceso a los sectores reportados con indicios de hidrocarburos.
- Ubicación y estado de la emanación de hidrocarburos.
- Sensibilidad del área de estudio

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por moléculas de carbono (tiene como características que es sólido, insípido e inodoro) e hidrógeno (tiene como características que es inflamable, incoloro e inodoro), que se formaron en la naturaleza por la lenta descomposición de los restos de microorganismos, de plantas y animales, que se hayan sepultados a grandes profundidades, bajos condiciones de presión y temperaturas muy elevadas originando la descomposición paulatina de los restos orgánicos hasta transformarse en hidrocarburos.

El petróleo y el gas natural fueron acumulándose y depositándose con capas de sedimentos finos ambiente anóxico como en el fondo de los mares o lagunas del pasado geológico (Cabanillas et al., 2013) y (López, 2015).

2.1.1. Características de los hidrocarburos.

Los hidrocarburos se consideran químicamente como una mezcla compleja que contiene principalmente carbono e hidrógeno en cantidades que varían entre 86 % y 14 %, respectivamente, en la mezcla que lo constituye, los hidrocarburos coexisten en fase sólida, líquida y gaseosa y pueden presentar además en su composición, pequeñas proporciones de compuestos con presencia de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales (Loya, 2013).

2.1.2. Clasificación de los hidrocarburos.

Los hidrocarburos se pueden encontrar en la naturaleza, en cuatro posibles estados como líquido, semisólido, sólido y gaseoso:

- ***Estado líquido.***

En estado líquido se presenta el petróleo, que es un hidrocarburo de origen fósil, que puede contener mezclas de distintos compuestos químicos líquidos como el azufre, el nitrógeno, el oxígeno y diversos metales.

El petróleo según el nivel de gravedad y viscosidad puede ser clasificado, según los grados API (Instituto Americano del Petróleo), en "livianos" son aquellos que tienen más de 26° API mientras los "intermedios" se sitúan entre 20° y 25° API, y los "pesados" por debajo de 20° API. El petróleo en estado crudo se encuentra en el subsuelo (Ruiz, 2019).

El petróleo crudo se define como "una mezcla de hidrocarburos que existía en fase líquida en yacimientos naturales subterráneos y que permanece líquida a presión atmosférica después de pasar a través de instalaciones de separación en superficie".

El aspecto de los petróleos crudos varía desde el amarillo pálido, el verde y marrón a marrón oscuro o negro. El petróleo tiene una textura naturalmente aceitosa y tienen viscosidades muy variadas. El petróleo en la superficie tiende a ser más viscoso que en los de los yacimientos (Selley y Sonnenberg, 2015a).

- ***Estado semisólido.***

En estado semisólido se consideran aquellos hidrocarburos que, siendo líquidos y livianos en los yacimientos, al llegar a la superficie y colocarse en contacto con el aire, así como consecuencia de la interacción con el sol y el agua se transforman en semisólidos. Como referencia se tiene el asfalto (Hernández, 2011).

- ***Estado sólido.***

En estado sólido se considera el bitumen, que consiste en una mezcla de hidrocarburos muy viscosos, que fluyen con dificultad, se encuentra en forma natural en el subsuelo y contiene compuestos de azufre (Hernández, 2011).

- *Estado gaseoso.*

En estado gaseoso destaca el gas natural, que es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos. Otros componentes tales como el CO₂, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno se encuentran también en el gas natural. El gas natural es incoloro, inodoro, no es corrosivo ni tóxico, sin forma particular y más ligero que el aire (Fonseca, 2012).

2.2. SISTEMA PETROLERO

Los sistemas petroleros ocurren en los reservorios dentro de cuencas sedimentarias, las cuencas sedimentarias son aquellas zonas del mundo donde el hundimiento de la corteza terrestre ha permitido la acumulación de gruesas secuencias de rocas sedimentarias (Aminzadeh y Dasgupta, 2013). Un sistema petrolero es un sistema natural, que incluye todos aquellos elementos y procesos geológicos que son esenciales para que un yacimiento de petróleo y gas exista en la naturaleza. Para que un sistema petrolero sea efectivo es necesario que existan los siguientes elementos: roca madre madura (en condiciones de generar), roca reservorio, roca sello y roca de sobrecarga (Figura 1), mientras que los procesos los componen: la formación de la trampa, generación, migración, acumulación y preservación (Magoon, 1988).

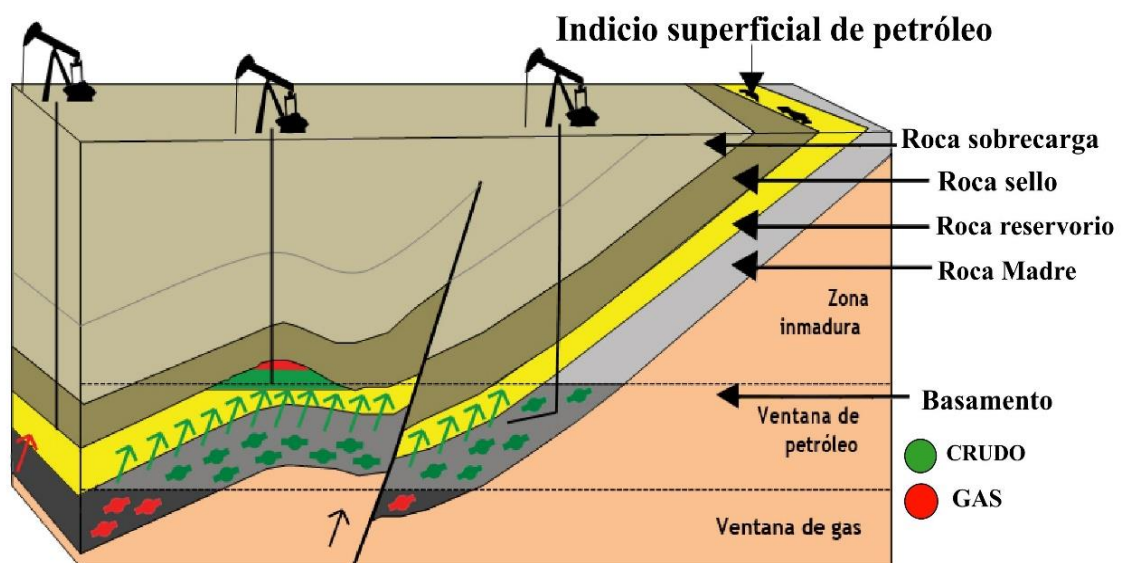


Figura 1. Elementos principales del sistema petrolero (Cabanillas et al., 2013).

2.2.1. Elementos de un sistema petrolero.

Los elementos que forman un sistema petrolífero son:

- ***Roca madre.***

Las rocas madres o generadoras poseen las características apropiadas para la generación de hidrocarburo. Una de las características esenciales es contener materia orgánica suficiente para generar grandes volúmenes de hidrocarburos (Figura 1). Las mejores rocas madres son las lutitas negras (que deben su color al alto contenido de materia orgánica), ya que al contar con porosidad subcapilar son prácticamente impermeables y evitan que la materia orgánica sea destruida por agentes externos (Lorenzo y Morato, 2018).

- ***Roca reservorio.***

La roca reservorio es aquella roca que deja entrar a los hidrocarburos, debiendo poseer ciertas características como porosidad, permeabilidad, capa sello y condiciones de entrapamiento donde se almacenan los hidrocarburos generados por una roca madre (Vejar, 1998) (Figura 2).

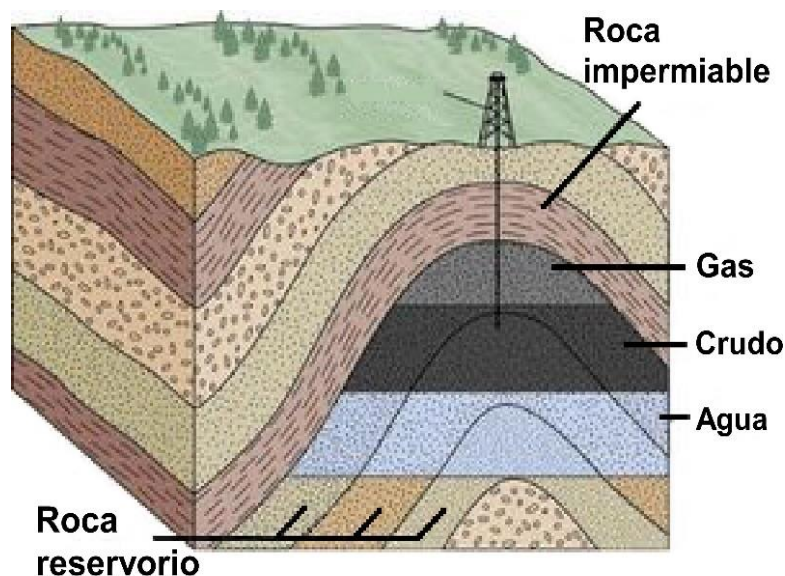


Figura 2. Roca reservorio en un reservorio anticlinal (Donev y Sheardown, 2019).

La presencia de rocas reservorio resulta de la deposición en un amplio rango de ambientes sedimentarios, encontrándose como principales rocas reservorio en su mayoría arenas y areniscas en un 62% de los campos, calizas y dolomías en un 32% de los campos y las evaporitas (de las capas de cobertura en los domos salinos) y silexitas (de rocas volcánicas y metamórficas o arcillas silicificadas) en un 6% de los campos (D. Zuñiga, 2020).

- ***Roca sello.***

La roca sello sirve de barrera e impide que el hidrocarburo siga desplazándose o se escape, es por lo general una capa de roca impermeable o semipermeable a la que se denomina sello. El sello está compuesto por lo general de arcillas, pero también pueden ser rocas impermeables de otra naturaleza, tales como mantos de sal, yeso o incluso rocas volcánicas (Tuz y León, 2013).

- ***Roca sobrecarga.***

La roca sobrecarga representa la pila sedimentaria que está sobre el yacimiento, y al pasar el tiempo da las condiciones necesarias de presión y temperatura para que el sistema petrolero se lleve a cabo (Lorenzo y Morato, 2018).

2.2.2. Procesos de un sistema petrolero.

Los procesos de un sistema petrolífero son:

- ***Formación de la trampa.***

La formación de las trampas son todos los procesos que dan origen a una estructura geológica de origen tectónico o estratigráfico con un techo regional o roca sello, que circunscribe y restringe un determinado volumen de hidrocarburo asociado conjuntamente con una o más rocas reservorio (D. Zuñiga, 2020).

Una trampa de hidrocarburos es una configuración geométrica de rocas de muy baja permeabilidad (sellos), que detiene la migración posterior y hace posible la

acumulación y concentración de petróleo, manteniéndolo atrapado y sin posibilidad de escapar (Aminzadeh y Dasgupta, 2013).

Las trampas han sido tradicionalmente divididas en dos grandes grupos genéticos de trampas estructurales y estratigráficas (Figura 3), y un tercer grupo de las trampas combinadas, que se deben a una combinación de las anteriores (Morales, 2012).

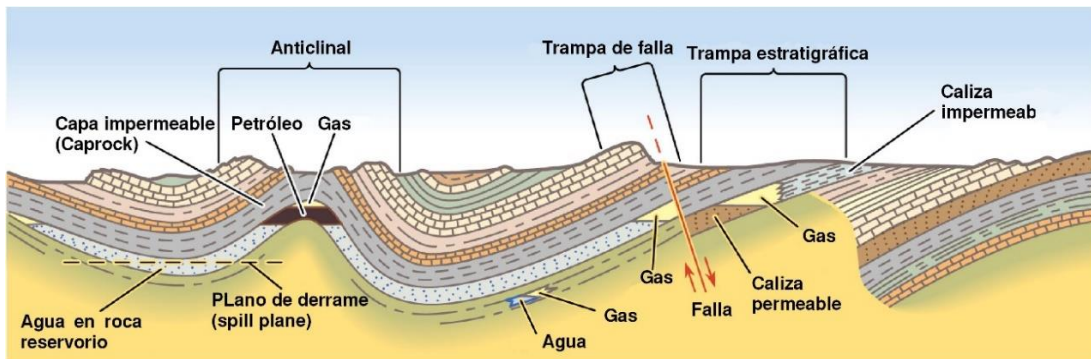


Figura 3. Ejemplos de trampas estratigráficas y estructurales (Rafferty et al.,2021).

Las trampas estructurales son originadas por procesos tectónicos, gravitacionales y de compactación las cuales pueden ser formados por una falla o a un anticlinal, siendo estas últimas las más frecuentes. Otra posibilidad es su origen debido a un domo salino (Selley y Sonnenberg, 2015b).

- *Trampa anticlinal.*

Los anticlinales, o pliegues, pueden subdividirse en dos clases: anticlinales de compresión (causados por el acortamiento de la corteza) (Figura 4 A) y anticlinales de compactación (desarrollados en respuesta a la tensión de la corteza) (Selley y Sonnenberg, 2015b).

- *Trampa por fallas.*

Las trampas de falla se forman por el movimiento de la roca a lo largo de una línea de falla. Las fallas antiguas pueden impedir la migración de hidrocarburos, ya que el paso del tiempo, la circulación de agua por ella las mineraliza sellando la posterior circulación de fluidos, pero si las fallas son de nueva creación o la tectónica la ha reactivado recientemente suelen encontrarse abiertas y sin relleno por lo que son

permeables y por tanto sirven como conducción de fluidos (Figura 4 B). La actuación de una falla como trampa o vía de migración va a depender tanto de su naturaleza como de la fluidez de los hidrocarburos (Lorenzo y Morato, 2018).

- *Trampas por intrusión de sal o arcilla.*

Las trampas son producidas por el movimiento ascendente de sedimentos menos densos, como pueden ser sales o arcillas. A medida que los diferentes sedimentos son enterrados y compactados, van aumentando su densidad, hasta que se alcanza una profundidad en la que estos son más densos que la sal. En ese momento la sal tiende a fluir hacia la superficie, desplazando a los materiales más densos. De esta forma se producen formaciones geológicas, susceptibles de convertirse en trampas petrolíferas (Figura 4 C).

- *Trampas estratigráficas*

Las trampas estratigráficas son cambios en el tipo de roca a lo largo de una formación o estrato (Figura 4 D). Su geometría está relacionada con el ambiente sedimentario quien controla los depósitos sedimentarios (Morales, 2012). El principal elemento que provoca la creación de este tipo de trampas son variaciones en la estratigrafía, litología o ambas, de la roca reservorio. Estas pueden ser cambios de facie, variaciones en la porosidad o permeabilidad (Prado, 2021).

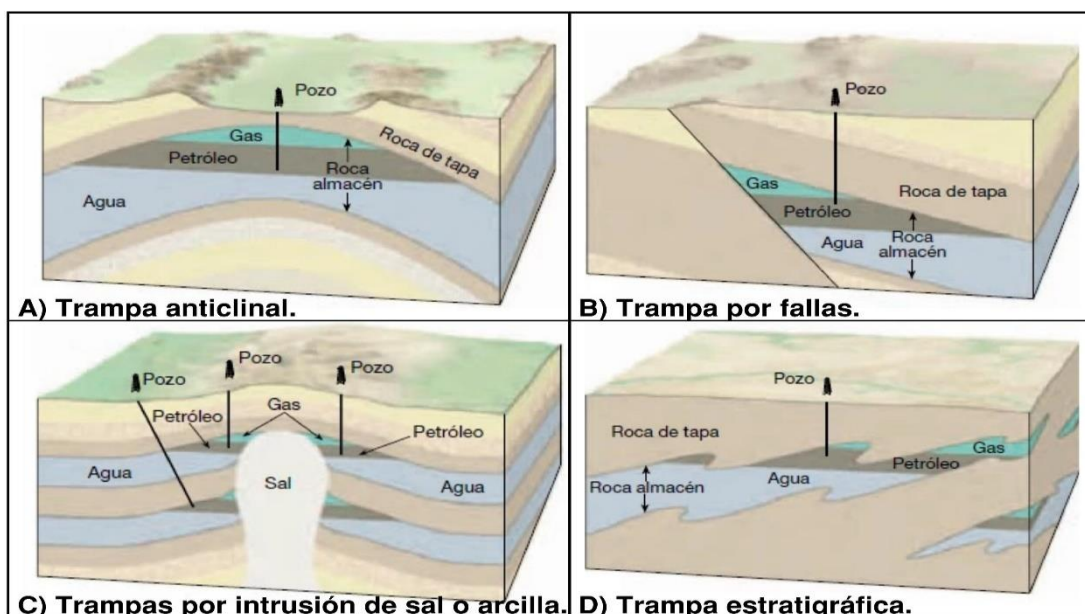


Figura 4. Tipos de trampas (Prado, 2021).

- ***Generación.***

La generación es el proceso que da origen al petróleo por la deposición de minúsculos animales y sustancias vegetales que se acumulan en el fondo lacustre y marino. Con el paso del tiempo, la materia orgánica se descompone y permanece en la profundidad ya que es cubierta por sedimentos posteriores. Los factores de presión, temperatura y procesos químicos y físicos, ayudados por la carencia de oxígeno, posibilitan la formación de petróleo líquido y de gas (Morales, 2012)

- ***Migración.***

La migración es el proceso mediante el cual el petróleo luego de formarse es expulsado fuera de la roca madre y encuentran rutas de acceso hacia la trampa donde se pueden acumular. Clásicamente el proceso de migración se puede dividir en:

- ***Migración Primaria o Expulsión.***

La migración primaria se da cuando una roca madre saturada de petróleo, producto del continuo craqueamiento térmico del kerógeno, comienza a expulsar hidrocarburos fuera de ella debido a la presión interna que han provocado los fluidos generados. La migración va a depender del tipo y enriquecimiento de materia orgánica, así como de su distribución dentro de la roca madre (Garcia, 2010).

- ***Migración Secundaria.***

En la migración secundaria, el petróleo se concentra en lugares específicos (trampas). Las fuerzas conductoras principales son el gradiente de presión en los poros, las condiciones hidrodinámicas y la flotabilidad. Mientras que las fuerzas restrictivas son la presión capilar, la tensión interfacial y los procesos en función de la composición del petróleo y su temperatura (Morales, 2012).

- ***Migración Terciaria o Dismigración.***

La dismigración se refiere a todos aquellos desplazamientos que se producen hacia la superficie, originadores de indicios superficiales, y después a la destrucción más o

menos completa de los hidrocarburos por los agentes atmosféricos (Lorenzo y Morato, 2018).

- *Acumulación.*

La acumulación es el proceso de almacenamiento de crudo que puede estar causada por un solo tipo de trampa o trampas mixtas (López, 2015).

- *Preservación.*

Preservación: Es el tiempo que determina la conservación del hidrocarburo dentro del sistema petrolero, ésta se llevará a cabo hasta que ocurra algún fenómeno geológico que altere la composición del sistema (Lorenzo y Morato, 2018).

2.3. INDICIOS DE HIDROCARBUROS

Los indicios superficiales de petróleo son todas las manifestaciones de hidrocarburos líquidos o gaseosos que surgen en la superficie.

Estas manifestaciones son el resultado de la migración vertical (dismigración).

El aspecto de los indicios, este ligado a la naturaleza del hidrocarburo, a su composición química y al tipo de yacimiento donde estén almacenados o por el medio rocoso en el que circulan. Las emanaciones naturales tienen diferentes flujos, unas un flujo continuo y otras un flujo interrumpido, estas también pueden ser visibles, como indiscernibles (Lorenzo García & Morato Medina, 2018) y (Etioppe, 2015).

2.3.1. Clasificación de los indicios.

Las manifestaciones superficiales de hidrocarburos pueden dividirse en dos grandes categorías: macroseepage (indicios directos) y microseepage (indicios indirectos) (Figura 5).

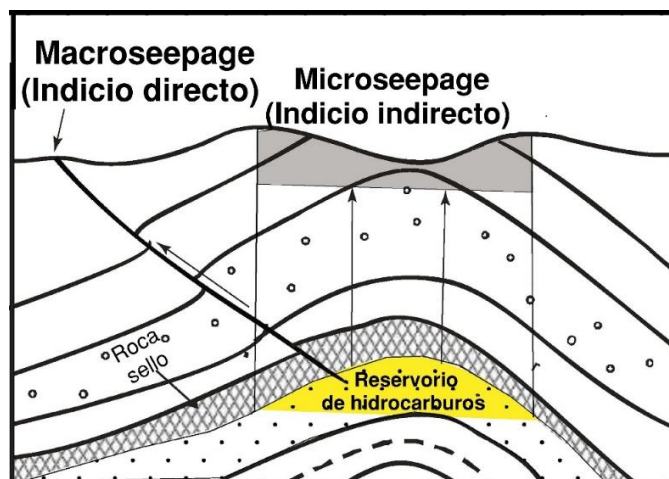


Figura 5. Modelo generalizado de Indicios directo e indirectos (Garain et al., 2021).

El indicio directo es la expresión superficial de una vía de fuga, típicamente relacionada con discontinuidades tectónicas, a lo largo de las cuales los hidrocarburos líquidos o gaseosos naturales están fluyendo (o han estado fluyendo) desde una fuente del subsuelo. Es claramente visible a simple vista. Los indicios indirectos por el contrario, se refiere a la migración lenta, invisible, de hidrocarburos ligeros en suelos y rocas sedimentarias cercanos a la superficie, que sólo son detectables mediante métodos analíticos y un cuidadoso muestreo geoquímico (Link, 1952); (Clarke y Cleverly, 1991); (Macgregor, 1993) y (Asadzadeh y De Souza, 2017).

- ***Vías de migración de los indicios de hidrocarburos.***

Walter Link, en 1952 fue uno de los primeros geólogos en describir las relaciones específicas entre las emanaciones y la estratigrafía de las rocas subterráneas de las estructuras geológicas. Distinguió cinco tipos (Figura 6):

Tipo 1. Indicios que emergen de lechos homoclinales (es decir, simples afloramientos de lechos inclinados que contienen petróleo). No estaba claro si estos "lechos petrolíferos" eran fuentes o rocas de depósito. Sin embargo, aunque no sean prolíficos, este tipo de sistema es más adecuado para las filtraciones de petróleo.

Tipo 2. Emanaciones causadas por el aplastamiento y la fracturación de rocas madres maduras fuente poco profundas. Este tipo de sistema sería el caso de las rocas fuente cercanas a la superficie (por ejemplo, pizarra) que liberan hidrocarburos sólo después de su trituración o fracturación.

Tipo 3. Emanaciones de hidrocarburos a lo largo de fallas normales o de empuje, o fracturadas, o rocas erosionadas. Este tipo de sistema es el más común de los sistemas de gas. Los gases pueden encontrar dos tipos de vías: las fallas, especialmente cuando el yacimiento es relativamente profundo, y, en el caso de las rocas de sobrecarga (normalmente evaporitas o arcillas) que han perdido localmente su capacidad de sellado, fracturas de rocas relativamente permeables que recubren el yacimiento.

Tipo 4. Indicios a lo largo de las discordancias que recubre yacimientos con fallas o yacimientos erosionados. La principal vía de acceso a la superficie es estratigráfica (la discordancia) y trae el fluido desde una falla enterrada (conectada al yacimiento) o directamente desde un yacimiento erosionado.

Tipo 5. Emanaciones asociadas a intrusiones como diapiros de esquisto, diapiros de sal e intrusiones ígneas. Los volcanes de lodo pertenecen a esta categoría. Sin embargo, las intrusiones, especialmente los esquistos movilizados, suelen seguir sistemas de fallas, por lo que no habría mucha diferencia entre este tipo y el Tipo 3. La intrusión sería simplemente un elemento adicional.

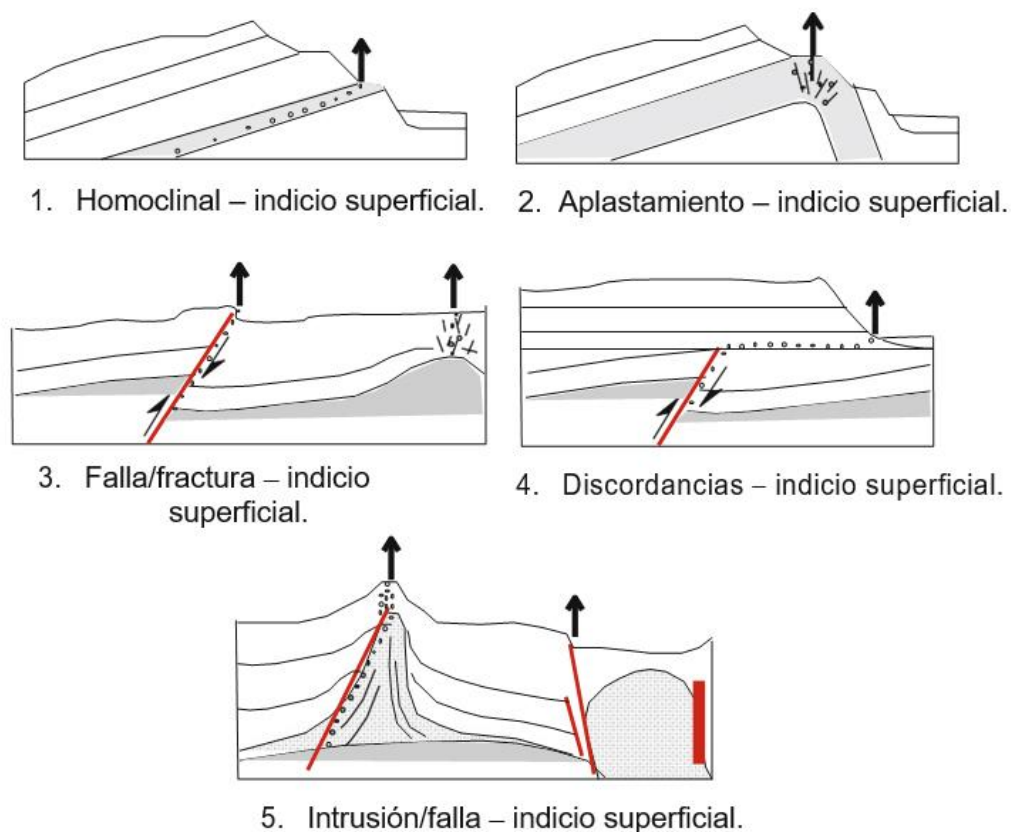


Figura 6. Tipos de indicios de hidrocarburos propuestos por Link 1952 (Etiope, 2015).

En la práctica, al estar más controlados "estratigráficamente", los Tipos 1 y 2 son específicos para indicio de petróleo (sólidos, alquitrán, betún y asfalto) con fuentes o yacimientos relativamente poco profundos. Los tipos 3, 4 y 5 implican un papel principal para las discontinuidades tectónicas, las fallas y las redes de fracturas, son típicas de las filtraciones de gas.

- ***Clasificación de los indicios de hidrocarburos en la superficie.***

Clarke y Cleverly, en 1991 basándose en los procesos que afectan a los indicios de hidrocarburos, clasificaron los indicios en: indicios no alterados, indicios afectados por procesos de dispersión en la superficie, e indicios alterados por interacción del petróleo y el agua con las migraciones de las rocas.

Abrams (1996) clasificó los indicios en la superficie en: indicios activos y pasivos.

- *Indicios activos.*

Los indicios activos son lugares donde los hidrocarburos se filtran activamente en grandes concentraciones dentro y por encima de los sedimentos marinos. Las emanaciones activas contienen bajo peso molecular (C1 a C5) y los hidrocarburos un alto peso molecular que son visibles. La presencia de indicios activos de hidrocarburos (visibles) en la superficie es una prueba directa evidencia de la migración de hidrocarburos en una fase separada de petróleo o gas. A medida que los hidrocarburos se desplazan a la superficie, se reequilibran en petróleo y gas.

- *Indicios pasivos.*

Las zonas de indicios pasivos no están filtrando activamente y pueden contener concentraciones de hidrocarburos de bajo peso molecular por encima del fondo (indicios invisibles). Los indicios de hidrocarburos (invisibles) migran verticalmente o casi verticalmente desde los yacimientos del subsuelo hasta la superficie a través de la red de fracturas, juntas y planos de estratificación llenos de agua. Pueden reconocerse por las altas cantidades de hidrocarburo ligero en los suelos sobre un yacimiento de petróleo.

- *Tipos de indicios activos.*

- *Indicios de gas*

Las emanaciones de gas son manifestaciones fluidas que liberan sólo una fase gaseosa, también pueden denominarse "emanaciones secas". El gas puede salir de las rocas aflorantes, a través del horizonte del suelo, o a través de los lechos de los ríos o lagos. Dado que las aguas superficiales sólo son atravesadas por el flujo de gas, el gas que burbujea desde pozos llenos de agua subterránea u otras masas de agua poco profundas. Las filtraciones de gas también pueden manifestarse con fuertes olores, una ausencia de vegetación, un suelo húmedo y burbujeante, patrones anormales de derretimiento de la nieve y pueden provocar anomalías en la temperatura del suelo (Etiope, 2015).

Los volcanes de lodo constituyen indicios de gas. Estos indicios suelen aparecer asociados a secuencias sedimentarias modernas por estés asociados a sedimentos poco consolidados y de forma general a zonas intensamente deformadas. En este tipo de ambientes geológicos existen horizontes argiloarenosos impregnados de gas y agua salada y una fuerte presión intersticial, estos volcanes de lodo, pueden alcanzar dimensiones considerables, de varios centenares de metros de altura y diámetro, como 300 y 500 m respectivamente (Lorenzo García & Morato Medina, 2018).

- *Indicios líquidos*

Los indicios líquidos, se presentan bajo diferentes aspectos ya que dependen de la naturaleza química de los hidrocarburos. Los petróleos de base parafínica, cuyas propiedades intrínsecas los hacen a menudo ligeros y muy fluidos, se evaporan rápidamente en superficie y desaparecen sin dejar trazas (Figura 7). En países húmedos en cambio, se manifiestan frecuentemente por irisaciones en la superficie de los mantos acuíferos, charcas o arroyos.

Los petróleos con base nafténica, proporcionan indicios mucho más visibles. Este tipo de petróleo se evapora difícilmente, pero se oxidan por el efecto del contacto con el aire. El resultado de esta oxidación son petróleos más viscosos, tales como los asfaltos,

hay que resaltar que las manifestaciones líquidas no solo se dan en la superficie de los continentes, sino que también existen en el mar. Las irisaciones formadas en la superficie son empujadas por los vientos, y pueden reunirse en las costas, originando productos oscuros y viscosos (Lorenzo García & Morato Medina, 2018).



Figura 7. Indicio superficial de petróleo en Cárpatos occidentales, Eslovaquia (Ward, 2017).

- *Los indicios fósiles*

Comprenden todas las trazas de hidrocarburos fijos, que se encuentran en las rocas, el estado físico en el que se presentan de manera habitual los indicios fósiles es sólido o pastoso.

Los indicios directos fósiles o bien son restos de una antigua emanación activa que quedó desactivada y el hidrocarburo que impregnaba los sedimentos quedó de forma remanente “in situ” o de una concentración local de hidrocarburo de pobre volumen para formar un yacimiento en sentido estricto (Lorenzo García & Morato Medina, 2018). Los asfaltos y alquitranes (filtraciones sólidas) no suelen contener cantidades significativas de gas (Etiopo, 2015).

2.4. GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA

2.4.1. Estratigrafía.

La estratigrafía en el área del Campo Gustavo Galindo Velasco ésta determinada por las siguientes formaciones: Azúcar, Passage Beds y Atlanta, Clay Pebbles Beds, Socorro y Tablazo, que van del Paleoceno al Pleistoceno.

En la Figura 8 se muestra la columna estratigráfica. A continuación, se realiza su descripción.

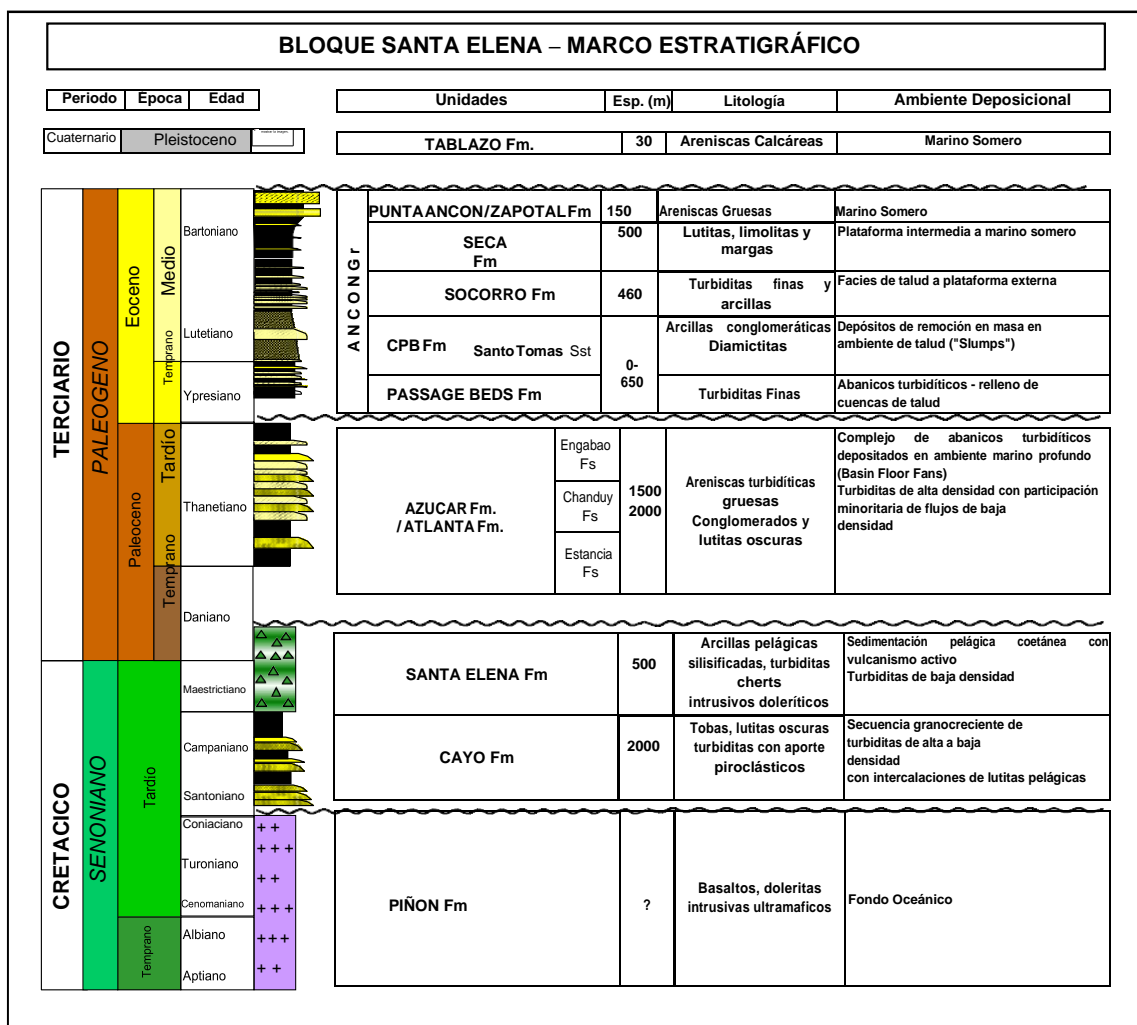


Figura 8. Columna Estratigráfica del Bloque Santa Elena (Pacifpetrol, 2015).

- ***Formación Santa Elena (Cretácico superior).***

La formación Santa Elena está constituida por depósitos turbidíticos finos de aguas profundas, deslizamientos y flujos de detritos, representados por niveles finamente estratificados de pelitas silíceas y radiolaritas con participación tobácea de colores blanquecinos. El conjunto se caracteriza por una intensa deformación de tipo dúctil con desarrollo de clivaje penetrativo que determina pliegues y fallamientos de diferentes órdenes y geometría. Estas estructuras definen escamas tectónicas (Armijos y Oña, 2018)

- ***Formación Azúcar - Atlanta (Paleoceno).***

La Formación Azúcar está estratigráficamente ubicada entre la Formación Santa Elena y el Grupo Ancón, constituye el principal reservorio del campo Ancón, en perforaciones del distrito petrolero Ancón, constituida por una arenisca gris dura con textura media a gruesa que representa el principal reservorio por sus fracturas (Chipe y Panchana, 2015).

- ***Formación Passage Bed (Eoceno inferior).***

Esta unidad se conoce solamente en el subsuelo de Ancón y fue definida por Marchant (1956) como la transición entre el Grupo Azúcar y el Grupo Ancón. También, parte de estos niveles fueron identificados como "Atlanta Shales". Son pelitas duras con estratos delgados de areniscas, que incluyen intercalaciones de areniscas calcáreas de grano medio a grueso y arcillitas con restos carbonosos. Esta secuencia sobreyace en discordancia angular sobre la Formación Azúcar/Atlanta, sobrepuesta, con un espesor entre 0 a 500 m (Calderón, 2014).

- ***Formación Clay Pebble Beds C.P.B. (Eoceno medio temprano)***

El techo de la unidad aflora en los acantilados de Ancón, con un espesor de 180 m totales asignados en el subsuelo. Se trata de una secuencia maciza, de matriz arcillosa, originados por el deslizamiento sedimentario, del tipo de flujos de barro densos submarinos e interestratificados con turbiditas. Las asociaciones paleontológicas determinan edades Eoceno medio (D. Rodríguez y Pilasagua, 2014).

- ***Formación Socorro (Eoceno Medio temprano).***

La formación Socorro constituye el reservorio de segunda importancia del campo Ancón, compuesta principalmente por areniscas turbidíticas y pelitas que recubren a la F. Clay Pebble Beds, corresponden a la transición de abanicos turbidíticos – talud, con depósitos de lóbulos y canales de plataforma. Son una alternancia de lutitas deleznable, grises hasta negro y de areniscas turbidíticas, delgadas verdosas. El espesor consta de una arenisca basal (saturada de petróleo) con conglomerados erosivos y areniscas canalizados con texturas de descarga de fluidos, depositados por corrientes densas. Le siguen niveles arcillo - limosos masivos, con intercalaciones de areniscas turbidíticas, con ondulitas indicativas de turbiditas distales. Hacia el tope se presentan areniscas limosas, con deslizamientos con tendencia granocreciente. El contenido fosilífero indica edades Eoceno medio - superior a Eoceno superior (Hidalgo y Aguirre, 2015).

- ***Formación Tablazo (Pleistoceno).***

La Formación Tablazo posee niveles aterrazados marinos de edad Pleistocena que descansan en fuerte discordancia erosiva (y angular) sobre las rocas cretácicas y paleógenas de la Península Santa Elena. Está compuesta de areniscas gruesas y calizas arenosas, con bancos de conchillas. Son escasamente potentes (hasta algunas decenas de metros: promedio 30 m) y se disponen sub horizontalmente. (D. Rodríguez y Pilasagua, 2014).

2.4.2. Marco geológico.

La geología de la costa del Ecuador y en particular la península de Santa Elena ésta condicionada por la interacción de las Placas Nazca y Sudamericana (Jaillard et al., 2009).

Desde el Eoceno la costa ecuatoriana permanece como una cuenca de antearco, subdividida en pequeñas cuencas separadas por fallas oblicuas a la zona de subducción que comenzaron a funcionar en el Oligoceno con la Cuenca Borbón al Norte, Manabí al centro y Progreso al Sur. Santa Paula y Punta Carnero se encuentra en el

levantamiento de Santa Elena, comprendida de la secuencia litológica sedimentaria Cretácico al Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno), el cual se presentó como unidad geológica emergente desde la reactivación del sistema de la falla La Cruz, que ha determinado la creación de un complejo de subducción, cuencas de antearco y cuencas de talud, experimentado una deformación polifásica que ha variado de compresional a desplazamiento de rumbo (Cuenca, 2020).

El levantamiento de Santa Elena comprendería la zona emergida del prisma acrecionario, comprendido entre la falla La Cruz de dirección general NO-SE y la Falla Posorja de dirección NO-SE, ubicada costa afuera en el Golfo de Guayaquil, constituyendo el margen sur de la Cuenca Progreso (Figura 9). La Cuenca Progreso, es la zona deprimida de antearco limitada al SO con el levantamiento de Santa Elena y al Norte con la Cordillera Chongón-Colonche, cubriendo un área de 2625 Km² y con un eje de dirección NO-SE (Benitez, 1995).

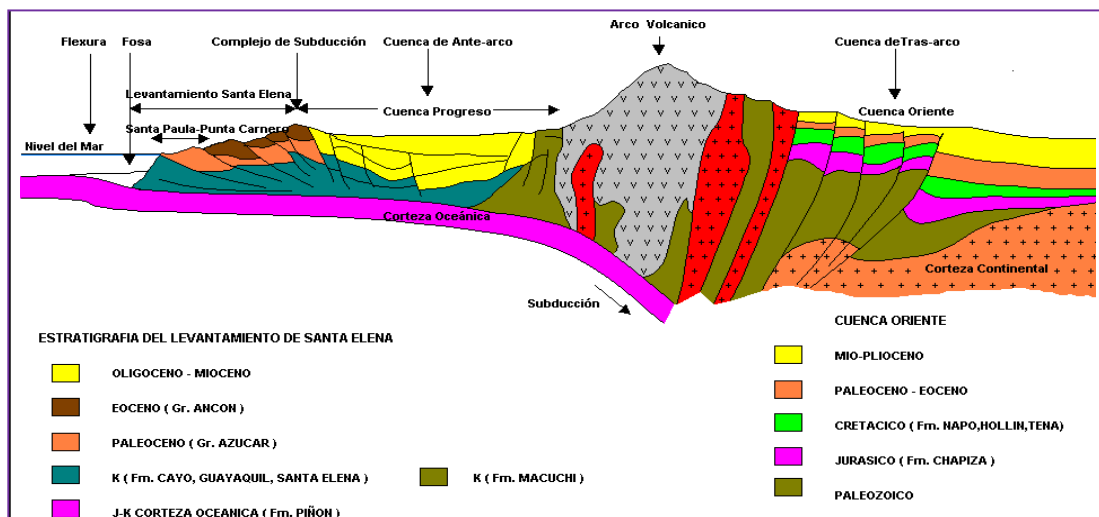


Figura 9. Corte geológico regional (Pacifpetrol, 2015).

- **Tipo de reservorio.**

En la secuencia Terciaria atravesada en la Península presenta varios reservorios, siendo el más importante las Atlanta Sandstones, equivalente en el subsuelo de Ancón de la Fm. Azúcar. En la misma secuencia continúan en orden de importancia de acuerdo con la producción los niveles arenosos de la Fm Socorro y Passage Beds. La secuencia Cretácica presenta un conjunto de reservorios no convencionales, con una producción minoritaria de los cuales el más importante son los cherts fisurados de la Fm. Santa Elena, productiva en el Campo de Santa Paula (Tigse, 2018).

- ***Sellos.***

Los sellos se encuentran representados en toda pila sedimentaria Terciaria, debido a que se trata de sedimentos turbidíticos con numerosas intercalaciones pelíticas de variado espesor y depósitos finos de plataforma. En esta secuencia, el principal sello vertical es netamente pelíticos de la Fm. Clay Pebble Beds. En el caso del Cretácico se puede citar un intervalo de pelitas tobáceas de aproximadamente 200 a 300 pies de espesor, presente en el tope de la Fm Santa Elena en el yacimiento de Santa Paula. Las formaciones Passage Beds y Socorro pueden oficiar como sellos efectivos debido a la naturaleza turbidítica presentando intercalaciones delgadas de areniscas lenticulares y pelitas (Aguirre & Hidalgo, 2015).

- ***Roca madre.***

El estudio realizado por Lorenzo et al., en el año 2017 con el tema; “Correlación geoquímica entre crudos y rocas del sistema petrolero de la península de Santa Elena y el golfo de Guayaquil”, postula como la roca generadora de los crudos de la Península de Santa Elena una roca madre marina/transicional. Con esas condiciones los candidatos disponibles corresponden a depósitos del Mioceno temprano, de las formaciones Dos Bocas/Villingota. Cabe señalar la posibilidad de que esta formación haya alcanzado niveles de madurez mayor hacia el centro del Golfo y por migración los yacimientos se localizan onshore. Usando técnicas geoquímicas, indican que los crudos de los campos onshore están genéticamente diferenciados de los crudos offshore, y se asocian con una roca madre clástica con aporte de materia orgánica mixta, con significativo aporte terrígeno depositado en ambiente subóxico, consistente con la parte distal de un complejo estuarino y posiblemente se trata de un ambiente de transición (Lorenzo et al., 2018).

- ***Migración.***

El petróleo generado en los niveles Cretácicos profundos inicialmente migraría verticalmente mediante fisuras y fallas, almacenándose en los niveles reservorios ya fisurados, presentes en la Fm Santa Elena y Cayo (cherts y lutitas silicificadas) más cercanos y posteriormente migraría verticalmente a través de fallas para concentrarse en los niveles de la Fm Atlanta, Santo Tomas y Socorro, ubicados en posiciones más

altas de la estructura. Los reservorios someros de la Fm Socorro permiten determinar que la migración fue posterior al Eoceno medio a superior, en los reservorios más someros y asociados a altos estructurales comenzarían a imperar procesos de biodegradación. Posteriormente comenzaría uno o varios pulsos de migración mediante el proceso de evaporación fraccionada, mediante circulación de gas, el cual condensaría en los reservorios someros. Las sucesivas reactivaciones tectónicas coetáneas con la deposición de las formaciones Passage Beds y CPB, con fallamiento y plegamiento concomitante desarrollaron un sistema de fracturas en la Fm. Azúcar/Atlanta que permitió la migración y mejoró las condiciones primarias del reservorio. En cuencas tectónicamente disturbadas, las capas transportadoras presentan una pobre continuidad lateral debido a discontinuidades y cambios de facies relacionados a eventos tectónicos, en este tipo de ambientes la migración lateral es corta. En general las acumulaciones no suelen ser muy grandes y se encuentran vinculadas a bloques fallados (Hidalgo y Aguirre, 2015).

2.5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y desplegar cualquier tipo de información georreferenciada; es decir, incluye su posición en el espacio mediante un sistema de coordenadas estandarizado de una proyección cartográfica. Es una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato, por lo que puede constituir una herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones (Nuñez, 2018).

La información geográfica va a ser aquella información que tiene algún componente espacial; es decir, una ubicación, además, una información atributiva que detalle más sobre ese elemento en cuestión. Esa ubicación se podrá definir con un nombre de una calle, por ejemplo, o con coordenadas espaciales. En la mayoría de los sectores, los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones. Algunas de sus aplicaciones más comunes serían las siguientes: cartografía automatizada, infraestructura, gestión territorial, medio ambiente, recursos mineros, ingeniería de tránsito, demografía, Cartografía Digital 3D, entre otros (J. Rodríguez y Zelaya, 2021).

2.5.1. Georreferenciación.

La georreferenciación es el proceso mediante el cual se establece la posición de un elemento o de una entidad con localización geográfica en un sistema de coordenadas espaciales y orígenes específicos. Es decir, la georreferenciación se define mediante una función matemática que permite ubicar cada entidad geográfica sobre un plano cartesiano (x, y) desde un sistema de origen conocido. Esta técnica se utiliza a menudo en los SIG para asociar información vectorial con imágenes ráster, de las que se desconoce la proyección cartográfica o el sistema de referencia (Moncayo Calvache y Ardila Fernández, 2021).

2.5.2. Plataformas del sistema de información geográfica.

- ***Quantum Geographical Information System (QGIS).***

Quantum Geographical Information System (QGIS) es una herramienta SIG de código abierto con particular ecosistema de complementos "plugins". QGIS ofrece una alternativa abierta que reduce las barreras de entrada y de costo, no tiene derechos de licencia, y se ejecuta en el sistema operativo de su elección. QGIS es un software libre cuya función consiste básicamente en visualizar y procesar datos geográficos, facilita herramientas básicas para poder hacer visualización, recopilación de información geográfica, importar y visualizar información geográfica y análisis de geodatos, e impresión de mapas (O. Zuñiga, 2020).

- ***Google Earth.***

Google Earth es un programa que permite navegar virtualmente por cualquier lugar del mundo. Incorpora fotos tomadas desde satélites de todos los rincones del planeta. La plataforma SIG posee información de todos los países y de sus ciudades, vías de comunicación o límites administrativos; además, tiene capacidades en cuanto a cartografía temática, itinerarios virtuales, búsqueda de localizaciones concretas. Permite la creación de diferentes productos de georrepresentación, productos que muestran una parte concreta de la realidad espacial relevante para fines específicos (Luque Revuelto, 2011).

- *Global mapper.*

La aplicación Global Mapper combina una gama completa de soluciones de software para el procesamiento de datos espaciales y proporciona acceso a una serie de formatos utilizados en el SIG y la ingeniería. Este software fue desarrollado, diseñado y distribuido por el USGS (United State Geological Survey), puede realizar seguimiento de un dispositivo GPS (Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global) en tiempo real a través de los datos cargados, marcar puntos de referencia en la actual localización del GPS, georreferenciar cualquier archivo JPG (Joint Photographic Experts Group) y guarda los resultados en una nueva imagen totalmente georreferenciada (León y Dumet, 2011).

Las aplicaciones serán ejecutadas en el ordenador con la finalidad de conocer campos de coordenadas geográficas, coordenadas UTM, y medidas del lugar.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE ESTUDIO

La investigación implicó una metodología de tipo exploratoria, en el sentido que los indicios superficiales han sido poco estudiados o no se ha abordado antes en la península de Santa Elena como objetivo de estudio.

Los estudios exploratorios sirven para aumentar el grado de información sobre un tema particular y permiten obtener información sobre la posibilidad de desarrollar posteriormente una investigación más completa, establecer prioridades para investigaciones futuras (Hernández et al., 2014).

Con este enfoque se desarrolló un inventario de las emanaciones existentes en los cantones de estudio (La Libertad y Salinas). Para lo cual fue necesario una revisión completa de la literatura y recopilación de información en los gobiernos autónomos descentralizados de cada cantón.

Se realizó visitas de campo sobre cada sector de la zona de interés para la toma de medidas y evidencias sobre los afloramientos naturales de hidrocarburos y así obtener datos para procesar la información de acuerdo con los métodos de trabajo establecidos para este tipo de estudio.

La geología de superficie implicó un rol importante en el proceso de la investigación, permitiendo emplear técnicas como descripción de rocas e indicios de petróleo o gas en superficie.

Los materiales que se utilizaron para el procesamiento de la información y las salidas de campo fueron: un GPS diferencial TOPCON GR-5, cinta métrica, cámara fotográfica y un vehículo aéreo no tripulado (VANT) conocido como dron, de marca Dji Mavic 2 Pro.

3.3.1. Municipio de La Libertad.

La recopilación de información para el cantón La Libertad, reporta los siguientes lugares con surgencia natural de hidrocarburos:

- ***Barrio Panorama.***

El barrio Panorama ubicado entre los límites de los cantones La Libertad y Santa Elena, cercana al sector industrial (Estación – refinería La Libertad), evidencia hidrocarburo que surge a la superficie en la zona conocida como Las Albarradas, la emanación se localiza sobre un perímetro despejado de 200 m, por donde pasa una quebrada, que desplaza la emanación en temporadas invernales, el punto visible donde aparece la surgencia es cercana a la estación de la cooperativa uno de septiembre y al pozo cautivo 034 que se encuentra a 20 metros, en estado inactivo.

La emanación líquida de petróleo con coordenadas 17M 513521.870 E UTM 9754152.710 N, cubre un perímetro de 9 m x 8 m. La figura 11a, señala con un círculo el perímetro donde se encuentra la emanación.

- ***Sector la albarrada.***

La albarrada cercana a la constructora Merchán y a los linderos de la refinería La Libertad, presenta emanaciones de hidrocarburos visibles, las irisaciones propias del lugar ponen en evidencia que la albarrada posee sustancias oleosas como se señala en la figura 11b. La albarrada puede localizarse con las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°52'51.8991"O y latitud 2°13'24.4240"S. La albarrada cubre un perímetro de 421 metros.

La albarrada en temporadas invernales, aumenta su volumen desplazando más hidrocarburos de lo normal, acumulando el petróleo en nuevas áreas, para evidenciar el estado actual de la emanación, existe una vía de acceso que conecta con un camino cercano al camal municipal de La Libertad.

- ***Yacht club Puerto Lucía.***

Las emanaciones naturales que se reportan dentro del Yacht Club de Puerto Lucía son indicios de petróleo y gas. El Yacht Club evidencia la surgencia de hidrocarburos en distintos periodos del año, evidente los indicios en el canal artificial de aguas creado a lo largo de la infraestructura del club, este canal tiene una profundidad de tres metros; además, se puede percibir un fuerte olor a hidrocarburos y presencia de tortugas marinas y peces que se han adaptado al canal. En la figura 11c se puede observar la surgencia de hidrocarburos dentro del canal, el círculo en la imagen señala el punto de surgencia de la emanación.

- ***Sector Marañón – Suinli.***

Los indicios superficiales de petróleo fueron reportados en años anteriores cercanos a una alcantarilla que pasa por el batallón de infantería militar Marañón y la superintendencia del terminal petrolero de La Libertad (Suinli). Los indicios eran visibles y cercanos a las piscinas de contención realizadas por Petroecuador, los afloramientos de hidrocarburos se entraban controlados, alrededor de 3 a 5 barriles de petróleo eran recuperados y tratados en la refinería La Libertad. Sin embargo, en caso de existir una nueva surgencia en el sector, las instituciones aplicarán planes de mitigación.

- ***Malecón de la Libertad.***

Los investigadores Erika Lorenzo, Manuel Martínez y Antonio Morato, en 2019 evidenciaron por medio de la siguiente investigación la surgencia de hidrocarburos en la primera escollera del malecón de La Libertad, surgida en agosto 2016 la cual produjo el cierre del malecón, hasta tomar acciones de mitigación y esclarecer si la surgencia de origen natural o antrópico por medio de biomarcadores como herramientas para la determinación del origen de emanaciones de hidrocarburos.

- ***Barrio la Propicia.***

Las emanaciones que se presenta en el barrio la Propicia son emanaciones de petróleo dentro del canal de agua lluvias del sector, como se muestra en la figura 11d por medio

de círculos, evidencia los puntos donde surge el hidrocarburo a la superficie, presentes en algunos tramos del canal, donde se desplazan películas de hidrocarburos, acumulándose en los ductos cajones de hormigón construidos. Los tramos del canal están cercanos a dos pozos petroleros AHQ 45 y 47.

- ***Barrio Virgen del Cisne.***

El barrio Virgen del Cisne, es uno de sectores que presenta emanaciones de hidrocarburos activas, de los seis tramos que posee el canal de aguas lluvias, en cinco se puede evidenciar surgencia, acumulación y desplazamiento de los indicios líquidos y gaseosos (Figura 11e).

La construcción del canal de aguas lluvias con paredes de hormigón del 2010, sigue el curso de las quebradas y riachuelos formados por años anteriores, creado por las lluvias de temporadas pasadas. El canal tiene una medida longitudinal de 530 m.

Las viviendas se encuentran entre tres a ocho metros de distancia del canal.

- ***Barrio las Minas***

Los medios de comunicación y el municipio en años anteriores reportaron al barrio como una zona de afloramiento natural de hidrocarburos.

La figura 11f muestra como el hidrocarburo se encontraba en el canal de aguas lluvias del sector.

Actualmente el barrio las Minas, evidencia el desplazamiento de las emanaciones que proceden de las emanaciones de hidrocarburos de los barrios la Propicia y Virgen del Cisne.



A) Emanación en Barrio Panorama.



B) Emanación en albarrada.



C) Indicios en Yacht club de Puerto Lucía.



D) Indicios en Barrio la Propicia.



F) Surgencia de petróleo en barrio Virgen del Cisne.



E) Surgencia de petróleo en canales de aguas lluvias.

Figura 11. Lugares reportados en el cantón La Libertad.

- ***Sector la Refinería -Megaterio.***

Las emanaciones de hidrocarburo se encuentran ubicadas dentro y fuera de la zona industrial perteneciente a las instalaciones de la refinería La Libertad, operada por Petroecuador. El sector también es conocido como Megaterio, donde se han encontrado fragmentos de huesos de roedores gigantes, las partes halladas son costillas, maxilares y extremidades inferiores que probablemente corresponden a una fase más temprana del eoceno.

En el sector se han observado indicios de petróleo activos reportados desde los inicios de la refinería, la zona era ya conocida por presentar afloramientos naturales de hidrocarburos que surgen en sitios puntuales a lo largo de la península, existiendo emanaciones naturales de hidrocarburos en sitios densamente poblados (Escalada, Guerrero, y Narváez, 2015).

La revisión documental realizada en los municipios recopiló un mapa realizado por Petroecuador (Figura 12) en el sector megaterio, reportando cinco emanaciones de petróleo con las siguientes áreas; 619, 163,368, 913 y 246 m². Informes del municipio muestran un afloramiento natural dentro de la refinería La Libertad, que es controlado periódicamente en sus puntos de surgencia.

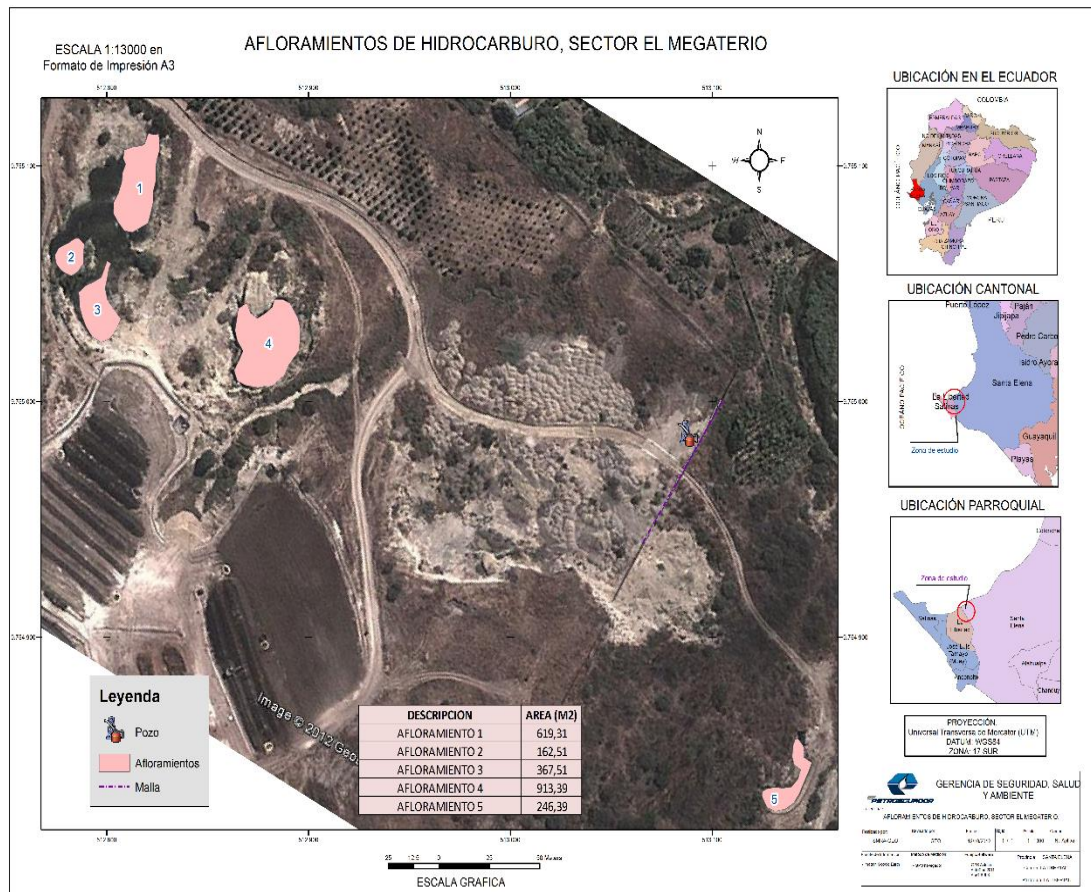


Figura 12. Indicios en sector megaterio (Petroecuador-Gad Salinas, 2012).

La accesibilidad, es una variable que permite describir el diagnóstico actual de la emanación de hidrocarburos. Los permisos en tiempos de pandemia (covid-19) juegan un rol importante, para poder realizar la visita de campo.

El uso de nuevas tecnologías para la captura, procesamiento y visualización de imágenes es de gran interés para inventariar los indicios superficiales de petróleo reportados en zonas remotas o de difícil acceso y poder así ejecutar la visita de campo por medio de drones. Las aeronaves no tripuladas pueden ayudar a reducir los problemas de accesibilidad, el tiempo de adquisición y procesamiento de datos.

3.3.2. Municipio de Salinas.

Los lugares reportados dentro del cantón Salinas son los siguientes:

- ***Playa Puerto Lucía.***

La playa Puerto Lucía evidencia surgencia de petróleo cercanas al borde costero, en las temporadas de aguaje es más visible el indicio de petróleo, que se aloja en los cubetos de contención construidos para mitigar la surgencia natural y no contaminar el entorno. Los tres cubetos de contención construidos para atrapar todo el hidrocarburo proveniente de las emanaciones naturales, actualmente se encuentran en un estado de deterioro, debido a las condiciones del ambiente, corrosión al alambrado de los cubetos, pérdida de techado. Cada uno de los cerramientos de los cubetos comprenden un área de 2m x 2m, en la figura 46 se puede observar los cubetos construidos cerca del enrocado en el malecón de Puerto Lucía (Figura 13 a).

- ***Canal Costa de Oro.***

El sector Costa de Oro, lugar por donde cruza un canal de aguas lluvias que proviene desde la Parroquia José Luis Tamayo y desemboca al mar, dentro del canal existe un punto por donde aflora petróleo de manera natural como se muestra en figura 13b (círculo rojo), el indicio al ser de naturaleza impredecible se mezcla con el agua y las paredes del canal, ocasionando que esta agua contaminada en temporadas invernales si no se han colocado salchichas absorbentes, u otras técnicas para mitigar el desplazamiento del hidrocarburo, puede la emanación natural desembocar al mar. El canal posee tres diques de contención. La emanación de hidrocarburos líquidos se queda acumulada en las paredes del canal de aguas lluvias y en los extremos de cada dique como se muestra en la figura 13b (círculo azul).

- ***Playa San Lorenzo.***

La emanación en la playa San Lorenzo, es accesible por distintos puntos uno de ellos es el puerto de Santa Rosa o en su caso por los edificios cercanos a la playa. En sectores donde aflora la emanación se percibe fuerte olor a hidrocarburos, también se puede indagar en las rocas que afloran en esta playa y encontrar los indicios líquidos de hidrocarburos.

La playa San Lorenzo, cercana la sección Petrópolis del campo petrolero Gustavo Galindo Velasco, en 2016 una extensa mancha negra, presumiblemente de petróleo, alertó a turistas en este caso no era un derrame de petróleo, en la Figura 13c se puede observar la mancha sobre la arena, lo que presentó fue un afloramiento natural que por la acción de las mareas al golpear con las arenas breas (que contienen crudo natural), expuso el hidrocarburo a la superficie.

- ***Campus Petrópolis.***

El indicio dentro del campo petrolero Gustavo Galindo Velasco – campus Petrópolis, en el cantón Salinas, se encuentra sobre una laguna formada naturalmente, debido al agua acumulada en esta zona, se puede observar en la figura 13d como el agua de la laguna tiene un color marrón debido al agua estancada.

El círculo de la figura 13d señala el lugar donde se encuentran hidrocarburos impregnados en la arena.

- ***Barrio San Raymundo.***

El indicio de petróleo se encuentra en la parte posterior de la urbanización Mikonos, en el barrio San Raymundo de la parroquia José Luis Tamayo.

La surgencia de la emanación inició en el año 2007, el sector de la emanación fue intervenido en el 2014, formando muros de contención para los afloramientos y así retener el indicio con un muro de forma rectangular con medidas de 25 m x 30 m (Figura 13 e).

- *Canal Valparaíso.*

El canal de aguas lluvias del sector Santa Paula (Valparaíso) en el kilómetro 1.5 vías a Punta Carnero, evidencia indicios de petróleo que se extienden a lo largo de algunos tramos del canal. El canal está rodeado por la ciudadela “Ciudad Punta Carnero” con una población aproximada de 1500 habitantes y por los predios de una empresa salinera.

El canal de Santa Paula (Valparaíso) fue investigado por Enrique Veloz, en 2015 con el objetivo de efectuar una evaluación de carácter cualitativa acerca de la dimensión, las causas y los efectos de los impactos generados al ambiente por la presencia de hidrocarburos en la zona.

El canal de aguas lluvias, se encuentra cercano al perímetro de las piscinas la empresa salinera Ecuasal, entre 2010 y 2012 la surgencia de indicios superficiales fue visible, debido a la ruptura de las capas sellos que cubren los afloramientos naturales, estos sellos fueron abiertos accidentalmente por artesanos de sal y por compañías constructoras que provocaron la formación de grandes manchas de petróleo superficial (Figura 13f). Estos problemas fueron mitigados por las compañías encargadas de explotar petróleo del estado ecuatoriano.



A) Cubetos de contención en playa Puerto Lucía.



B) Surgencia de petróleo en canal Costa de Oro.



C) Hidrocarburo sobre la arena en playa San Lorenzo.



D) Indicio en campus Petrópolis.



E) Indicio directo de petróleo en barrio San Raymundo.



F) Surgencia de petróleo en canal Valparaíso.

Figura 13. Lugares reportados en el cantón La Salinas.

- ***Campus Santa Paula.***

Las emanaciones de hidrocarburos se localizan en el cantón Salinas, en el Km. 2.8 de la vía Salinas-Punta Carnero, en las cercanías de la Estación de Santa Paula, dentro del Campo Gustavo Galindo Velasco. Actualmente este sitio se encuentra dentro del proyecto geoparque Santa Elena, al presentar afloramientos naturales de petróleo, arenas bituminosas, en las cuales también se puede visualizar afloramientos de sal. El sector se encuentra identificado con letreros cercanos a las emanaciones, letreros de advertencia de Pacifpetrol S.A., empresa encargada de la explotación de hidrocarburo de la zona.

3.3.3. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

El Ministerio del ambiente y agua (MAE), corroboró con las coordenadas de los lugares reportados con emanaciones naturales de hidrocarburos dentro de los cantones de estudio.

3.4. VISITA TÉCNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las indagaciones dentro del municipio, en estudios reportados y medios de comunicación proporcionan sectores a intervenir como posibles lugares con emanaciones de hidrocarburos. También se determinó los puntos accesibles para la visita técnica para cada uno de los lugares reportados en las diferentes zonas de estudio.

La planificación de la visita técnica a fin de obtener información in situ, sobre las emanaciones naturales de hidrocarburos estableció dividir cuatro zonas de estudios, dos para cada cantón. Las cuatro zonas dentro de los cantones de estudio para realización de la visita técnica fueron:

La primera zona, abarca la zona norte del cantón La Libertad, iniciando en el barrio Panorama y culminado en el Yacht Club de Puerto Lucía.

La segunda zona comprende los canales de aguas lluvias de la zona sur del cantón La Libertad, los cuales desde 2019 han reportado indicios de hidrocarburos líquidos en diferentes sectores.

La tercera zona incluye unos de los canales de aguas lluvias del sector norte del cantón Salinas y sus playas que reportan emanaciones; además, de la sección Petrópolis que presenta afloramientos cercanos a los pozos petroleros.

La cuarta zona proporciona información del cantón Salinas, que presenta emanaciones de hidrocarburos en los sectores vía Punta Carnero (Valparaíso) y la estación de bombeo Santa Paula de Pacifpetrol.

El mapa en vista satelital de ESRI, muestra las zonas visitadas que están diferenciadas por colores para cada uno de los sectores recorridos y la ubicación de los lugares donde

existen las emanaciones de hidrocarburos. Los colores que muestra el mapa de la figura 14 son; azul para la zona uno, verde para la zona dos, amarillo para la zona tres y color rojo par la zona cuatro.



Figura 14. Lugares reportados en las diferentes zonas.

3.4.1. Lugares reportados en la zona uno.

La zona uno reporto cinco lugares según información brindada por el municipio y estudios realizados en estos lugares, han presentado indicios de hidrocarburos (Figura 15).

Las coordenadas de cada uno de los lugares visitados se encuentran en la tabla uno. Las coordenadas de los puntos de emanación se encuentran en la parte norte del cantón La Libertad.

Tabla 1: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 1.

Lugar de referencia	Coordenada	Coordenada
	Este (m)	Norte (m)
Barrio Panorama	513518.78	9754150.02
-Constructora Merchan Duque (albarrada)	513221.06	9754219.71
Refinería La Libertad	512845.46	9754266.42
Batallón de infantería motorizado Marañón	510884.02	9754769.51
Malecón del canton la Libertad (escollera)	510307.12	9754637.58
Puerto Lucía Yacht club (canal artificial)	508679.45	9754620.61



Figura 15. Lugares reportados en la zona uno.

3.4.2. Lugares reportados en la zona dos.

Dentro de la zona dos, se encuentran tres lugares que presentan emanaciones de hidrocarburos, los afloramientos se hacen presente en los barrios por donde cruza el canal de aguas lluvias, las coordenadas de los puntos de emanación dentro los barrios pertenecen a la parte sur del cantón La Libertad (Figura 16) y se muestran en la tabla dos.

Tabla 2: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 2.

Lugar de referencia	Coordenada	
	Este (m)	Norte (m)
Barrio la Propicia (canal de aguas lluvias)	512552	9752677
Barrio Virgen del Cisne (canal de aguas lluvias)	511887	9752977
Sector Las Minas	508835	9751934



Figura 16. Lugares en la zona dos.

3.4.3. Lugares reportados en la zona tres.

La zona tres se realizó en la parte norte del cantón Salinas, son cuatro lugares identificados dentro de esta zona, la emanación dentro del canal de aguas lluvias del sector Costa de Oro, junto con la emanación de la playa Puerto Lucía, son distantes a los siguientes puntos del sector petrolero Petrópolis y la playa San Lorenzo (Figura 17), la tabla tres muestra las coordenadas de los puntos localizados en la zona.

Tabla 3: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 3.

Lugar de referencia	Coordenada	
	Este (m)	Norte (m)
Canal Costa de Oro	508173.00	9754425.00
Playa Puerto Lucía	508504.44	9754634.32
Campo petrolero Petrópolis	508173.00	9756169.83
Playa San Lorenzo	508173.00	9756169.83



Figura 17. Lugares en la zona tres.

3.4.4. Lugares reportados en la zona cuatro.

La zona cuatro evidencia tres lugares con emanaciones naturales de hidrocarburos, la visita de campo iniciará el recorrido por la reserva de producción de fauna marino-costera puntilla de Santa Elena, trazando una vía próxima al canal Valparaíso y el campus Santa Paula, cercanos a la vía punta carnero se podrá indagar en el barrio San Reymundo (Figura 18). La tabla cuatro muestra las coordenadas correspondientes a cada sector que evidencia emanaciones de hidrocarburos, los puntos de emanación corresponden a la parte sur del cantón Salinas.

Tabla 4: Coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 de los afloramientos en zona 4.

Lugar de referencia	Coordenada	
	Este (m)	Norte (m)
Canal Valparaíso	508221.00	9749773.00
Santa Paula	508216.00	9750731.00
Barrio San Raymundo	508525.00	9751027.00



Figura 18. Lugares en la zona cuatro.

3.5. BASE DE DATOS

La base de datos dentro del proyecto proporcionó la información del indicio superficial, reportado dentro de cada lugar. La visita técnica ayudó a corroborar con la información que otorgaron los municipios de Salinas y La Libertad, y el MAE. La información recopilada será ingresada en la base de datos para luego exportarla en el mapa georreferenciado que evidencia el tipo de emanación, el estado y otras características.

La base de datos tiene tres módulos o campos que agrapan la información correspondiente al indicio superficial, detectados en la recopilación de información y la visita de campo realizada a los lugares reportados.

3.5.1. Módulo uno.

El módulo uno corresponde al campo de identificación de indicios superficial con tres categorías de identificación como nombre, descripción y nomenclatura, el módulo uno posee los siguientes submódulos (Figura 19):

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia		
Cantón		
Sector de referencia		
Tipo		
Estado		
Identificación del indicio		

Figura 19. Módulo uno de la base de datos.

- ***País -provincia:***

El apartado de País-provincia, corresponde a la descripción de la norma ISO 3166-1, ISO 3166 proporciona códigos para los nombres de países y otras dependencias, como la investigación se desarrolla en Ecuador y en la Provincia de Santa Elena, su nomenclatura es EC-SE.

- ***Cantón.***

El apartado corresponde al nombre del cantón donde se encuentre el indicio superficial de hidrocarburo, en este caso puede ser La Libertad y Salinas, con nomenclaturas LL y S.

- ***Sector de referencia.***

El campo del sector de referencia, corresponde al lugar cercano de referencia donde se encuentre la enamación, debido al caso respectivo estos pueden ser barrios, parroquias, parques, playas entre otros.

- **Tipo.**

El apartado proporciona información respecto al tipo de indicios natural encontrado, y su debida clasificación. Los tipos de indicios encontrados en la visita de campo en la investigación son los siguientes: indicios de petróleo (IP), indicios de gas (IG), indicios sólidos (IS), volcanes de lodo (VL), acompañado del número de orden en que se van clasificando.

- **Estado.**

El campo corresponde al estado en que se encuentre la emanación natural, entre estos estados están: emanación activa (AC), inactiva (IN) o historica(HI).

- **Identificación del indicio.**

El último apartado correspondiente a la identificación del indicio, es la sumatoria de nomenclaturas anteriores.

3.5.2. Módulo dos.

El módulo tres incorpora el campo de localización, con los siguientes apartados: coordenadas geográficas en longitud y latitud, coordenadas universal transversal de Mercator (UTM) en norte y este, adicional las magnitudes del lugar tanto en su área o el perímetro (Figura 20).

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)

Figura 20. Módulo dos de la base de datos.

3.5.3. Módulo tres.

El módulo tres de la base de datos comprende información adicional, que puede brindar características adicionales a la investigación.

Cada apartado puede tener la información requerida, como no poseerla (Figura 21).

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	
Eventos suscitados	
Observaciones en la visita de campo	
Evidencias fotográficas	

Figura 21. Módulo tres de la base de datos.

3.6. MAPA INTERACTIVO GEORREFERENCIADO

La elaboración del mapa inició al momento de tener toda la base de datos completa, proporcionando la información necesaria para el mapa interactivo.

Para realizar el mapa se utilizó Google My Map, una plataforma de fácil acceso y ejecución, que permite crear y compartir mapas personalizados, logrando insertar mapas en su sitio web o blog.

Se elaborará un mapa que será subido a un blog denominado ISPEC-SE (Indicios superficiales de petróleo en Ecuador – Santa Elena), el cual tendrá el mapa interactivo, resumen del inventario, imágenes y videos de la visita de campo, ejecutados con el dron navi y otros procesos realizados en el inventario.

La distribución de colores y formas de los símbolos o marcadores empleados en el mapa son los siguientes; para los indicios de petróleo se empleó la forma circular con un punto en el centro, para los indicios de gas una forma circular con un rombo en el centro y para los indicios sólidos la forma circular con un cuadrado en el centro.

Los diferentes estados de los indicios fueron clasificados según el color, verde para los activos, amarillo para los inactivos y rojo para los históricos, (ver figura 22), donde se puede observar la distribución de los íconos de cada indicio en el mapa y su respectiva simbología.

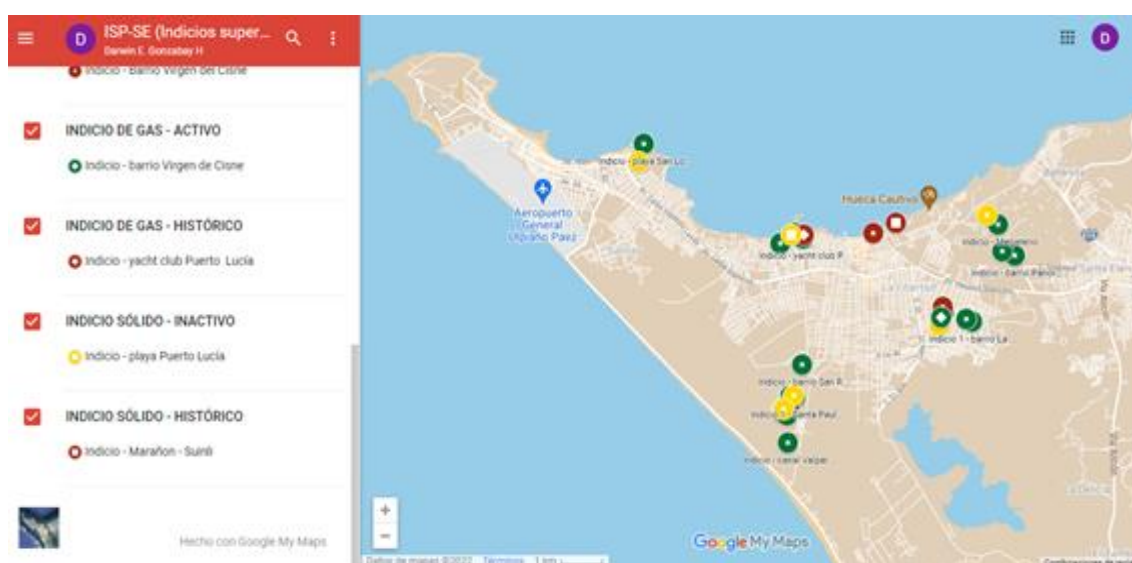


Figura 22. Simbología usada dentro del mapa interactivo.

La información respectiva a cada indicio se muestra al dar clic en el ícono del indicio que desea investigar (ver figura 23), la información que brinda la plataforma es el nombre del lugar de referencia y la descripción donde se encuentra el indicio.

La descripción tiene la siguiente información; el código de identidad que se le asignó al indicio en la base de datos, el tipo de indicio y el estado en que se encuentra y un apartado que explica las observaciones en campo o información relevante del indicio; además, de un contenido de imágenes que ayudarán a conocer el estado actual de cada emanación natural de hidrocarburo.

Ejemplo de la información que brinda el mapa:

Nombre: Indicio - canal Costa de Oro

Descripción:

EC-SE SA-CCO IP-AC 009

Tipo: Indicio de petróleo

Estado: Activo

Sector: En el canal de agua lluvias del sector Costa de Oro

Observaciones: La surgencia proviene de las paredes del canal, desplazándose por el canal formando películas de petróleo.

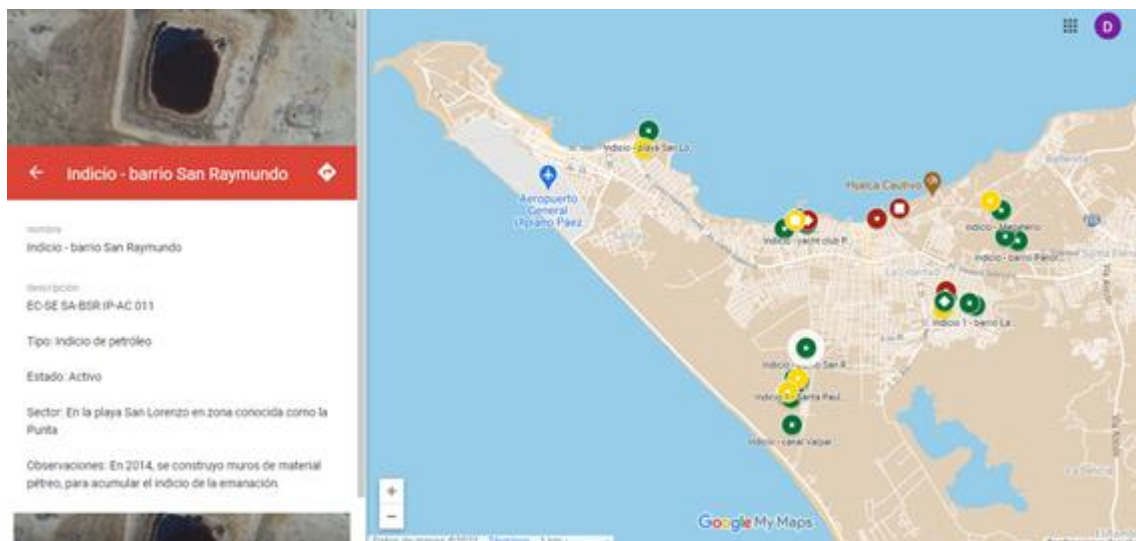


Figura 23. Información del indicio en el mapa interactivo.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La base de datos del mapa interactivo publicada en el blog ISPEC-EC, es accesible para descargar las coordenadas georreferenciadas en formato KML (Keyhole Markup Language), y luego poder exportar la información en distintos formatos, permitiendo georreferenciar los datos en las diversas plataformas SIG.

Para representar la información de la investigación se exportó la base de datos a Qgis, y se creó el mapa de indicios superficiales de petróleo Ecuador – Santa Elena, como se muestra en la figura 24, el mapa georreferencia 33 puntos correspondientes al total de los indicios reportados en la investigación. Indicios directos de hidrocarburos que serán descritos en este capítulo.

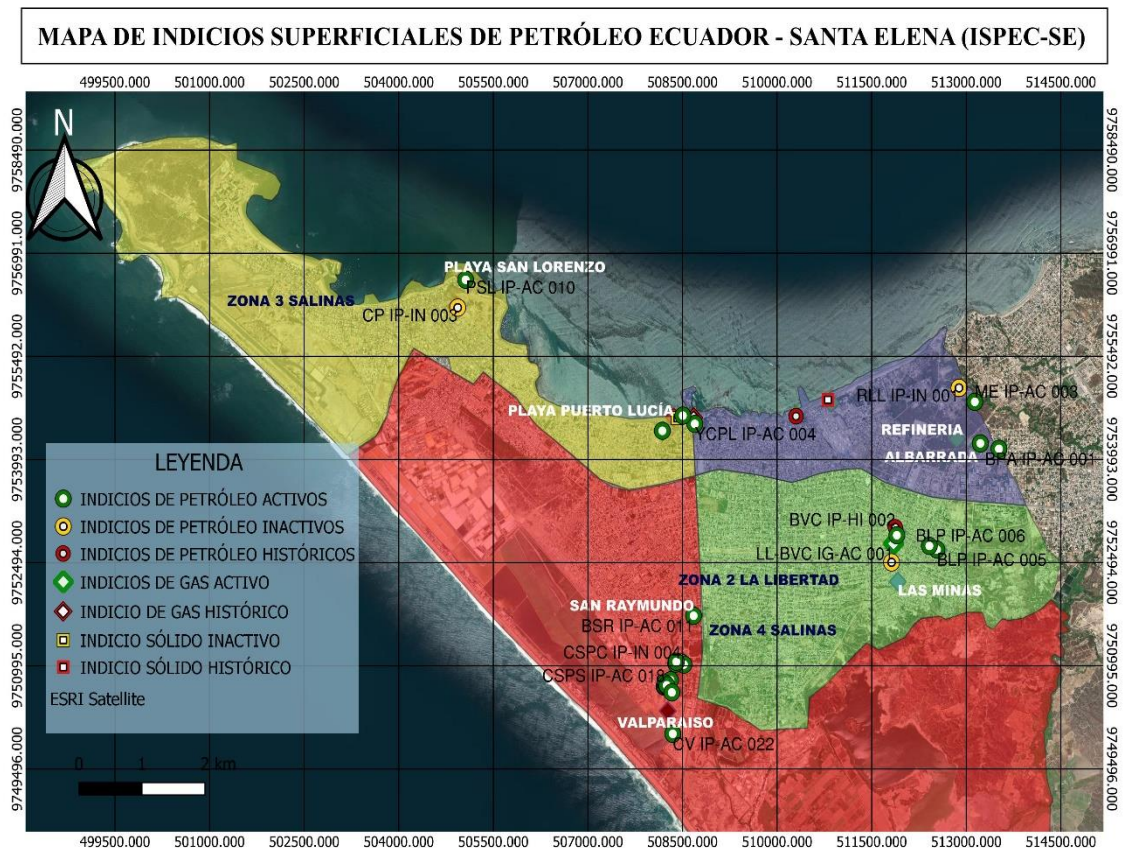


Figura 24. Mapa ISPEC-EC en Qgis con bases del mapa interactivo.

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS INDICIOS DETECTADOS.

Los lugares con emanaciones naturales reportados dentro de los municipios presentan indicios líquidos, hidrocarburos impregnados en las rocas de las playas, suelos con bitumen y emanaciones inactivas.

4.1.1. Indicios detectados en la zona uno.

- *Indicio en barrio Panorama.*

- *Indicio BPA IP-AC 001.*

La emanación líquida de petróleo con coordenadas 17M 513521.870 E UTM 9754152.710 N, cubre un perímetro de 9 m x 8 m. La identificación del indicio es EC-SE LL-BPA IP-AC 001.

El indicio superficial evidencia una surgencia de petróleo líquido con un 30% aproximadamente del total de la superficie cubierta, mientras el petróleo impregnado en las arenas del suelo un 70% (Figura 25a).

El indicio se encuentra en una pendiente moderada (de 5° a 15°), el relieve permite que el agua de lluvia desplace el petróleo líquido como se muestra en la figura 25b.

La surgencia de petróleo proviene de orificios de 19 cm, que expulsan petróleo paulatinamente (Figura 25c). Una parte del suelo donde se encuentra el indicio está fracturado (Figura 25d).

El pozo petrolero Cautivo 034 (Figura 25e), se encuentra a 20 metros del indicio de petróleo, actualmente el pozo no está en producción y posee un cerramiento de 2m x 2m.



A) Indicio de petróleo activo.



B) Indicio desplazado por lluvias.



C) Surgencia de petróleo.



D) Suelo fracturado.



E) Pozo CAU - 034.

Figura 25. Detalles fotográficos del indicio en barrio Panorama.

- **Indicio en albarrada.**

- *Indicio ACM IP-AC 002.*

El indicio activo de petróleo posee la siguiente identidad EC-SE LL-ACM IP-AC 002. El indicio activo de petróleo se encuentra en la albarrada cercana a la constructura Merchan que puede localizarse con las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°52'51.8991"O y latitud 2°13'24.4240"S, la albarrada permanece con agua durante todo el año (Figura 26a), aparece como una surgencia de hidrocarburos líquidos en la parte céntrica de la albarrada, creando películas de hidrocarburos, que luego son acumuladas en las paredes de la albarrada (Figura 26b).

El ancho de las manchas de hidrocarburos sobre el agua son entre 20 m a 30 m (Figura 26c), mientras los puntos donde se evidencian las acumulaciones de los indicios líquidos de petróleo son: punto uno 17M 513237.36 E UTM 9754231.26 N, y punto dos 17M 513106.62 E UTM 9754220.03 N, al acercarse a los puntos de acumulación de petróleo, se percibe un fuerte olor a hidrocarburos provenientes de las emanaciones naturales.

El sector también evidencia indicios de petróleo, a un metro de altura de la albarrada cercanos a una pendiente con un suelo fracturado, el petróleo se encuentra impregnado sobre la arena en la parte inferior de la pendiente. El petróleo impregnado forma manchas con longitudes entre 1 m a 1,50 m (Figura 26d).



A) Albarrada con indicio de petróleo.



B) Acumulación de petróleo.



C) Láminas de petróleo sobre el agua.



D) Petróleo impregnado sobre la arena.

Figura 26. Detalles fotográficos del indicio en la albarrada.

- ***Indicios en Refinería – Megaterio.***

- *Indicio RLL IP-IN 001.*

La refinería de La Libertad reporta un indicio de petróleo inactivo dentro de sus instalaciones, para poder ser inventariado fue descrito mediante el software Google Earth Pro, para completar la base de datos del indicio superficial. El indicio inactivo de petróleo fue identificado como EC-SE LL-RLL IP-IN 001, con las siguientes coordenadas 17M 512885.00 E UTM 9755034.00 N, para realizar la georreferenciación del indicio (Figura 27). La emanación tiene un perímetro de 44.8 m, y se clasificó como inactiva al no tener evidencias fotográficas o visitas de campo para comprobar el estado actual.



Figura 27. Indicio de petróleo inactivo en instalaciones de la refinera.

La herramienta Google Earth Pro, permitió describir y comparar de forma visual, la forma y cambios evidentes del sitio donde surge la emanación (Figura 28).

Iniciando desde el año 2012, donde se visualiza un aumento de la mancha que cubre el indicio con aproximadamente 125 m del perímetro de la emanación.

En el año 2016, el indicio redujo su perímetro a 20 m, dando a entender que la emanación poco a poco va disminuyendo su potencial de surgencia, y se la puede clasificar como inactiva.

Los últimos cuatro años la emanación ha mantenido su perímetro entre 40 a 50 m, en el año 2018, con presencia de petróleo en su totalidad, mientras en el año 2019 la mancha de petróleo expulsado es reducido a 10 m y se forma una nueva lámina de otro fluido. Los dos últimos años 2020 y 2021, se mantiene constante la mancha del petróleo.



Figura 28. Cambios visualizados en Google Earth Pro.

- *Indicio ME IP-AC 003.*

El sector megaterio ubicado en las afueras de la refinería, posee dos vías de acceso, una entrando por las instalaciones de la refinería y la otra es una vía de difícil accesibilidad, con la finalidad de conocer el estado actual de los indicios y poder clasificarlos, se planificó un vuelo con el dron a 700 m de distancia y una visita de campo por una de las vías de acceso.

Los resultados de la figura 29, muestran como el dron toma una fotografía a la emanación que será inventariada en esta investigación, además la elaboración de modelos de ortofotografía con una buena resolución, facilitando la visualización de resultados que deben ser incluidos en la base de datos.

El indicio activo de petróleo fue identificado con código EC-SE LL-ME IP-AC 003 con las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°52'54.9299"O y latitud 2°13'04.8547"S. Actualmente el indicio está dividido en dos secciones, formando lagunas de petróleo. La primera sección tiene un perímetro de 25,89 m y la segunda sección con 44.34 m, cercano a la emanación se evidencia el cause de un riachuelo que transporta sedimentos y agua continuamente.



Figura 29. Indicio activo de petróleo en megaterio.

El indicio superficial activo de petróleo se encuentra bajo una elevación de terreno como se muestra en la figura 30a, el petróleo es visible en las imágenes tomadas por el dron, así mismo a una distancia de 20 m se puede ver el petróleo en las lagunas (Figura 30b), para la descripción visual del indicio se dividió en dos secciones a la emanación activa (Figuras 30c y d).

La sección uno con un área de 1164 m², presenta películas de hidrocarburos sobre el agua de formación que se encuentra en esta área. En la sección uno se evidencia los puntos de surgencia del petróleo a la superficie, petróleo que continuamente sale por los orificios que miden entre 5 a 10 cm (Figura 30e) y se desplazan al centro del área. La sección dos con un área de 321 m², tiene petróleo impregnado en las paredes y actúa como una laguna de acumulación del petróleo, que es conectada con la sección uno, por medio de una tubería de cuello de ganso como se muestra en las figuras 30 b, c y h. El indicio activo de petróleo posee una barrera de concreto (Figura 30f), creada

como técnica de mitigación, en caso de existir una surgencia de petróleo mayor a la que paulatinamente emana a la superficie.

El tipo de suelo del área donde se encuentran las emanaciones activas es un suelo arenoso como se muestra en la figura 30g, mientras que en la elevación cercana al indicio se puede encontrar conglomerados con grietas (Figura 30e) y areniscas estratificadas formando láminas de diferentes sedimentos (Figura 30g). La visita de campo evidencia que el suelo del sector se encuentra parcialmente con grietas con medidas entre 1 cm a 5 cm.



Figura 30. Detalles Fotográficos del inicio activo de petróleo – Megaterio.

- **Indicio en Marañon - Suinli.**

- *Indicio MS IS HI 001*

La investigación reportará un indicio de petróleo histórico entre Marañon y Suinli, con la siguiente identidad EC-SE LL-MS IS HI 001, y coordenadas 17M 510800.00E UTM 9754857.00 N (Figura 31a), haciendo énfasis que el sector tiende a presentar nuevos afloramientos cercanos a las piscinas.

Actualmente en el sector se evidencia la construcción de piscinas de captación de aguas lluvias de la Refinería La Libertad y del Marañon, además de cubetos contruidos por Petroecuador que tienen la función de contener los hidrocarburos de las emanaciones naturales y derrames que se puedan producir, dando como resultado que las emanaciones de hidrocarburos se encuentran controladas al momento de su surgencia.

La visita de campo, evidenció que se percibe un olor a hidrocarburos procedente de las rocas cercanas a la alcantarilla (Figuras 31b), y rocas impregnadas de petróleo cercano a la salida del agua de la alcantarilla (Figura 31c).



A) Indicio sólido - histórico.



B) Rocas del sector.



C) Petróleo impregnado.

Figura 31. Detalles fotográficos del indicio sólido histórico en Suinli-Marañon.

- *Indicio en malecón – escollera.*

- *Indicio MLL IP-HI-001.*

A finales de agosto de 2016, una surgencia apareció en una playa del Malecón de La Libertad (Figura 32a), caracterizándose por su alta volatilidad, fuerte olor a compuestos organosulfurados y muy baja gravedad específica. La emanación de color marrón claro, fluía de forma continua. El flujo mostró variaciones notables a diferentes horas del día (Figura 32b).



A) Ubicación del indicio de petróleo.

B) Vista general de la emanación.

Figura 32. Evidencias fotográficas de la aparición del indicio (Lorenzo et al., 2019).

Actualmente, la emanación no es visible en el lugar de la aparición (Figura 33), la investigación reportará la emanación, como un indicio de petróleo histórico con la siguiente identidad EC-SE LL MLL IP-HI-001. El punto georreferenciado donde se encontraba la emanación es 17M 510289.84 E UTM 9754630.35 N. En el sitio se percibe olor a hidrocarburos, cuando la marea es de movimiento descendente.



Figura 33. Lugar de surgencia en la escollera del malecón.

- **Indicios en Yacht Club Puerto Lucía.**

- **Indicio activo de petróleo YCPL IP-AC 004.**

El club periódicamente remedia y limpia los lugares donde el hidrocarburo surge a la superficie. La identidad del indicio activo de petróleo es EC-SE LL-YCPL IP-AC 004, con las siguientes coordenadas 17M 508675.69 E UTM 9754525.84 N. La zona que presenta la surgencia de petróleo en canal tiene un perímetro de 355 m. Las evidencias fotográficas recopiladas de años anteriores muestran como el indicio se encuentra activo. La surgencia de petróleo reportada en 2014 en las oficinas del municipio de La Libertad, formando películas de petróleo sobre el canal artificial (figuras 34 a,b y e), fue objeto de algunas reuniones con la finalidad de mitigar la emergencia en el Yacht Club Puerto Lucía y otros puntos de surgencia en el cantón. La surgencia es notoria en los siguientes años 2016, 2018 y 2020 (figuras 34c, d y f). Las inspecciones realizadas por el personal técnico del municipio, Pacifpetrol y ministerio del ambiente y agua, reportan la surgencia de petróleo en el puente y la presencia de tortugas marinas y peces en el canal que se han adaptado (Figura 34 f).



A) Surgencia - 2014.



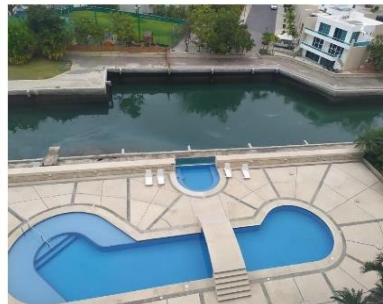
B) Mancha de petróleo.



C) Emanación - 2018.



D) Surgencia 2020.



E) Películas de petróleo.



F) Inspección - 2016.

Figura 34. Detalles fotográficos del indicio YCPL IP-AC 004.

- *Indicio histórico de gas – YCPL IG-HI 001.*

El indicio de gas histórico denominado EC-SE LL YCPL IG-HI 001, reportado en el municipio de La Libertad por algunas ocasiones en los años 2014, por el personal técnico de gestión de riesgos, se georeferencia con el siguiente punto de surgencia 17M 508689.34 E UTM 9754550.49 N. La surgencia del indicio de gas se presentan con burbujas que al exponerse a la parte superior del canal (Figura 35), se esparce el hidrocarburo que contienen dichas burbujas de gas.



Figura 35. Indicio de gas histórico en Yacht Club Puerto Lucía.

4.1.2. Indicios detectados en la zona dos.

- *Indicios en barrio la Propicia.*

- *Indicio activo de petróleo LL-BLP IP-AC 005.*

Las coordenadas de la surgencia del primer indicio líquido de petróleo son 17M 512554.813 E UTM 9752687.860 N, el indicio fue identificado como EC-SE LL-BLP IP-AC 005, el vuelo con dron permitió obtener información del campo de localización y medidas del lugar, medidas de la ortofoto del barrio la Propicia en la aplicación Global Mapper.

La surgencia del indicio se acumula en las paredes del canal de aguas lluvias (Figura 36a), cubriendo gran parte de tramo del canal de agua lluvias donde surge el hidrocarburo, mientras que otras porciones de los indicios líquidos son desplazadas en el canal y acumuladas en el ducto cajón más cercano (Figura 36c), las medidas longitudinales del canal es de 100 m y la longitud del indicio es de 60 m, las acumulaciones tienen perímetros entre 3 a 11 metros (Figura 36b), el ducto cajón deja entrar y pasar el agua que lleva consigo hidrocarburos, acumulándose en uno de los lados de las paredes del ducto cajón, actualmente la obra de los ductos cajones está en ejecución, sería recomendable aplicar unas nuevas medidas para mitigar el posible daño que ocasionarían las emanaciones de hidrocarburos a los ductos cajones recientemente construidos.

El pozo petrolero AHQ 047 con las siguientes coordenadas 17M 512547.99 E UTM 9752666.97 N, se encuentra en paro transitorio, este pozo posee un cerramiento de 3m x 2m, la distancia entre el canal de aguas lluvias y el pozo AHQ 047 es de 8 m (Figura 36d).



A) Indicio activo de petróleo en barrio de la Propicia.



B) Surgencia del Indicio.



C) Desplazamiento del indicio activo de petróleo.



D) Pozo AHQ 47.

Figura 36. Detalles fotográficos del primer indicio en barrio La Propicia.

- *Indicio activo de petróleo - BLP IP-AC 006.*

El segundo indicio activo de petróleo identificado como ECU-SE LL-BLP IP-AC 006, tiene las siguientes coordenadas geográficas de longitud $80^{\circ}53'16.9558''\text{O}$ y latitud $2^{\circ}14'13.7313''\text{S}$, está presente en el tercer tramo del canal de agua lluvias del sector y tiene 100 m de longitud (Figura 37a), de los cuales ocho metros de longitud cubren el indicio de petróleo activo, el color del hidrocarburo presente en el canal es un petróleo negro, percibiendo un fuerte olor de hidrocarburo a poca distancia de la surgencia (Figura 37d).

El pozo petrolero AHQ 045 (Figura 37b) en paro transitorio, cercano al ducto cajón de hormigón se encuentra a 25 m de distancia, actualmente los pozos no han presentado petróleo intermitente a sus alrededores. El petróleo proveniente de la surgencia, se impregna en las paredes del canal de aguas lluvias, paredes que se encuentran inclinadas en el canal. Mientras otras partes del petróleo se desplaza sobre el canal de agua lluvias. El canal tiene su corriente de agua activa desplazando gran parte del petróleo, formando películas de petróleo que llegan a los ductos cajones, los ductos cajones acumularán el petróleo en sus paredes. El petróleo se hace presente al comienzo y al final de cada tramo dentro del canal de agua lluvias (Figura 37d y e).



A) Segundo indicio activo de petróleo en barrio la Propicia.



B) Pozo AHQ 45.



C) Surgencia de indicio activo de petróleo.



D y E) Entrada y salida - ducto cajón.

Figura 37. Detalles fotográficos del segundo indicio en barrio la Propicia.

- **Indicios en barrio Virgen del Cisne.**

El sector reportará tres indicios de hidrocarburos como un indicio activo de petróleo, indicio inactivo de petróleo y un indicio de gas activo.

- **Indicio activo de petróleo BVC IP-AC 007.**

El indicio activo de petróleo con la identidad de EC-SE LL-BVC IP-AC 007, será georreferenciado con las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°53'34.5554"O y de latitud 2°14'06.3967"S. El punto de surgencia de la emanación inicia en las coordenadas 17M 511904.985E UTM 9752951.474N (Figura 38a), y en otros puntos se evidencia afloramiento natural mezclado con aguas lluvias y con poca cantidad de maleza, desplazando el petróleo por el canal de agua lluvias (Figura 38e).

Actualmente, se están colocando ductos cajones en el barrio (Figura 38b) y al momento de terminar la colocación de los ductos cajones, se evidencia acumulación de hidrocarburos en uno de sus costados (Figura 38d), y surgencia en otros de sus extremos (Figura 38c), las personas se ven afectadas en épocas de lluvias, cuando el petróleo acumulado no es recogido por alguna entidad y este hidrocarburo entra a sus casas debido al rebose de aguas lluvias dentro del canal, provenientes de otros sectores. La surgencia de hidrocarburos en este sector es constante, y se debe a las fracturas que presenta el sector, en el extremo del ducto cajón donde surge el petróleo se ha creado un socavón, haciendo ceder los cimientos de los ductos cajones.



Figura 38. Fotografías del indicio activo de petróleo en barrio Virgen del Cisne.

- *Indicio activo de gas - BVC IG-AC 001.*

El indicio de gas se encuentra presente en el ducto cajón de la avenida 23 y calle 41 del barrio Virgen del Cisne, con la siguiente identidad EC-SE LL-BVC IG-AC 001, con las coordenadas 17M 511909.241E UTM 9752761.576N (Figura 39a), el indicio de gas surge a la superficie en formas de burbujas de gas desde el agua del canal, las burbujas están cubiertas por una fina capa de petróleo (Figura 39b).



A) Lugar de surgencia del indicio de gas.

B) Petróleo y burbujas de gas.

Figura 39. Indicio de gas en barrio Virgen del Cisne.

- *Indicio histórico de petróleo - BVC IP-HI 002.*

El indicio histórico de petróleo se encuentra a un costado de la sede del barrio, el indicio puede describirse con el antes y después debido a que una obra civil de alcantarillado ha sellado el lugar donde surgía el petróleo a la superficie. Los meses de agosto a noviembre se realizó una visita preliminar a los sitios reportados en los dos cantones, evidenciando la surgencia de petróleo en los siguientes tramos cercanos a la sede, la acumulación y desplazamiento eran muy notorios como se muestra la figura 40 a y b, la surgencia de un petróleo viscoso de color negro.



A) Surgencia del indicio activo de petróleo (Agosto -2021).

A) Canal cubierto por petróleo (Agosto -2021).

Figura 40. Indicio activo de petróleo en año 2021.

Las últimas visitas de campo, mostraron que el indicio ha sido sellado de manera antrópica por la construcción del alcantarillado, obra civil que se encuentra en ejecución en algunas calles del barrio (Figura 41a), la construcción de las alcantarillas expone al indicio, que aún puede surgir a la superficie en pequeñas cantidades (Figura 41b y c). El indicio fue identificado como EC-SE LL-BVC IP-HI 002, con las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°53'40.3854"O y latitud 2°14'047802"S. La surgencia lenta en algunos puntos donde se encontraba el indicio puede ser notorio en meses posteriores a la entrega de la obra, como es el caso de los cambios de postes de electricidad en la zona, al excavar el suelo, se ha obtenido petróleo impregnado en las arenas del sector (Foto 41d).



A) Indicio inactivo de petróleo - barrio Virgen del Cisne. B) Construcción de obra civil.



C) Surgencia en alcantarilla.

D) Petróleo impregnando en arena.

Figura 41. Detalles fotográficos del indicio BVC IP-HI 002.

- **Indicios en barrio Las Minas.**

- *Indicio inactivo de petróleo - BLM IP-IN 002.*

Los tramos del canal de aguas lluvias del barrio las Minas, no tienden a surgir nuevas emanaciones de petróleo (Figura 42a); sin embargo, los tramos y los ductos cajones acumulan el petróleo en pequeñas cantidades. El petróleo visible en este sector se encuentra impregnado en las paredes del canal de agua lluvias (Figura 42b).

El desplazamiento de petróleo por el canal de aguas lluvias que atraviesa este sector, es notorio en las temporadas invernales (Figura 42c). El indicio en la investigación es reportado como un indicio inactivo de petróleo con identidad EC-SE LL-BLM IP-IN 002, con las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°53'37.47"O y latitud 2°14'21.14"S, al solo tener petróleo impregnado en las paredes de algunas partes del canal; así mismo, una acumulación de petróleo leve en los ductos cajones (Figura 42d). El vuelo con dron en este sector y la visita de campo, revelaron que el petróleo en este sector no surge a la superficie por una emanación. El petróleo encontrado pertenece a las emanaciones de los sectores cercanos.



Figura 42. Detalles Fotográficos del indicio inactivo en barrio Las Minas.

4.1.3. Indicios detectados en la zona tres.

- *Indicios en playa Puerto Lucía.*

En la playa de Puerto Lucía se identificaron dos indicios superficiales de hidrocarburos, un indicio activo de petróleo y un indicio inactivo de sólidos

- *Indicio activo de petróleo - PPL IP-AC 008.*

El indicio activo de petróleo, está localizado en las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°55'24.6498"O y de latitud 2°13'11.4517"S, el indicio está identificado como EC-SE SA-PPL IP-AC 008, la surgencia del indicio de petróleo se encuentra controlada por el cubeto de contención construido como técnica de mitigación (Figura 43a), el cubeto actualmente se encuentra con hidrocarburos líquidos como se muestra en la figura 47b, cuando el cubeto tiende a llenarse se recupera el hidrocarburo. El petróleo líquido proveniente de las rocas cercanas del lugar (Figura 47c), y del petróleo impregnado en las rocas de los alrededores del cubeto (Figura 47d), el indicio natural está conectado con tuberías para que el petróleo se acumule en el cubeto. El indicio de petróleo se encuentra a una distancia de 50 metros del pozo Carolina 31. El pozo petrolero se encuentra en producción, almacenando su producción en un tanque cisterna redondo (Figura 43e).



A) Cubeto de contención para la emanación.



B) Petróleo acumulado.



C) Petróleo impregnado.



D) Rocas cercanas a la emanación.



E) Facilidades del pozo Carolina 31.

Figura 43. Detalles fotográficos del indicio activo de petróleo - playa Puerto Lucía.

- *Indicio inactivo de sólido - PPL IS-IN 001.*

El indicio inactivo sólido se localiza en las siguientes coordenadas geográficas de longitud 80°55'27.5380"O y latitud 2°13'127177"S y fue identificado como EC-SE SA-PPL IS-IN 001, cerca del cubeto de contención tres, de la playa de Puerto Lucía.

El cubeto se encuentra cubierto de arena (Figura 44a), el hidrocarburo en estado sólido se manifiesta a unos metros del cubeto, debido a la variedad de rocas, en el sector puede no tomarse en cuenta al indicio natural (Figura 44b).

El hidrocarburo sólido se percibe por el fuerte olor que emana a la superficie, además su color oscuro y brillante ponen en manifiesto al indicio (Figura 44c), Las rocas se encuentran en la parte inferior de la escollera del malecón de Puerto Lucía, unos hidrocarburos sólidos se encuentran impregnados en otros tipos de rocas (Figura 44d).



A) Cubeto de contención.



B) Diferentes tipos de rocas.



C) Petróleo sólido.



D) Conglomerado con petróleo sólido.

Figura 44. Detalles Fotográficos del indicio inactivo sólido - playa Puerto Lucía.

- ***Indicios en canal Costa de Oro.***

- *Indicio activo de petróleo - canal Costa de Oro.*

El indicio activo de petróleo fue identificado como EC-SE SA-CCO IP-AC 009, con las siguientes coordenadas UTM 9754410.051N y 508183.907E, las medidas y descripción fueron tomadas de las ortofotos procesadas en la aplicación Global Mapper, y la visita de campo realizada en el sector de estudio.

Se procedió a inspeccionar el canal de aguas lluvias y se constata que desde el inicio hasta el segundo dique de contención, la presencia de maleza y sedimentos que obstaculiza el paso de aguas lluvias. En este tramo del canal aún no se evidencia el afloramiento natural de hidrocarburos (Figura 45a). En las coordenadas 17M 0501714 UTM 9757071, se encontró el Pozo SRY-0056, el cual no afecta en lo absoluto al canal de aguas lluvias y al afloramiento. Lugo se constata que desde el segundo dique de contención se presencia el afloramiento natural mezclado con aguas lluvias y maleza a lo largo del canal (Figura 45b).

Por motivos de lluvias, en las coordenadas 17M 0508158 UTM 9754443, se evidencia que ha aumentado el contenido de petróleo y la maleza ha sido arrastrada hasta el siguiente dique de contención. A partir del tercer dique de contención se encuentra gran cantidad de maleza, desechos sólidos y aguas lluvias mezclada con el afloramiento natural de hidrocarburos hasta donde desemboca el canal de aguas lluvias.

El indicio de petróleo se encuentra impregnado en las paredes del canal de aguas lluvias, el punto de surgencia en las figuras 45b y c, muestran como el petróleo puede ser desplazado por la corriente de agua del canal, llevando el petróleo a los extremos de cada tramo. Los eventos ocurridos en el sector en años anteriores por las emanaciones naturales, han despertado el interés de las entidades por buscar las técnicas necesarias para mitigar la problemática, para que este hidrocarburo proveniente de las emanaciones no llegue a desembocar al mar, una de las intervenciones han sido la colocación de salchichas absorbentes en puntos estratégicos (Figura 45d).



Figura 45. Fotografías del indicio activo de petróleo en canal Costa de Oro.

- ***Indicio en playa San Lorenzo.***
- *Indicio activo de petróleo - PSL IP-AC 010.*

El indicio activo de petróleo en la playa San Lorenzo, tiene su manifestación en el punto denominado la punta San Lorenzo, sitio con rocas sedimentarias pertenecientes a la formación Santa Elena/Cayo, estas pueden ser lutitas entre otras (Figura 46a), de las rocas emana el indicio líquido que está en constante movimiento debido a la bajamar o pleamar del sector, dependiendo de la marea se puede percibir un fuerte olor en las rocas donde surge el indicio directo de petróleo (Figura 46b).

El indicio fue identificado como EC-SE SA-PSL IP-AC 010, con las coordenadas geográficas de longitud 80°57'18.6445"O y latitud 2°12'07.2014"S, tomadas del punto de surgencia de la emanación de petróleo (Figura 46c).

La acumulación de hidrocarburos en las rocas hace que los indicios se mantengan impregnados, mientras que otras manifestaciones se quedan atrapadas en charcos

formados por el oleaje, así como otras manifestaciones son desplazadas al mar, estos eventos se pueden observar en las figuras 46d y también se pudo evidenciar la presencia de una arena de color oscuro (negro), las arenas oscuras pertenecen a los sedimentos procedentes de la disgregación de rocas ígneas basálticas de las áreas circundantes. Esta alteración da lugar a arenas con un alto porcentaje de metales pesados los cuales dotan el color oscuro a los sedimentos.

La presencia de hidrocarburo es de origen natural y estará presente siempre que exista la presencia de un agujaje o subida fuerte de marea, hay épocas en que la presencia de estas manifestaciones es más notable, las rocas fracturadas en la zona, crean vías de migración para los indicios superficiales directos (Figura 46f).

La emanación natural forma películas que son desplazadas por las olas, actualmente este lugar no posee medios de contención para que el hidrocarburo no contamine la playa.



Figura 46. Fotografías del indicio activo de petróleo en la playa San Lorenzo.

- **Indicios en campus Petrópolis.**

- **Indicio inactivo de petróleo - CP IP-IN 003.**

La emanación presente en el campo Petrópolis, para la investigación fue inventariado como un indicio inactivo de petróleo con la siguiente identidad EC-SE SA-CP IP-IN 003, con las coordenadas geográficas de longitud 80°57'20.0111"O y latitud 2°12'20.3376"S, las medidas de la laguna donde ha surgido el petróleo en años anteriores, son 191 m del perímetro de la laguna (Figura 47a). Reportes del MAE informan que dentro del campo petrolero operado por Pacifpetrol, se evidencia presencia de hidrocarburos pesados que emerge hacia la superficie (Figura 47b).

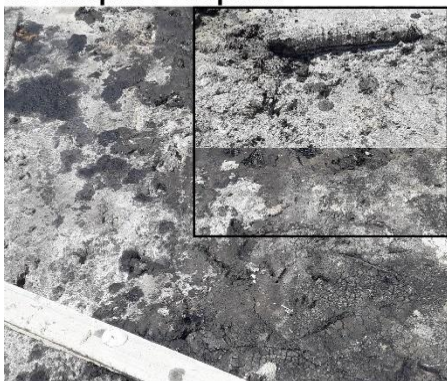
La investigación reportó un punto visible, justo en las paredes de dentro de una acumulación de agua, que se encuentra con hidrocarburos impregnados en el suelo (Figura 47c), cercano al afloramiento se encuentra el pozo Petrópolis 127 a una distancia de 30 m, el suelo que bordea la laguna es una arena muy fina como se muestra en la figura 47d.



A) Laguna natural formada dentro del campus Petrópolis.



B) Petróleo visible en uno de los extremos de la laguna.



C) Petróleo impregnado en la arena.



D) Pozo PET 0127 y el tipo de suelo del sector.

Figura 47. Fotografías del indicio inactivo de petróleo en campus Petrópolis.

4.1.4. Indicios detectados en zona cuatro.

- ***Indicio en barrio San Raymundo.***

- *Indicio activo de petróleo CV IP-AC 022.*

El indicio activo de petróleo identificado como EC-SE SA-BSR IP-AC 011, con las coordenadas UTM 9751718.676 N y 508687.315 E, tiene un perímetro de 67 m, el indicio ha sido debidamente controlado en años anteriores para no causar afectación a sus alrededores, con la creación de los muros que actualmente sirven para acumular y no dejar escapar el petróleo proveniente de la emanación natural como se muestra en la figura 48a, el flujo de petróleo se realiza desde las capas de arenisca que contienen petróleo, especialmente a través de las fracturas existentes, hacia los puntos en donde han perdido el sello, cercano al indicio superficial de petróleo se encuentra el pozo petrolero SPA019, aproximadamente a siete metros y actualmente el pozo está en paro transitorio (Figura 48b).

El indicio directo continuamente emana petróleo y lo acumula en los extremos del muro de forma rectangular, el petróleo se encuentra impregnando en las paredes de arena del muro.

La acumulación ocurre en el agua con una película de petróleo en la superficie de agua, la cual es concentrada principalmente en la parte norte del cuerpo de agua por los vientos provenientes del sur (Figura 49c), así también se puede observar en la figura 55 a, como la surgencia de la emanación se desplaza por toda la superficie cubriendo un 90% del total.

En el área afloran las rocas de la Fm. Tablazo la cual consiste en areniscas y calizas arenosas, con bancos de conchillas, llamada coquina, con un espesor aproximado de 1 metro.

En el área se presenta en forma masiva, y no se observa estratificación permitiendo el crecimiento de vegetación en el sector como se muestra en la figura 49d.



A) Indicio activo de petróleo atrapado por muros.

B) Pozo SPA 019.

C) Surgencia y acumulación.

D) Tipo de suelo donde surge el indicio.

Figura 49. Fotografías del indicio activo de petróleo en barrio San Raymundo.

- *Indicios en Campus Santa Paula.*

El sector fue dividido en tres zonas; centro, sur y lago de Santa Paula, para identificar y describir todos los indicios presentes en cada área, en la figura 50 podrá observar las áreas a intervenir para el desarrollo de la investigación.

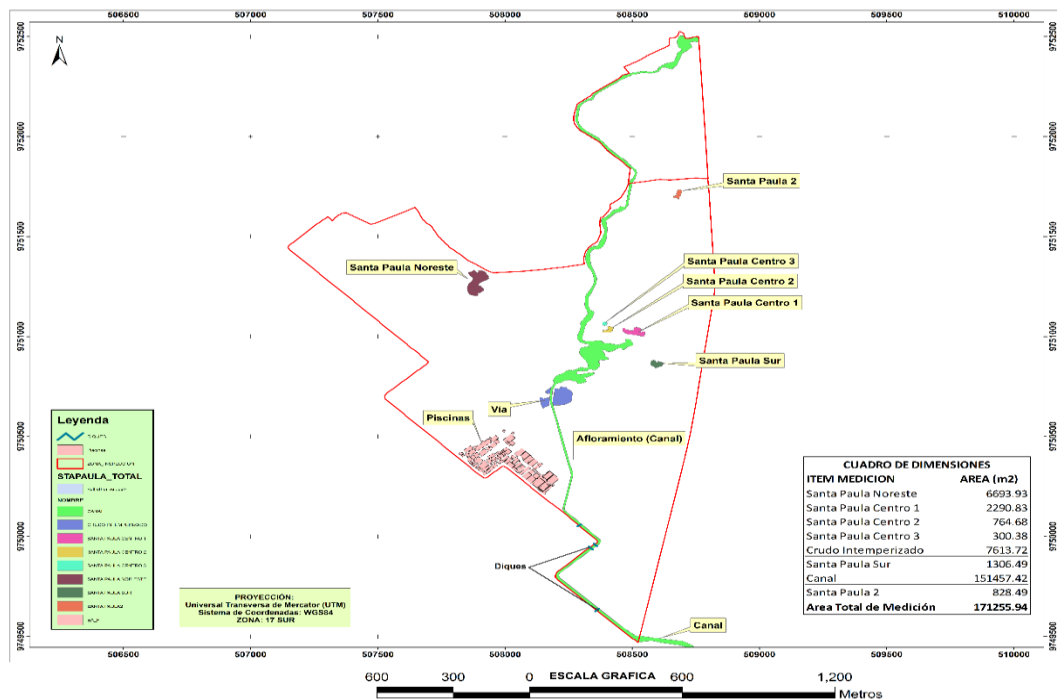


Figura 50. Zanas de estudio en Santa Paula (Petroecuador-Gad Salinas, 2012).

- *Indicios en área Santa Paula -Centro.*

Los indicios superficiales de petróleo en la parte céntrica del campus Santa Paula, son visibles para las personas y los satélites, el crecimiento poblacional ha llegado a que personas creen sus viviendas con distancias entre 30 a 60 m de los sitios reportados como emanaciones naturales, y generando vías de acceso entre los barrios y lugares cercanos a las emanaciones (Figura 51). Intervenciones por las entidades municipales y petroleras en el año 2017 planificaron la creación de muros de material pétreo alrededor de las emanaciones, y no afectar sus alrededores al momento de una surgencia mayor a la superficie. La visita de campo y el vuelo de dorn, ponen en evidencia la existencia de tres indicios directos activos de petróleo, círculos color rojo de la figura 51, mientras el indicio encerrado de azul es un indicio inactivo de petróleo presentes en esta área como se muestra en la figura 51.



Figura 51. Indicios presentes en el centro del campus Santa Paula.

- *Indicio activo de petróleo - CSPC IP-AC 012.*

El indicio activo de petróleo cercano a las viviendas fue identificado como EC-SE SA-CSPC IP-AC 012, con las siguientes coordenadas de longitud $80^{\circ}55'23.9350''$ O y latitud $2^{\circ}15'08.8631''$ S. El indicio activo de petróleo se encuentra asilado por los muros colocados con material pétreo, el perímetro del indicio es de aproximadamente 90 m (Figura 52a). El indicio de petróleo contiene un agua de formación que es mezclada con la surgencia del petróleo (Figura 52b) y desplazada por el viento a uno de los

extremos del indicio para ser acumulada hasta su debida recolección (Figura 52c). La surgencia de petróleo es continua en los puntos de emanación, formando orificios pequeños de donde emana el petróleo junto con burbujas de gas que desaparecen al entrar en contacto con el ambiente (Figura 52d). El pozo petrolero SPA 259 se encuentra a 30 metros del indicio, sin presentar surgencia o algún otro problema en particular (Figura 52e).



Figura 52. Detalles fotográficos del indicio SA- CSPC IP-AC 012.

- *Indicio activo de petróleo - CSPC IP-AC 013.*

El segundo indicio se encuentra a 100 m del indicio SA- CSPC IP-AC 012, con las siguientes coordenadas UTM 9751028.867N, y 508408.632E, que sirven para georreferenciar el indicio activo de petróleo. El indicio con un perímetro de 55 m, fue identificado como EC-SE SA-CSPC IP-AC 013. El indicio se encuentra con muros que evitan su esparcimiento a los lugares cercanos (Figura 53a). Las surgencias después de la temporada invernal no son posibles de divisar como en el indicio SA-CSPC IP-AC 013, debido al volumen de agua que se aloja en las estructuras, realizadas para acumular el petróleo de las emanaciones. La surgencia del petróleo escapa de las fisuras de las capas salinas que se han formado (Figura 53 b). La surgencia constante

de petróleo y agua de formación, hacen que el desplazamiento del petróleo se mueva al centro del indicio, dejando petróleo impregnado en el suelo que no contiene capas de sal (Figura 53 c). Capas salinas compactas alzadas, se pueden encontrar al borde del indicio superficial de petróleo (Figura 53d).



A) Indicio activo de petróleo aislado por muros.



B) Surgencia de petróleo sobre las capas formadas.



C) Desplazamiento de petróleo, capas salinas y petróleo impregnado en el suelo arcilloso.



D) Capas salinas compactas alzadas.

Figura 53. Detalles fotográficos del indicio SA- CSPC IP-AC 013.

- *Indicio activo de petróleo - CSPC IP-AC 014.*

El tercer indicio activo en el sector se encuentra a una distancia de 20 metros del indicio SA- CSPC IP-AC 013. El indicio de petróleo identificado como EC-SE SA- CSPC IP-AC 014, con coordenadas geográficas de longitud 80°55'27.9962"O y latitud 15°07.9130"S, tiene un perímetro aproximado de 12 metros. El indicio activo de petróleo tiene un perímetro pequeño, comparado con los dos indicios anteriores, igualmente el indicio posee muros para acumular el petróleo de la emanación (Figura 54a), la surgencia del petróleo proviene de las fisuras formadas en las paredes del muro, surgencia que luego es acumulada en el centro del indicio (Figura 54b).

La acumulación de desechos sólidos cercanos al sector donde el indicio directo de petróleo surge a la superficie con facilidad, es una novedad que debe socializarse con las entidades respectivas (Figura 54c). El pozo 240 ubicado a 40 metros del pozo petrolero SPA 240, no presenta novedades vinculadas al afloramiento natural de petróleo.



A) Indicio activo de petróleo, asilado por muros.



B) Surgencia de petróleo.



C) Acumulacion de petróleo y desechos sólidos.



D) Pozo SPA 240.

Figura 54. Detalles fotográficos del indicio SA- CSPC IP-AC 014.

- *Indicio inactivo de petróleo - CSPC IP-IN 004.*

Informes y mapa geológico de las emanaciones del centro de Santa Paula (Figura 55a), indicaban la ubicación de otro indicio superficial cercano a los descritos anteriormente. La visita de campo y la ortofoto mostraron el lugar donde existió un indicio superficial, para continuar con el inventario este indicio se clasificó como indicio inactivo de petróleo denominado EC-SE SA-CSPC IP-IN 004, con las siguientes coordenadas geográficas de longitud $80^{\circ}55'25.6336''\text{O}$ y latitud $2^{\circ}15'08.2850''\text{S}$. El área del indicio muestra un suelo arenoso color marrón oscuro, con socavones pocos profundos que aumentan el color de la arena (Figuras 55b y c). En el año 2004 los indicios dentro del área reportada como inactiva presentaban surgencia de petróleo al igual que las otras emanaciones que en la actualidad siguen paulatinamente expulsando petróleo.

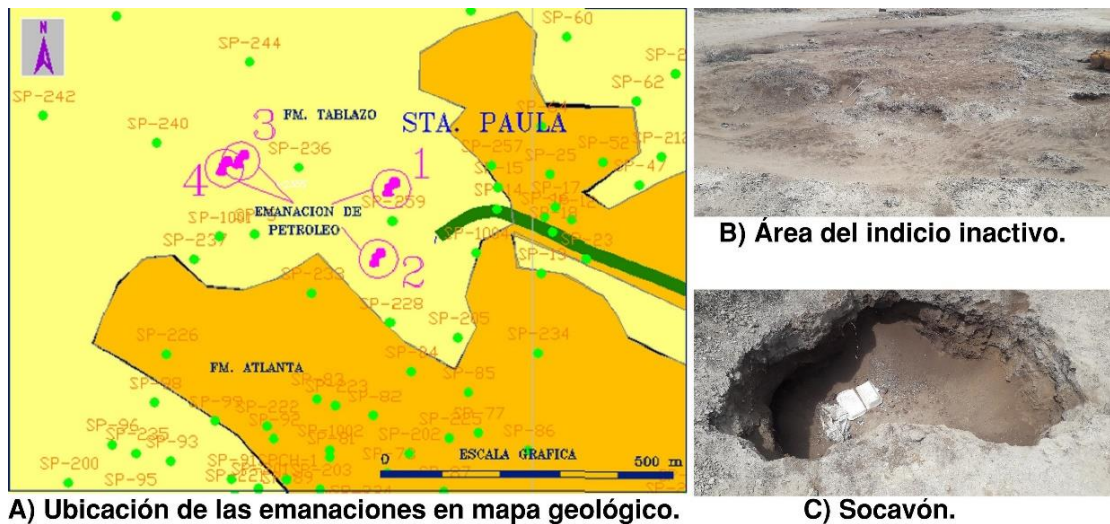


Figura 55. Ubicación del indicio SA- CSPC IP-IN 004.

- *Indicio en área Santa Paula – Lago CSPL IP-IN 015.*

El lago en el sector Santa Paula es creado por las aguas lluvias provenientes de los canales cercanos como el canal Valparaíso y el canal Costa de Oro, evidencia la surgencia de hidrocarburos en uno de sus brazos con agua estancada, como se observa en la figura 56 encerrada por un círculo.



Figura 56. Ubicación del indicio SA- CSPL IP-AC 015.

El indicio activo de petróleo se encuentra dentro del lago (Figura 57a), para georreferenciar el indicio se tomó las coordenadas geográficas del punto de acumulación del indicio (Figura 57b). Las coordenadas en longitud son 80°55'27.7134"O y latitud 2°15'12.6662"S, el indicio dentro del inventario fue identificado como EC-SE SA-CSPL IP-AC 015, el indicio se extiende en un perímetro aproximado de 178 m.

La surgencia del petróleo se da en las fracturas del suelo y se desplaza por las orillas del lago (Figura 57c), entrando en contacto con el agua, para luego ser desplazadas por toda el área del brazo del lago, movimiento que dependerá de la circulación del aire en el lago (Figura 57d).

El petróleo desplazado buscará un lugar para acumularse en pequeñas y grandes cantidades, la figura 57e muestra la impregnación de petróleo en las orillas del lago; además, de la impregnación en la vegetación cercana al indicio de petróleo, impregnado en sus raíces.



A) Indicio activo de petróleo en el lago.



B) Acumulación de petróleo.



C) Surgencia del petróleo.



D) Desplazamiento del petróleo.



E) Impregnación del petróleo.

Figura 57. Fotografías del indicio de petróleo dentro del lago.

- *Indicios en área Santa Paula – sur.*

Los indicios activos e inactivos en el sur del campus Santa Paula (Figura 58), son visibles debido a su forma (huecos en el suelo) y al color negro propio del petróleo que tiene acumulado en el centro de sus estructuras convexas. Los indicios quedan cercanos al lago y el canal Valparaíso que atraviesa el sector sur de Santa Paula. Los indicios activos están encerrados por el círculo rojo de la figura 58.



Figura 58. Indicios activos e inactivos de petróleo Santa Paula - sur.

Los indicios activos de petróleo, inventariados en este sector suman un total de cinco indicios, que fueron visibles físicamente en la visita de campo y en la ortofotografía.

El primer y segundo indicio se encuentran cerca, separados por una distancia de ocho metros (Figura 59a), las emanaciones naturales se encuentran en huecos, formados a lo largo de todo el terreno, la forma de los huecos son convexas, haciendo que los indicios al momento de explusar el fluido, lo acumule en el centro de estas estructuras (Figura 59b).

El primer indicio fue identificado como EC-SE SA-CSPS IP-AC 016, con las siguientes coordenadas geográficas de latitud $2^{\circ}15'19.6295''S$ y longitud $80^{\circ}55'34.2846''O$ (Figura 59c), el indicio activo de petróleo tiene un perímetro aproximado de 21 m, el fluido viscoso de petróleo se encuentra en el centro de la emanación.

El suelo posee capas salinas, y son más notorias alrededor de las emanaciones, la surgencia ocurre alrededor del indicio dejando impregnado el petróleo en las orillas, o a su vez este petróleo puede ser desplazado y acumulado al centro de los huecos.

El segundo indicio fue identificado como EC-SE CSPA IP-AC 017 con las coordenadas UTM 9750706.635 N y 508219.339 E, el volumen de petróleo acumulado es menor al indicio CSPA IP-AC 016, la surgencia del petróleo tiene un proceso lento, dejando desplazado e impregnado sobre la arena el petróleo, el perímetro de la emanación es aproximado de 17 m (Figura 59d).

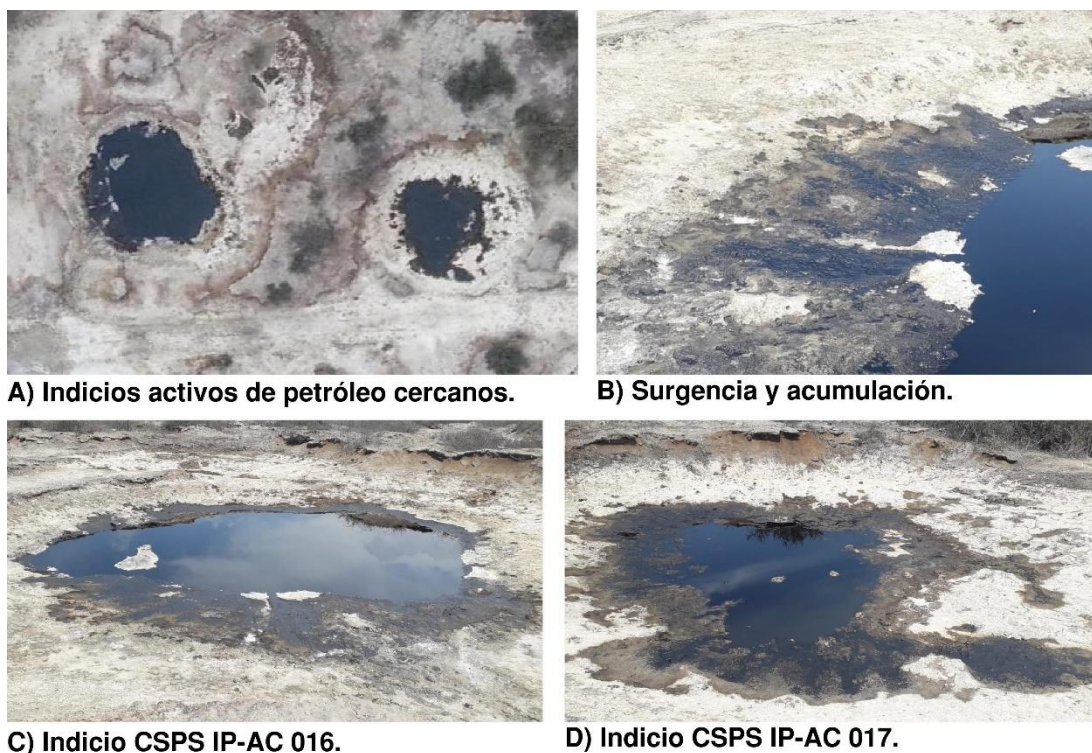


Figura 59. Detalles fotográficos de los indicios CSPA IP-AC 016 y 017.

El tercer indicio de petróleo identificado como EC-SE SA-CSPA IP-AC 018, se encuentra alejado de los indicios CSPA IP-AC 016 y 017, con una distancia entre 35 y 40 m, el indicio se encuentra cercano al lago con una distancia de 10 m, para georreferenciar el indicio se tomó las siguientes coordenadas geográficas de longitud $80^{\circ}55'33.7486''\text{O}$ y latitud $2^{\circ}15'18.2254''\text{S}$.

El indicio se encuentra con agua, creando un volumen mayor al de la filtración original de petróleo, así mismo al poseer agua salina, crea las capas de sal que son compactadas

y forman sales alrededor de la emanación (Figura 60). El suelo donde se encuentran las emanaciones activas posee dos capas una de un conglomerado compacto y una arenisca rica en hidrocarburos y nutrientes. El petróleo surge del centro de la estructura, formando películas de petróleo que son desplazadas y acumuladas en una de las esquinas del hueco donde se aloja la emanación.



Figura 60. Indicio activo de petróleo CSPS IP-AC 018.

La cuarta y quinta emanación se encuentran juntas, separadas por una distancia de cinco metros (Figura 61a), un conglomerado compacto que tiene conchas incrustadas, se encuentra en la superficie cercana al indicio, mientras en el interior de los huecos se encuentra una arena fina, que deja pasar el petróleo a la superficie. La surgencia de petróleo se da por medio de las grietas del lugar (Figura 61b); sin embargo, las otras características son similares al primer y segundo indicio.

El cuarto indicio de petróleo fue identificado como EC-SE SA-CSPS IP-AC 019, con las coordenadas UTM 9750714.816 N y 508254.312 S, tiene un perímetro de 18 m (Figura 61c).

El quinto indicio directo de petróleo fue identificado como EC-SE SA-CSPS IP-AC 020, con las siguientes coordenadas de longitud $80^{\circ}55'32.3624''\text{O}$ y Latitud $2^{\circ}15'18.9916''\text{S}$, posee un perímetro de 15 m (Figura 61d).



Figura 61. Fotografías de los indicios CSPS IP-AC 019 y 020 en Santa Paula - sur.

El sexto indicio directo activo de petróleo, se encuentra alejado de los indicios CSPS IP-AC 016, 017, 018, 019 y 020. El indicio de petróleo tiene un perímetro mayor a los descritos anteriormente en la zona sur de Santa Paula, aproximado el perímetro es de 15 m por 25 m. La emanación se encuentra cerca del canal natural de Valparaíso aproximadamente a 100 m, y a pozos petroleros como SPA 221 y SPA 099, que se encuentran en paro transitorio (Figura 62a).

El indicio activo fue identificado como EC-SE SA-CSPS IP-AC 021, con las siguientes coordenadas geográficas de longitud $80^{\circ}55'30.2745''\text{O}$ y latitud $2^{\circ}15'22.3592''\text{S}$ (Figura 62b), indicio que paulatinamente expulsa petróleo. La surgencia se extiende por las paredes de la emanación y se acumula en el centro de esta, formando capas asfálticas de un petróleo viscoso; además, de las capas salinas que se forman alrededor de los indicios tanto activos como inactivos del sector (Figura 62c).

El petróleo en el indicio se encuentra impregnando en las paredes del indicio, quedando gran cantidad de petróleo impregnado (Figura 62d), cercana a la emanación se encuentra el pozo SPA099 aproximadamente a 15 m, el pozo no presenta problemas de petróleo intermitente a sus alrededores (Figura 62e).

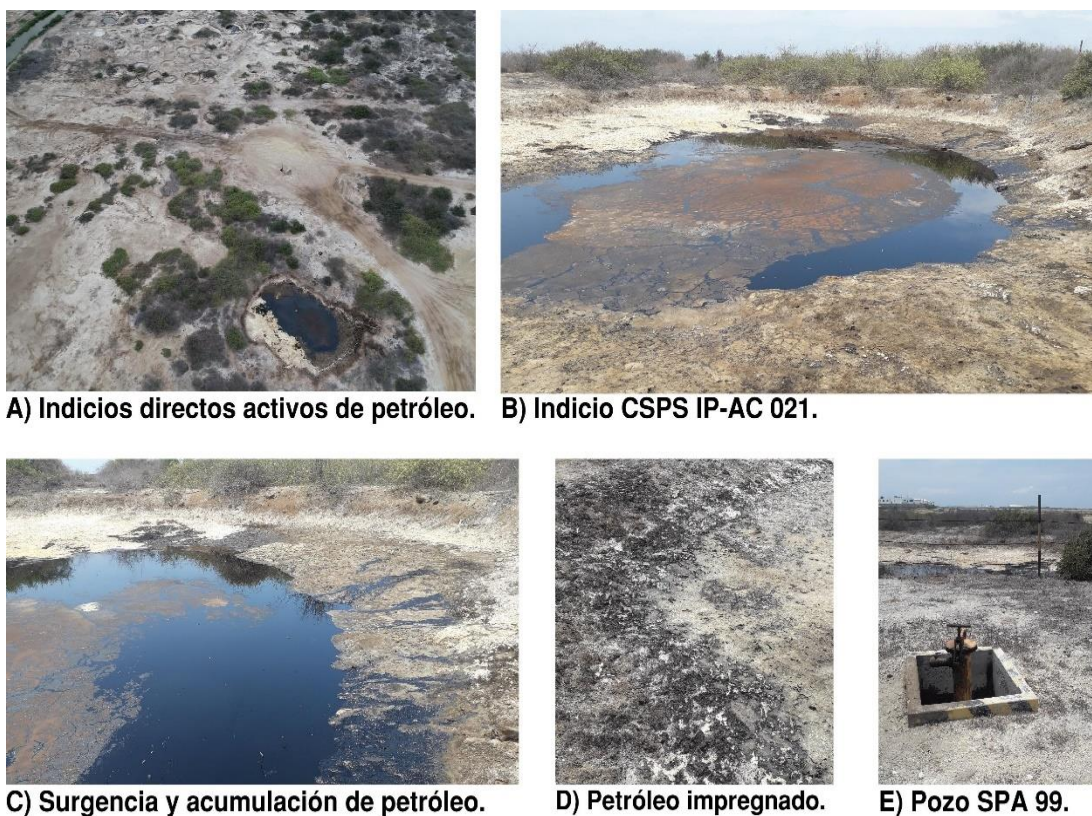


Figura 62. Detalles fotográficos del indicio CSPS IP-AC 021 en Santa Paula.

El sector de estudio también reportó un indicio inactivo global para esta zona.

El indicio inactivo identificado como EC-SE SA-CSPS IP-IN 005, será georreferenciado con las siguientes coordenadas de longitud $80^{\circ}55'33.5512''\text{O}$ y latitud $2^{\circ}15'18.7745''\text{S}$.

Los huecos que presentan indicios inactivos tienen un perímetro entre 10 a 15 metros (Figura 63a).

El indicio fue inventariado debido a las características que presenta el suelo con petróleo intermitente en los huecos, y en rocas que al ser removidas ponen en evidencia la impregnación del petróleo (Figura 63b).

Las rocas erosionadas cercanas a los huecos, tienen petróleo impregnado, que es visible y se puede percibir un fuerte olor a hidrocarburo proveniente de las rocas (Figura 63c).



A) Lugares que presentan indicios directos inactivos de petróleo.



B) Conglomerado con petróleo.



C) Roca erosionada con petróleo.

Figura 63. Fotografías del indicio inactivo CSPS IP-IN 005 en Santa Paula - sur.

- ***Indicio en Canal Valparaíso.***

El sector fue dividido en tres zonas de inspecciones para conocer el tipo de indicio presente en el canal Valparaíso:

Zona uno: Inició en la parte final del lago, hasta el sitio donde inicia el área ya señalizada por Pacifpetrol como afloramiento natural de petróleo (Figuras 64a y b),

Zona dos: Comprende los dos tramos siguientes que presentan el afloramiento del petróleo en el canal.

Zona tres: Comprende los dos tramos siguientes que llegan hasta la carretera asfaltada vía Punta Carnero (Figuras 64c y d).



A) Zona uno del canal.



B) Zona dos del canal.



C) Zona tres del canal.



D) Salida del canal.

Figura 64. Canal de aguas lluvias Valparaíso.

Indicio activo de petróleo - CV IP-AC 022.

EL indicio directo activo de petróleo identificado como EC-SE SA-CV IP-AC 022, con las siguientes coordenadas geográficas de longitud $80^{\circ}55'30.0263''\text{O}$ y latitud $2^{\circ}15'41.9966''\text{S}$. El canal tiene una longitud de aproximadamente de dos kilómetros, y en 500 metros del canal es evidente la surgencia, desplazamiento y acumulación de petróleo.

El indicio tiene dos vías de surgencia a la superficie, la primera en visualizar es la surgencia en grietas de las paredes del canal, y la segunda se da sobre la corriente de agua del canal, expulsando el hidrocarburo en forma de burbujas que se esparcen de forma circular (Figuras 65a y b). El petróleo proveniente de la emanación entra en curso con el agua del canal, desplazándose por todo el tramo en el que se encuentre, dependiendo del flujo de la corriente de agua y la acción del viento (Figura 65c).

El petróleo es acumulado en los extremos de cada tramo o en los diques de contención, construidos para no dejar pasar gran cantidad de hidrocarburos presentes en el agua del canal.

La acumulación deja impregnado el petróleo en el material pétreo con el que se construyó el canal o impregnándose en las malezas que crecen en las orillas del canal (Figura 65d y e).

La emanación se mantiene constante en este sector, por lo que las autoridades competentes, realizan una limpieza continua en el canal, y ponen en acción planes para mitigar la surgencia de petróleo, entre los planes se tiene a los diques de contención construidos y las salchichas absorbentes colocadas en diferentes puntos estratégicos del canal, estos planes son importante para que el indicio no llegue a desembocar en las costas de Mar Bravo.



A) Surgencia en paredes del canal.



B) Surgencia dentro del canal.



C) Desplazamiento.



D) Acumulación en esquina del canal.



E) Acumulación al final del tramo.

Figura 65. Fotografías del indicio de petróleo en Canal Valparaíso.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los indicios directos de hidrocarburos en los cantones de estudios fueron identificados y descritos mediante un mapa interactivo georreferenciado que incorpora una base de datos de identificación, ubicación y observaciones de campo.

El mapa interactivo describe el primer inventario de emanaciones naturales en la provincia de Santa Elena, basado en sistemas de información geográfica, recopilación de información y visitas de campo a los lugares reportados con presencia de indicios superficiales de hidrocarburos.

La base de datos comprende actualmente un total de 33 emanaciones, de las cuales 23 están activas, 6 están inactivas y 4 son reportadas como históricas. La mayoría de los afloramientos naturales son indicios de petróleo (87,88%), mientras los indicios de gas (6.06 %), así mismo los indicios solidos (6,06%).

Se identificaron 16 lugares con presencia de hidrocarburos proveniente de las emanaciones naturales, el lugar que más emanaciones presentó fue el sector de Santa Paula en la parroquia José Luis Tamayo, con 13 indicios superficiales. Los indicios activos de petróleo están en constante surgencia en lugares vinculados con un caudal de agua, siendo este un lago, una albarrada o canales de aguas lluvias.

El mapa interactivo del inventario está disponible en: <https://ispecuse.blogspot.com/>. Los detalles fotográficos expuestos para cada indicio en el mapa ayudan a describir el estado actual, evidenciando los puntos surgencia, acumulación y características del entorno donde se encuentra la emanación.

5.2. RECOMENDACIONES

Realizar nuevos estudios que permitan establecer el origen de la emanación, el estudio de la distribución de biomarcadores validaría la información recopilada en el inventario, seleccionando las emanaciones activas de diferentes lugares reportados en la investigación.

Mantener y mejorar las técnicas de mitigación en los lugares que presentan una mayor surgencia de petróleo en los lugares reportados con afloramientos naturales de hidrocarburo.

Recopilar información a nivel provincial sobre los afloramientos naturales de hidrocarburos, añadiendo al cantón Santa Elena, como nuevo objetivo de estudio y conocer los diferentes tipos de indicios superficiales que se presentan en el cantón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aminzadeh, F., y Dasgupta, S. N. (2013). Fundamentals of Petroleum Geology. *Developments in Petroleum Science*, 60, 15-36. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50662-7.00002-0>
- Armijos, D., y Oña, J. (2018). *Metodología para generar las curvas de presión de formación y presión de fractura mediante un algoritmo a partir de los registros de pozo en el campo Gustavo Galindo Velasco*. (July), 1-23.
- Asadzadeh, S., y De Souza, C. (2017). Spectral remote sensing for onshore seepage characterization: A critical overview. *Earth-Science Reviews*, 168, 48-72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.004>
- Benitez, S. (1995). *Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire*.
- Cabanillas, L., Carstens, G., Lovecchio, J. P., Marshall, P., Rébora, L., Soldo, J. C., ... Vergani, G. (2013). Hidrocarburos Convencionales y no Convencionales. *Asociación Argentina de Geólogos y Geofísicos del Petróleo*, 23(Agosto-Septiembre), 40-48. Recuperado de <http://rch.retina.ar/hoy134/HIDROCARBUROS.pdf>
- Calderón, A. (2014). Estudio de los ciclos de trabajo utilizando el echometer para aumentar la eficiencia de los equipos de bombeo mecánico en las secciones 67 y tigre del campo Gustavo Galindo Velasco. *Tesis de grado*, 97.
- Chipe, L., y Panchana, F. (2015). Estudio de los pozos productivos y abandonados como fuente de contaminación de hidrocarburos y su impacto ambiental en el sector de Santa Paula del cantón Salinas. *tesis*, 214.
- Christiansen, F. G., y Bojesen-Koefoed, J. A. (2021). Inventory of onshore petroleum seeps and stains in Greenland: a web-based GIS model. *GEUS Bulletin*, 47, 1-20. <https://doi.org/10.34194/geusb.v47.6519>
- Clarke, R. H., y Cleverly, R. W. (1991). Petroleum seepage and post-accumulation migration. *Geological Society Special Publication*, 59(59), 265-271. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1991.059.01.17>
- Cuenca, E. (2020). *Caracterización de litofacies y petrofacies de los pozos Morillo 1, 2, 4, 5, 15 y 17 del campo Gustavo Galindo Velasco, para definición de tipos de roca: Península de Santa Elena-Ecuador*.
- Donev, J., y Sheardown, A. (2019). cap rock. Recuperado de ENERGY EDUCATION website: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Cap_rock#cite_ref-2
- Escalada, D., Guerrero, W., y Narváez, V. (2015). Evaluación de la saturación de derivados de hidrocarburos en el substrato rocoso de la refinería la Libertad. *Tesis*, (2), 109.
- Etiopie, G. (2009). A Global Dataset of Onshore Gas and Oil Seeps: A new Tool for Hydrocarbon Exploration. *Oil and Gas Business*, 1-10. Recuperado de <http://www.earth-prints.org/handle/2122/6040>
- Etiopie, G. (2015). Natural gas seepage. En *The Earth's Hydrocarbon Degassing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14601-0>
- Fonseca, C. (2012). Aplicación del análisis cromatográfico de gases para la evaluación

- de hidrocarburos en los reservorios “u” inferior y “t” inferior de un campo del oriente ecuatoriano. *Tesis de grado*, 154.
- Garain, S., Mitra, D., y Das, P. (2021). Mapping hydrocarbon microseepage prospect areas by integrated studies of ASTER processing, geochemistry and geophysical surveys in Assam-Arakan Fold Belt, NE India. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102(March), 102432. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102432>
- García, N. (2010). Estudio y evaluación de las perspectivas gasopetrolíferas del sector Majaguillar – Marti. *TESIS*, 101. Recuperado de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2461/4/TFLACSO-2010ZVNBA.pdf>
- Hernández, V. (2011). La regulación de las energías de origen fósil y de los biocombustibles. *Regulación Minera y Energética*, 4, 21.
- Hidalgo, A., y Aguirre, M. (2015). *Estudio técnico-económico de inyección alternada de nitrógeno huff & puff para recuperación mejorada de petróleo en pozos del campo Gustavo Galindo Velasco*.
- Ionescu, A., Burrato, P., Baciú, C., Etiope, G., y Kis, B. M. (2017). Inventory of onshore hydrocarbon seeps in Romania (HYSED-RO database). *Geosciences (Switzerland)*, 7(2), 1-16. <https://doi.org/10.3390/geosciences7020039>
- Jaillard, E., Lapierre, H., Ordonez, M., Alava, J. T., Amortegui, A., Vanmelle, J., ... Amortegui, A. (2009). *Accreted oceanic terranes in Ecuador : Southern edge of the Caribbean plate ?*
- Judd, A., y Hovland, M. (2007). Seabed fluid flow: the impact on geology, biology, and the marine environment. *Choice Reviews Online*, 45(01), 45-0294-45-0294. <https://doi.org/10.5860/choice.45-0294>
- León, E., y Dumet, C. (2011). *Aplicación del software global mapper en la asignatura de propagación de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones*.
- Link, W. K. (1952). Significance of oil and gas seeps in world oil exploration. *AAPG Bulletin*, 36(8), 1505-1540. Recuperado de <http://archives.datapages.com/data/bulletns/1949-52/data/pg/0036/0008/1500/1505.htm?doi=10.1306%2F5CEADB3F-16BB-11D7-8645000102C1865D>
- Logan, G. A., Jones, A. T., Kennard, J. M., Ryan, G. J., y Rollet, N. (2010). Australian offshore natural hydrocarbon seepage studies, a review and re-evaluation. *Marine and Petroleum Geology*, 27(1), 26-45. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2009.07.002>
- López, C. (2015). Elementos conceptuales para dispositivo de rastreo de trampas de petróleo usando señales electromagnéticas inducidas. *Tesis*, 151, 10-17. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Lorenzo, E., Martínez, M., y Morato, A. (2019). *Biomarcadores como herramientas para la determinación del origen de emanaciones de hidrocarburos: surgencia de La Libertad, Ecuador, agosto 2016*. 827-836.
- Lorenzo, E., y Morato, A. (2018). Geología Del Petróleo. En *Editorial UPSE* (Vol. 1).
- Loya, D. (2013). Tecnologías para la restauración de suelos contaminados por hidrocarburos. *Tesis de grado. Universidad Veracruzana*, (Tesina para obtención de especialista en gestión e impacto ambiental), 94.
- Luque Revuelto, R. M. (2011). *Uso de la cartografía y la imagen digital*. 183-210.

- Macgregor, D. S. (1993). Relationships between seepage, tectonics and subsurface petroleum reserves. *Marine and Petroleum Geology*, 10(6), 606-619. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(93\)90063-X](https://doi.org/10.1016/0264-8172(93)90063-X)
- Magoon, L. B. (1988). Petroleum systems of the United States. *US Geological Survey Bulletin*, 1870.
- Moncayo Calvache, V., y Ardila Fernández, A. F. (2021). *Cartilla para el levantamiento de información geográfica de los centros de investigación de AGROSAVIA: 2020*. 60 páginas. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36708>
- Morales, S. (2012). Recuperación secundaria en campos de petróleo y su convención en almacenamiento subterráneos de gas natural. *ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS*, 171.
- Núñez, A. (2018). *Sistema de información geográfica de la empresa agropecuaria «Valle de Yabú»*.
- Prado, I. (2021). *The logistics behind O & G industry : case study analysis*.
- Rafferty, J., Lotha, G., McLeroy, P., Rodriguez, E., y Curley, R. (2021). The origins of petroleum and the development of the petroleum industry. Recuperado de Britannica website: <https://www.britannica.com/science/petroleum>
- Rodríguez, D., y Pilasagua, J. (2014). Estudio de Factibilidad para la Implementación del Sistema de Bombas de Cavidades Progresivas en el Campo “Gustavo Galindo Velasco” Ubicado en la Provincia de Santa Elena. *Tesis*.
- Rodríguez, J., y Zelaya, C. (2021). *QGIS: Sistemas de Información Geográfica. Guía metodológica - Módulo IV diplomado*. 87.
- Ruiz, A. (2019). La biorremediación como técnica para la descontaminación de suelos contaminados por hidrocarburos nn los municipios del bloque Cpo9. *Tesis*, 1-9.
- Selley, R. C., y Sonnenberg, S. A. (2015a). The Physical and Chemical Properties of Petroleum. *Elements of Petroleum Geology*, 13-39. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-386031-6.00002-3>
- Selley, R. C., y Sonnenberg, S. A. (2015b). Traps and Seals. En *Elements of Petroleum Geology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-386031-6.00007-2>
- Tuz, M., y León, J. (2013). *Evaluación histórica del riesgo geológico durante la exploración petrolera en la cuenca oriente y su proyección a futuras exploraciones*. 150. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6354/1/CD-4873.pdf>
- Vejar, M. (1998). *Manifestaciones de hidrocarburos en ambiente deltaico, de la formación San Miguel en la subcuenca Fuentes Rio Escondido, noreste de México*. 136.
- Veloz, E. (2015). Afloramiento de Hidrocarburos en el Sector Valparaíso del Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena – Ecuador. *Revista Técnica «Energía»*, 11(1), 68-76. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v11.n1.2015.73>
- Ward, C. H. (2017). Habitats and biota of the Gulf of Mexico: Before the deepwater horizon oil spill. Volume 2: Fish Resources, Fisheries, Sea Turtles, Avian Resources, Marine Mammals, Diseases and Mortalities. En *Habitats and Biota of the Gulf of Mexico: Before the Deepwater Horizon Oil Spill* (Vol. 1). Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4939-3447-8>
- Yagual, K. (2020). *Técnicas de recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos aplicables en el cantón Salinas*. Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5345>

- Zheng, G., Xu, W., Etiope, G., Ma, X., Liang, S., Fan, Q., ... Li, Y. (2018). Hydrocarbon seeps in petroliferous basins in China: A first inventory. *Journal of Asian Earth Sciences*, 151, 269-284. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2017.10.037>
- Zuñiga, D. (2020). *Prospectividad hidrocarburífera del pre-Aptiense en los Bloques 64 y 65, con base en información de pozos y sísmica 2D-3D*. 117.
- Zuñiga, O. (2020). Aplicación de un sig (qgis) para determinar el uso potencial del suelo con base en la plataforma sipra en el municipio de planeta rica córdoba. (Vol. 21).

ANEXOS

ANEXO A.

Tablas de resultados obtenidos del inventario según el tipo y estado de los indicios.

Tabla 5. Inventario de los indicios de petróleo (activo, inactivo e histórico).

Indicio de petróleo (Activo)	Indicio de petróleo (Inactivo)	Indicio de petróleo (Histórico)
LL-BPA IP-AC 001	LL-RLL IP-IN 001	LL-MLL IP-HI-001
LL-ACM IP-AC 002	LL-BLM IP-IN 002	LL-BVC IP-HI 002
LL-ME IP-AC 003	SA-CP IP-IN 003	
LL-YCPL IP-AC 004	SA-CSPC IP-IN 004	
LL-BLP IP-AC 005	SA-CSPS IP-IN 005	
LL-BLP IP-AC 006		
LL-BVC IP-AC 007		
SA-PPL IP-AC 008		
SA-CCO IP-AC 009		
SA-PSL IP-AC 010		
SA-BSR IP-AC 011		
SA-CSPC IP-AC 012		
SA-CSPC IP-AC 013		
SA-CSPC IP-AC 014		
SA-CSPL IP-AC 015		
SA-CSPS IP-AC 016		
SA-CSPS IP-AC 017		
SA-CSPS IP-AC 018		
SA-CSPS IP-AC 019		
SA-CSPS IP-AC 020		
SA-CSPS IP-AC 021		
SA-CV IP-AC 022		

Tabla 6. Inventario de los indicios de gas (activo, inactivo e histórico).

Indicio de gas (Activo)	Indicio de gas (Inactivo)	Indicio de gas (Histórico)
LL-BVC IG-AC 001		LL YCPL IG-HI 001

Tabla 7. Inventario de los indicios sólidos (activo, inactivo e histórico).

Indicio sólido (Activo)	Indicio sólido (Inactivo)	Indicio sólido (Histórico)
	SA-PPL IS-IN 001	LL-MS IS HI 0001

Las tablas cinco, seis y siete, comprenden la identificación que se asignó a cada indicio de petróleo, con un código de siete caracteres.

Los dos primeros caracteres no se encuentra en la tabla, por estar presentes en todos los indicios los caracteres corresponden al país y provincia donde surgen las emanaciones naturales de hidrocarburos (EC-SE = Ecuador – Santa Elena).

El tercer y cuarto carácter corresponde al cantón en el que se encuentra la emanación (LL = La Libertad y SA= Salinas).

El cuarto carácter corresponde a un lugar específico o de referencia donde aparece la emanación, estos pueden ser, instituciones, barrios, campus petroleros, playas y canales de aguas lluvias, ejemplo (BPA= barrio Panorama, PPL = playa Puerto Lucía).

El quinto apartado corresponde a tipo de indicio directo (IP= Indicio de petróleo, IG = Indicio de gas y IS = Indicio sólido),

El sexto carácter corresponde al estado en que se encuentre el indicio (AC= Activo, IN= Inactivo y HI= Histórico).

El último carácter corresponde al número en que fueron inventariados los indicios.

ANEXO B.

Tabla de resultados totales obtenidos del inventario según el tipo y estado de los indicios.

Tabla 8. Resultados totales de los indicios directos superficiales.

Tipo - Estado	Activo	Inactivo	Histórico	Total
Petróleo	22	5	2	29
Gas	1	0	1	2
Sólido	0	1	1	2
Total	23	6	4	33

La tabla ocho comprende los resultados totales obtenidos al finalizar el inventario. Indicios de petróleo un total de 29, divididos según el estado 22 en estado activo, cinco en estado inactivo y dos en estado histórico.

La sumatoria de todos los indicios presentes en los cantones de estudios son de 33 indicios directos superficiales.

Indicios de gas un total de dos, divididos según su estado uno en estado activo y otro en estado histórico.

Los indicios sólidos suman un total de dos, divididos según el estado en uno inactivo y otro en estado histórico.




Los indicios activos en los cantones de estudio suman un total de 23, divididos según el tipo de petróleo 22 y uno de gas.

Los indicios inactivos suman un total de seis, cinco de petróleo y un indicio sólido.

Los indicios históricos suman un total de cuatro, divididos en dos de petróleo, un indicio de gas y otro indicio sólido.

ANEXO C

Base de datos de indicios activos.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA Facultad de Ciencias de la Ingeniería Ingeniería en Petróleo 		
BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO		
CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Barrio Panorama	BPA
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-BPA IP-AC 001	
CAMPO DE LOCALIZACIÓN		
Coordenadas geográficas		
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")	
80°52'42.2092"O	2°13'27.2687"S	
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17		
Norte (m)	Este (m)	
9754152.710	513521.870	
Medidas del lugar		
Área (m ²)	Perímetro (m)	
72	34 (9 m de largo y 8 m de ancho)	
CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL		
Referencia	No existen estudios.	
Eventos suscitados	La surgencia de petróleo a la superficie inicia en enero del 2018, según moradores y las vistas temporales de Google Earth Pro.	
Observaciones en la visita de campo	La emanación se encuentra impregnada en el suelo con el 70%, mientras el 30% tiene petróleo líquido como se puede observar en las fotografías. El suelo esta fracturado en la parte inclinada del indicio.	
Evidencias fotográficas		





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Albarrada tras la constructora morocho	ACM
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-ACM IP-AC 002	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°52'51.8990"O	2°13'24.4240"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754240.074	513222.591
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
7872 cubre el área de la albarrada	421 cubre el perímetro de la albarrada

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	En temporadas invernales la albarrada aumenta su volumen de agua, desplazando las láminas de petróleo y aumentando el volumen de hidrocarburo. Aproximadamente la albarrada se presentó hace 22 años.
Observaciones en la visita de campo	La emanación se encuentra sobre la albarrada que permanece con agua durante todo el año, creando películas de hidrocarburos en la parte céntrica de la albarrada, el indicio superficial de petróleo tiende a acumularse en las paredes de la albarrada quedándose impregnado por mucho tiempo, uno de sus extremos está contaminado con basura donde el petróleo también ha buscado acumularse. El indicio de petróleo también se encuentra impregnando en la arena iniciando una pendiente cerca de la albarrada. Formando manchas de petróleo con medidas de (1,50 m x 0,50 m) y (1m x 0,30 m).
Evidencias fotográficas	 



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Megaterio	ME
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-ME IP-AC 003	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°52'54.9299"O	2°13'04.8547"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754840.927	513129.025
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
Sección uno 1164	Sección uno 44.34
Sección dos 312	Sección dos 25.89

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	Paulatinamente se recoge el petróleo de las emanaciones y es procesado por la refinera, como planes de contención para mantener el área sin anomalías.
Observaciones en la visita de campo	La emanación se encuentra en las afuera de la refinera, la descripción se realizó por medio de ortofotos, tomadas por el dron Dji Mavic 2 Pro, junto con la visualización en la aplicación Global Mapper y la visita de campo.
Evidencias fotográficas	 




UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Yacht club de Puerto Lucia	YCPL
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-YCPL IP-AC 004	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'19.11"O	2°13'15.13"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754525.84 S	508675.69 E
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
3799	355

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios realizados.
Eventos suscitados	Surgencia en años 2014, 2016 y 2017. Inspección en 2016 debido a afloramiento del malecón La Libertad.
Observaciones en la visita de campo	La visita de campo no se la puedo realizar, pero las evidencias publicadas por la empresa y turistas ayudan a describir la surgencia del indicio de petróleo. El dron puedo tomar fotografías al área de estudio, reportando una la limpieza periódica del canal que se realiza al momento de la surgencia del afloramiento natural. La parte del círculo, presenta películas de petróleo.
Evidencias fotográficas	




UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Barrio la Propicia	BLP
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-BLP IP-AC 005	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°53'135149"O	2°14'14.9810"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9752687.860	512554.813
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
Acumulación uno 5.4	Acumulación uno 10.485
Acumulación dos 0.5	Acumulación dos 2.695
Acumulación tres 5.6	Acumulación tres 11.502

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	La surgencia de petróleo a la superficie presenta surgencia de petróleo en 2014, alarmando a las autoridades y moradores del sector.
Observaciones en la visita de campo	La emanación se encuentra impregnada y acumulada en canal de aguas lluvias con un 60%, mientras el 40% del canal se no presenta indicios de petróleo como se puede observar en las fotografías. La emanación esta cerca de diques de contención y pozos petroleros.
Evidencias fotográficas	



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Barrio la Propicia	BLP
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-BLP IP-AC 006	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°53'16.9558"O	2°14'13.7313"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9752726.239	512448.557
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
9,7	17.319

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	La surgencia de petróleo a la superficie presenta surgencia de petróleo en 2014, alarmando a las autoridades y moradores del sector.
Observaciones en la visita de campo	La medida longitudinal del canal es de 100 m, siendo ocho metros del canal los que presentan la surgencia y acumulación del indicio de petróleo. El petróleo líquido tiende a impregnarse en las paredes del canal, mientras otras láminas de petróleo son desplazadas por la corriente de agua, acumulando petróleo en los ductos cajones siguientes.
Evidencias fotográficas	





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Barrio Virgen del Cisne	BVC
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE LL-BVC IP-AC 007	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°53'34.5554"O	2°14'06.3967"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9752951.474	511904.985
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
9,7	17.319

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	La surgencia de petróleo ocurre en el canal de agua lluvias que pasa por el sector, posee paredes de hormigón construidas en 2010 y en 2020 se construye los ductos cajones en los canales de aguas lluvias, y así poder interconectar las calles del barrio.
Observaciones en la visita de campo	La medida longitudinal del canal es 530 m de largo, siendo tres tramos del canal los que presentan la surgencia y acumulación del indicio de petróleo. El petróleo líquido tiende a desplazarse formando láminas de petróleo movidas por la corriente de agua, acumulando petróleo en los ductos cajones.
Evidencias fotográficas	 



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Playa Puerto Lucía	PPL
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-PPL IP-AC 008	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'24.6498"O	2°13'11.4517"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754638.681	508504.655
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
2,4	6,275

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	La surgencia de petróleo a la superficie se manifiesta en el cubeto de contención en temporadas de aguaje, subiendo el nivel de petróleo acumulado. en el cubeto de 2m x 2m.
Observaciones en la visita de campo	La medida longitudinal de largo y ancho del cubeto que acumula el petróleo proveniente de la emanación natural es de 2m x 2m.
Evidencias fotográficas	  



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Canal Costa de Oro	CCO
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-CCO IP-AC 009	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'35.0341"O	2°13'18.8986"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754410.051	508183.907
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
79,4	400

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	En el año 2017 la Dirección de Gestión Ambiental con coordinación de Obras Públicas y EP PETROECUADOR realizó el respectivo mantenimiento del canal Costa de Oro. En 2018, se realizó trabajos coordinados con EP PETROECUADOR y el Gad Municipal Salinas como la colocación de salchichas absorbentes en tres tramos. A lo largo de los últimos se han realizado inspecciones en campo en el sector Costa de Oro, canal de aguas lluvias.
Observaciones en la visita de campo	El canal aun no cuenta con paredes de hormigón, lo que favorece a los indicios naturales, para su surgencia a la superficie, la impregnación de petróleo en las paredes del canal es notorio en todo el tramo que presenta surgencia de emanaciones.
Evidencias fotográficas	





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Playa San Lorenzo	PSL
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-PSL IP-AC 010	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°57'18.6445"O	2°12'07.2014"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9756611.517	504983.795
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
Los puntos de surgencias se distribuyen en pequeñas áreas, distribuidas en el material rocoso.	Los puntos de surgencias se distribuyen en pequeñas áreas, distribuidas en el material rocoso.

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	En 2016, medios de comunicación informan la surgencia de afloramientos naturales en la playa de San Lorenzo Una extensa mancha negra, presumiblemente de petróleo, alertó el sector denominado 'Petrópolis', en la playa de San Lorenzo, Salinas. En cuestión de minutos un tramo de arena de aproximadamente 100 metros de longitud se volvió negra y se percibía en el ambiente el olor a petróleo.
Observaciones en la visita de campo	Los indicios surgen de las grietas que tienen las rocas, rocas pertenecientes a la formación cayo, el petróleo se desplaza fácilmente por el entorno debido al movimiento de las olas del mar.
Evidencias fotográficas	 



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Barrio San Raymundo	BSR
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-BSR IP-AC 011	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'18.7309"O	2°14'07.5553"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9751718.676	508687.315
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
273	67

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	La surgencia de la emanación inicio en 2007, el sector de la emanación fue intervenido en 2014, formando muros de contención para los afloramientos y así retener el indicio
Observaciones en la visita de campo	Los muros tienen forma rectangular con medidas 25m x 30m, la surgencia de petróleo actualmente se encuentra activa, acumulando todo el petróleo en un cubeto creado con los muros de material pétreo.
Evidencias fotográficas	 



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	LL
Sector de referencia	Campus Santa Paula - centro	CSPC
Tipo	Indicios de petróleo	IP
Estado	Activos	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-CSPC IP-AC 012 EC-SE SA-CSPC IP-AC 013 EC-SE SA-CSPC IP-AC 014	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
CSPC IP-AC 012 = 80°55'23.9350"O CSPC IP-AC 013 = 80°55'27.7526"O CSPC IP-AC 014 = 80°55'27.9962"O	CSPC IP-AC 012 = 2°15'08.8631"S CSPC IP-AC 013 = 2°15'09.0227"S CSPC IP-AC 014 = 2°15'07.9130"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
CSPC IP-AC 012 = 9751033.764 CSPC IP-AC 013 = 9751028.867 CSPC IP-AC 014 = 9751062.941	CSPC IP-AC 012 = 508526.542 CSPC IP-AC 013 = 508408.632 CSPC IP-AC 014 = 508401.111
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
CSPC IP-AC 012 = 535 CSPC IP-AC 013 = 157 CSPC IP-AC 014 = 118	CSPC IP-AC 012 = 93.786 CSPC IP-AC 013 = 55.397 CSPC IP-AC 014 = 12.901

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Estudios geológicos internos de la empresa Pacifpetrol.
Eventos suscitados	Adecuación de muros, en el año 2017 para que las acumulaciones de petróleo no se desplacen por los alrededores.
Observaciones en la visita de campo	Los tres indicios se encuentran cercanos, poseen un suelo arenoso, fácil para la creación de capas compactas de sal en los bordes donde emana el petróleo. El petróleo es viscoso para los afloramientos uno y tres. Los tres afloramientos poseen muros construidos para acumular el petróleo proveniente de las emanaciones.
Evidencias fotográficas	



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Campus Santa Paula - lago	CSPL
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-CSPL IP-AC 015	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'27.7134"O	2°15'12.6662"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9750917.002	508409.837
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
1189	178.13

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	Ningún evento suscitado, siendo un área de refugio para diversas aves migratorias, el indicio no afecta a las especies del sector.
Observaciones en la visita de campo	Se inspecciono todas las áreas posibles del lago, que tuvieran indicios de petróleo, dando como resultado la acumulación, desplazamiento y surgencia en un brazo del lago, actualmente es un brazo muy lejano al lago que contiene agua estancada, y el petróleo que acumula en la maleza del sector.
Evidencias fotográficas	




UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	LL
Sector de referencia	Campus Santa Paula - sur	CSPS
Tipo	Indicios de petróleo	IP
Estado	Activos	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-CSPS IP-AC 016 EC-SE SA-CSPS IP-AC 017 EC-SE SA-CSPS IP-AC 018 EC-SE SA-CSPS IP-AC 019 EC-SE SA-CSPS IP-AC 020 EC-SE SA-CSPS IP-AC 021	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
CSPS IP-AC 016 = 80°55'34.2846"O	CSPS IP-AC 016 = 2°15'19.6295"S
CSPS IP-AC 017 = 80°55'33.8809"O	CSPS IP-AC 017 = 2°15'19.5181"S
CSPS IP-AC 018 = 80°55'33.7486"O	CSPS IP-AC 018 = 2°15'18.2254"S
CSPS IP-AC 019 = 80°55'32.7485"O	CSPS IP-AC 019 = 2°15'19.2516"S
CSPS IP-AC 020 = 80°55'32.3624"O	CSPS IP-AC 020 = 2°15'18.9916"S
CSPS IP-AC 021 = 80°55'30.2745"O	CSPS IP-AC 021 = 2°15'22.3592"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
CSPS IP-AC 016 = 9750703.214	CSPS IP-AC 016 = 508506.868
CSPS IP-AC 017 = 9750706.635	CSPS IP-AC 017 = 508219.339
CSPS IP-AC 018 = 9750746.326	CSPS IP-AC 018 = 508224.427
CSPS IP-AC 019 = 9750714.816	CSPS IP-AC 019 = 508254.312
CSPS IP-AC 020 = 9750722.797	CSPS IP-AC 020 = 508266.239
CSPS IP-AC 021 = 9750619.398	CSPS IP-AC 021 = 508330.720
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
CSPS IP-AC 016 = 295	CSPS IP-AC 016 = 21.23
CSPS IP-AC 017 = 146	CSPS IP-AC 017 = 17.12
CSPS IP-AC 018 = 152	CSPS IP-AC 018 = 14.21
CSPS IP-AC 019 = 188	CSPS IP-AC 019 = 18.61
CSPS IP-AC 020 = 135	CSPS IP-AC 020 = 15.49
CSPS IP-AC 021 = 308	CSPS IP-AC 021 = 66.15

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	Ningún evento suscitado, siendo un área de refugio para diversas aves migratorias, el indicio no afecta a las especies del sector.
Observaciones en la visita de campo	Se realizo la visita de campo, junto con la planificación del vuelo con dron en el sector, describir cada uno de los indicios, sus formas, tipos de surgencia, acumulación y desplazamiento del petróleo. Los indicios activos se encuentran acumulados en orificios naturalmente creados, en la parte superior se encuentra un conglomerado compactos.
Evidencias fotográficas	 <p>The first photograph shows a small, circular pond with a dark brown, possibly oil-contaminated center, surrounded by dry, scrubby vegetation. The second photograph is a close-up of a light-colored, porous rock formation with a distinct hole or opening. The third photograph shows a wider landscape with a similar pond, a fence line in the foreground, and a clear sky in the background.</p>



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO



CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Canal Valparaíso	CV
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	AC
Identificación del indicio	EC-SE SA-CV IP-AC 022	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'30.0263"O	2°15'41.9966"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9750016.465	508338.353
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
4622	907

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Afloramiento de Hidrocarburos en el Sector Valparaíso del Cantón Salinas, Provincia de Santa Elena – Ecuador, estudio presentado por Veloz en el año 2015.
Eventos suscitados	En el año 2012, a raíz de la disposición del MAE se realizó una intervención integral en este sector, la cual incluyó las actividades de: desbroce, readecuación del área, cierre técnico de piscinas de sal, reconstrucción de diques, limpieza y control del hidrocarburo.
Observaciones en la visita de campo	Los puntos de acumulación fueron tomados, como puntos de referencia para georreferenciar en el mapa iterativo. La emanación en canal es constante y se acumula en los extremos de cada tramo cercano a los puntos de surgencia.
Evidencias fotográficas	


ANEXO D

Base de datos de indicios inactivos.

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA Facultad de Ciencias de la Ingeniería Ingeniería en Petróleo	
BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO		

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Refinería la Libertad	RLL
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	IN
Identificación del indicio	EC-SE LL-RLL IP-IN 001	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°53'2.83"O	2°12'58.57"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9755034.00	512885.00
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
142	44.8

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	Los eventos suscitados fueron recopilados de fotos tomadas por Google Earth Pro, con el objetivo de realizar una descripción de los distintos períodos.
Observaciones en la visita de campo	No se realizó debido a la accesibilidad al área de estudio.
Evidencias fotográficas	



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Barrio las Minas	BLM
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Activo	IN
Identificación del indicio	EC-SE LL-BLM IP-IN 002	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°53'37.47"O	2°14'21.14"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9752498.93	511814.95
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
280	94

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	Los eventos suscitados fueron recopilados de fotos tomadas por Google Earth Pro.
Observaciones en la visita de campo	Se realizó vuelo con dron, y las visitas de campo en el área de estudio. Recopilando fotos de los lugares, donde el petróleo se encuentra impregnado en las paredes del canal de agua lluvias y el desplazamiento de petróleo en el sector.
Evidencias fotográficas	



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Campus Petrópolis	CP
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Inactivo	IN
Identificación del indicio	EC-SE SA-CP IP-IN 003	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°57'20.0111"O	2°12'20.3376"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9756208.194	504941.573
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
1736	191.12

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	Los eventos reportados en 2016 en la playa de Puerto Lucía hicieron que tomaran en cuenta el área petrolera Petrópolis, para conocer la procedencia del petróleo en la playa.
Observaciones en la visita de campo	Se realizó vuelo con dron, y las visitas de campo en el área de estudio. Recopilando fotos de los lugares, donde el petróleo se encuentra impregnado en una de las paredes de la laguna.
Evidencias fotográficas	



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Campus Santa Paula - centro	CSPC
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Inactivo	IN
Identificación del indicio	EC-SE SA-CSPC IP-IN 004	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'25.6336"O	2°15'08.2850"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9751051.514	508474.081
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
Áreas pequeñas, donde se encuentran socavones y una arena color marrón oscuro.	Áreas pequeñas, donde se encuentran socavones y una arena color marrón oscuro.

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Estudios geológicos realizados por Pacifpetrol.
Eventos suscitados	Imágenes satelitales de Google Earth pro, muestran como el indicio dejo de emanar en el año 2004, pasando a ser un indicio histórico.
Observaciones en la visita de campo	Se realizo vuelo con dron, y las visitas de campo en el área de estudio. Recopilando fotos del lugar donde el indicio natural existió.
Evidencias fotográficas	 



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Campus Santa Paula - sur	CSPS
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Inactivo	IN
Identificación del indicio	EC-SE SA-CSPS IP-IN 005	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'33.5512"O	2°15'18.7745"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9750729.465	508229.521
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
Huecos de aproximadamente 10 a 15 m, con petróleo intermitente y rocas con presencia de petróleo.	Huecos de aproximadamente 10 a 15 m, con petróleo intermitente y rocas con presencia de petróleo.

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No se han realizado estudios.
Eventos suscitados	No se registran eventos vinculados al sector sur de Santa Paula.
Observaciones en la visita de campo	Se realizó vuelo con dron, y las visitas de campo en el área de estudio. Recopilando fotos del lugar donde el indicio natural existió.
Evidencias fotográficas	




UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO




CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	Salinas	SA
Sector de referencia	Playa Puerto Lucía	PPL
Tipo	Indicio sólido	IS
Estado	Inactivo	IN
Identificación del indicio	EC-SE SA-PPL IS-IN 001	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°55'27.5380"O	2°13'127177"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754599.813	508415.445
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
12.9	15.137

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	Los eventos de surgencia tanto para indicios líquidos y sólidos son favorables en la temporada de los aguajes que tiene el mar.
Observaciones en la visita de campo	La surgencia del indicio sólido se encuentra cerca del cubeto de contención tres, presenta rocas embebidas de petróleo, mientras el cubeto se encuentra lleno de arena de playa.
Evidencias fotográficas	

ANEXO E

Base de datos de indicios Históricos.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA Facultad de Ciencias de la Ingeniería Ingeniería en Petróleo 		
BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO		
CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Yacht club de Puerto Lucia	YCPL
Tipo	Indicio de gas	IG
Estado	Histórico	HI
Identificación del indicio	EC-SE LL-YCPL IG-HI 001	
CAMPO DE LOCALIZACIÓN		
Coordenadas geográficas		
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")	
80°55'19.23"O	2°13'11.96"S	
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17		
Norte (m)	Este (m)	
9754623.00S	508672.00 E	
Medidas del lugar		
Área (m ²)	Perímetro (m)	
44.8	30	
CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL		
Referencia	No existen estudios realizados.	
Eventos suscitados	Surgencia en años 2016 y 2017. Inspección en 2016 debido a afloramiento del malecón La Libertad.	
Observaciones en la visita de campo	La visita de campo no se la pudo realizar, pero las evidencias publicadas por la empresa y turistas ayudan a describir la surgencia del indicio de gas (burbujas de gas). El dron pudo tomar fotografías al área de estudio, reportando una limpieza periódica del canal que se realiza al momento de la surgencia del afloramiento natural.	
Evidencias fotográficas		




UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Marañón – Suinli	MS
Tipo	Indicio de Sólidos.	IS
Estado	Histórico	HI
Identificación del indicio	EC-SE LL-MS IS-HI 001	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°54'10.34"O	2°13'4.34"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754857.00 m S	510800.00 m E
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
90.4	39.3

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Sin estudios realizados.
Eventos suscitados	Surgencia en años anteriores en periodos de aguaje.
Observaciones en la visita de campo	Encontrar petróleo impregnado en rocas cercanas a la salida de la alcantarilla.
Evidencias fotográficas	





UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Malecón La Libertad	MLL
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Histórico	HI
Identificación del indicio	EC-SE LL-MLL IP-HI 001	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°54'26.78"O	2°13'11.86"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9754626.00 m S	510292.00 m E
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
20.5	20

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	Biomarcadores como herramientas para la determinación del origen de emanaciones de hidrocarburos: surgencia de La Libertad, Ecuador, agosto 2016.
Eventos suscitados	Surgencia en agosto de 2016.
Observaciones en la visita de campo	En el lugar se percibe olor a hidrocarburos, cuando la marea es de movimiento descendente.
Evidencias fotográficas	 



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ingeniería en Petróleo



BASE DE DATOS DEL INDICIO SUPERFICIAL DE PETRÓLEO

CAMPO DE IDENTIFICACIÓN		
Nombre	Descripción	Nomenclatura
País – Provincia	Ecuador – Santa Elena	EC-SE
Cantón	La Libertad	LL
Sector de referencia	Barrio Virgen del Cisne	BVC
Tipo	Indicio de petróleo	IP
Estado	Histórico	HI
Identificación del indicio	EC-SE LL-BVC IP-HI 002	

CAMPO DE LOCALIZACIÓN	
Coordenadas geográficas	
Longitud (° ' ")	Latitud (° ' ")
80°53'40.3854"O	2°14'047802"S
Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 17	
Norte (m)	Este (m)
9753001.122	511724.919
Medidas del lugar	
Área (m ²)	Perímetro (m)
-	-

CAMPO DE INFORMACIÓN ADICIONAL	
Referencia	No existen estudios.
Eventos suscitados	La surgencia de petróleo fue evidente hasta el año 2021, debido a la construcción de las obras civiles del sector, el indicio fue sellado y reportado en la investigación como indicio histórico de petróleo.
Observaciones en la visita de campo	La surgencia en los meses de agosto a septiembre era frecuente y en grandes volúmenes de petróleo. En 2022 inicio la construcción del sistema de alcantarillado dejando el indicio sellado.
Evidencias fotográficas	