

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA: EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES EN EL ÁREA DE  
INFLUENCIA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA CODO  
SINCLAIR (EL SALADO – LUMBAQUÍ) Y ALTERNATIVAS DE  
REMEDIACIÓN.**

**AUTORA  
IRINA ESTHELA CUESTA SOTO**

**DIRECTOR  
ING. RENATO SÁNCHEZ PROAÑO**

**Quito, Mayo 2013**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Quito, Mayo 2013

---

Irina Esthela Cuesta Soto

CI: 1712441094

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, Renato Sánchez, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Irina Esthela Cuesta Soto, bajo mi supervisión.

Quito, Mayo 2013

---

Renato Gabriel Sánchez Proaño  
DIRECTOR DE PROYECTO

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a Dios por la oportunidad de permitirme disfrutar del don de la vida; a mi abuelita por brindarme su amor, cariño y sabiduría adquirida con el paso de los años Teresa Ortiz; a mi madre, amiga, trabajadora e incansable luchadora Fanny Soto; a mi hermano inteligente, divertido y amigo de toda una vida Francisco Sebastián Cuesta y a mi padre que aun en su ausencia física esta junto a mí como un ángel guardián Francisco Cuesta.*

*Mi Dedicatoria y agradecimiento a mis tías y tíos Nayda, Pilar, Magdalena, Luis, Roberto y Juan Francisco por su interés y apoyo; en especial a mi tío Roberto Alejandro, por su ayuda indispensable para el desarrollo del proyecto de tesis.*

*Todo el esfuerzo, entrega y dedicación es para ustedes por su apoyo y amor incondicional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana.

A la consultora ServiGARLIN por el auspicio y confianza depositada para permitirme el desarrollo del presente trabajo.

Al Ingeniero Renato Sánchez por su dirección en todo el proceso de desarrollo de la tesis.

Al Ingeniero Edwin Arias Director de la Carrera de Ingeniería Ambiental por su servicio y predisposición prestado a lo largo de la carrera.

Mi reconocimiento al Programa de Reparación Ambiental y Social, EP Petroecuador y al Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, por la predisposición y ayuda prestada e información proporcionada.

## GLOSARIO DE SIGLAS

CONAIE	Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
FLACSO	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
IIRSA	Iniciativa de Integración de la Región Sudamericana
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
IG EPN	Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
MAE	Ministerio de Ambiente del Ecuador
msnm	Metros Sobre El Nivel Del Mar
PRAS	Programa de Reparación Ambiental Social
RAOHE	Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Actividades Hidrocarburíferas
SOTE	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano
SNGR	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos
TPH	Hidrocarburos Totales de Petróleo
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

## **RESUMEN**

El Ecuador el 5 de marzo de 1987 fue azotada por dos terremotos de magnitud de 6.1 y 6.9 en la provincia de Napo, como uno de los efectos secundarios se produjeron importantes deslizamientos y flujos de escombros, que enterraron parte de la estructura y tubería del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano entre Baeza y Lumbaquí. Esta destrucción dio paso a la formación de pasivos ambientales los cuales al iniciar los trabajos de construcción del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair fueron punto de atención a ser evaluados.

El Capítulo 1 se desarrolla con el propósito de abarcar la mayor información perteneciente al área de estudio en él se describe la línea base en la que se encuentra: ubicación geográfica, geografía, suelos, clima, biodiversidad, demografía y etnias de la Amazonía; Asimismo está conformado por el marco conceptual y marco legal en el primero se detalla el Sistema de Transporte de petróleo, conceptos de derrames y pasivos ambientales en función de la cosmovisión del PRAS, los criterios que van a ser evaluados en los pasivos ambientales para el desarrollo de la matriz de importancia; en el segundo se indica la estatutos de la Constitución del Ecuador aprobada el año 2008, Convenios Internacionales, Legislación Nacional, RAOHE y TULSMA.

En el Capítulo 2 se establece la metodología de campo, en la que se formo un plan de muestreo identificando: el parámetro a analizar, elección de punto de muestreo, metodología de muestreo e instrumentos a usar; Conjuntamente se desarrollo la metodología de laboratorio y la evaluación de los pasivos ambientales seleccionados mediante el uso de la matriz de importancia, visita de campo, análisis de laboratorio e información obtenida en la línea base.

En el Capítulo 3 se realiza escenarios posibles en la zona de influencia del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair determinando las amenazas naturales y vulnerabilidades que presenta la población, estructuras y ecosistemas de igual manera se propone Planes de Manejo Ante Riesgos Naturales, formándose un Plan de Prevención, Contingencia y Mitigación para cada uno de los factores que son susceptibles de peligro con el fin de disminuir la vulnerabilidad a futuro.

## **INTRODUCCIÓN**

En la década de 1970 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación- INECEL identifico las excelentes cualidades del caudal del Rio Coca, este Instituto a esa fecha ya considero el desarrollo e implementación de una hidroeléctrica en este sector, constituyéndose como uno de los proyectos más grandes de generación eléctrica para el Ecuador.

La generación del proyecto siempre se lo catalogó de “interés nacional”, ya que aspira cubrir la demanda energética entre el 42 y 62% a nivel nacional y mejorar la competitividad del sector eléctrico e incluso generar divisas por venta de energía a países vecinos.

El proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair a partir de la presente década, es considerado un proyecto ecológicamente limpio ya que reduce de forma significativa el uso de combustibles fósiles y genera pocos impactos negativos sobre el ambiente como es el posible ingreso de colonos y la disminución de caudal en la cascada de San Rafael ubicada en el Parque Nacional Cayambe - Coca. (Proyecto Hidroeléctrico COCA CODO SINCLAIR, 2012)

Al iniciar los trabajos de construcción del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair, se identifican varios puntos de contaminación por presencia de hidrocarburos, por lo que se reporta al Ministerio del Ambiente (MAE) el cual entabla reuniones con el Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS) y miembros de la Gerencia de Seguridad, Salud y Ambiente de la EP PETROECUADOR (SGER).

Como resultado de las reuniones, se ve la necesidad de determinar los impactos negativos asociados a los pasivos ambientales generados en el terremoto de marzo de 1987.

## CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 1.1 Línea Base

#### 1.1.1 Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicado en la amazonia ecuatoriana caracterizada por su exuberante vegetación de bosques húmedos tropicales, anchas llanuras y grandes valles aluviales atravesados por extensos ríos. Siendo los principales el Río Napo de 1.120km, Río Curaray de 805km, Río Pastaza de 643km, Río Tigre de 563km, Río Morona de 418 km, los cuales desembocan en el río Amazonas. (Fundación José Peralta, 2011-2012)

La investigación a realizarse se encuentra en el área de influencia del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (en el **Anexo 1** se ve el mapa de ubicación del proyecto) en el tramo de distancia aproximada de 60 km comprendido entre el Salado y Lumbaquí, situado en la provincia de Napo y parte de la provincia de Sucumbíos en las cercanías del volcán El Reventador y la cuenca del Río Coca como se muestra en la **Figura 1**.

La cuenca del Río Coca hasta el sitio Salado cubre una superficie de 3 600 km<sup>2</sup> con un caudal promedio de 292 m<sup>3</sup>/s y se encuentra bordeada por el Parque Nacional Cayambe - Coca Parque Nacional Sumaco Napo - Galeras Y Reserva Ecológica Antisana. (Proyecto Hidroeléctrico COCA CODO SINCLAIR, 2012)

El tramo de estudio no intercepta Parques Nacionales ni Reservas Ecológicas referirse a la **Figura 1**.



**Figura 1.** Mapa de la Ubicación Geográfica  
**Fuente:** adaptado por Irina Cuesta S. de (<http://maps.google.com/>)

### 1.1.2 Marco Geográfico Físico

La subducción activa de la Placa Oceánica de Nazca bajo la Placa Continental de Sudamérica forma tres tipos de regiones morfo-estructurales: la Cuenca Oriente, la Cordillera de los Andes y la Planicie Costera.

La Cuenca Oriente se encuentra al este de la Cordillera de los Andes, de área aproximada de 100 000 Km<sup>2</sup>. De acuerdo a su morfología por la presencia de fallas conocida como Frente de Empuje se la subdivide en: Zona Subandina en la parte occidental y Llanura Amazónica en la parte oriental.

La Llanura Amazónica, presenta en promedio cotas de 300 msnm formando dos tipos de paisajes, la primera de característica plana y pantanosa conocida como Cuenca Amazónica plana y la segunda de colinas divididas con el nombre de Cuenca Amazónica de colinas; la Cuenca Amazónica recibió permanentemente un gran aporte de sedimentos, producto de los procesos tanto constructivos (volcanismo) como de desgaste desde la cordillera.

La Zona Subandina, presenta en promedio cotas de 900 msnm, *“es una franja de relieves sedimentarios estructurales, volcánicos y denudativos<sup>1</sup>, dominados por la degradación del Río Quijos y la acción endógena tectónica y volcánica”* (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012).

#### 1.1.6.1 Sismicidad Histórica

El Ecuador se encuentra formado por sistemas de fallas geológicas de las cuales destacan El Sistema principal de fallas que va desde el nororiente hasta el golfo de Guayaquil y El Sistema de fallas inversas, de las estribaciones de la Cordillera Real, donde se originó el primer gran terremoto conocido en el Ecuador en el año de 1541 y el sismo del 5 de marzo de 1987, entre otros. (IG EPN, 2012)

---

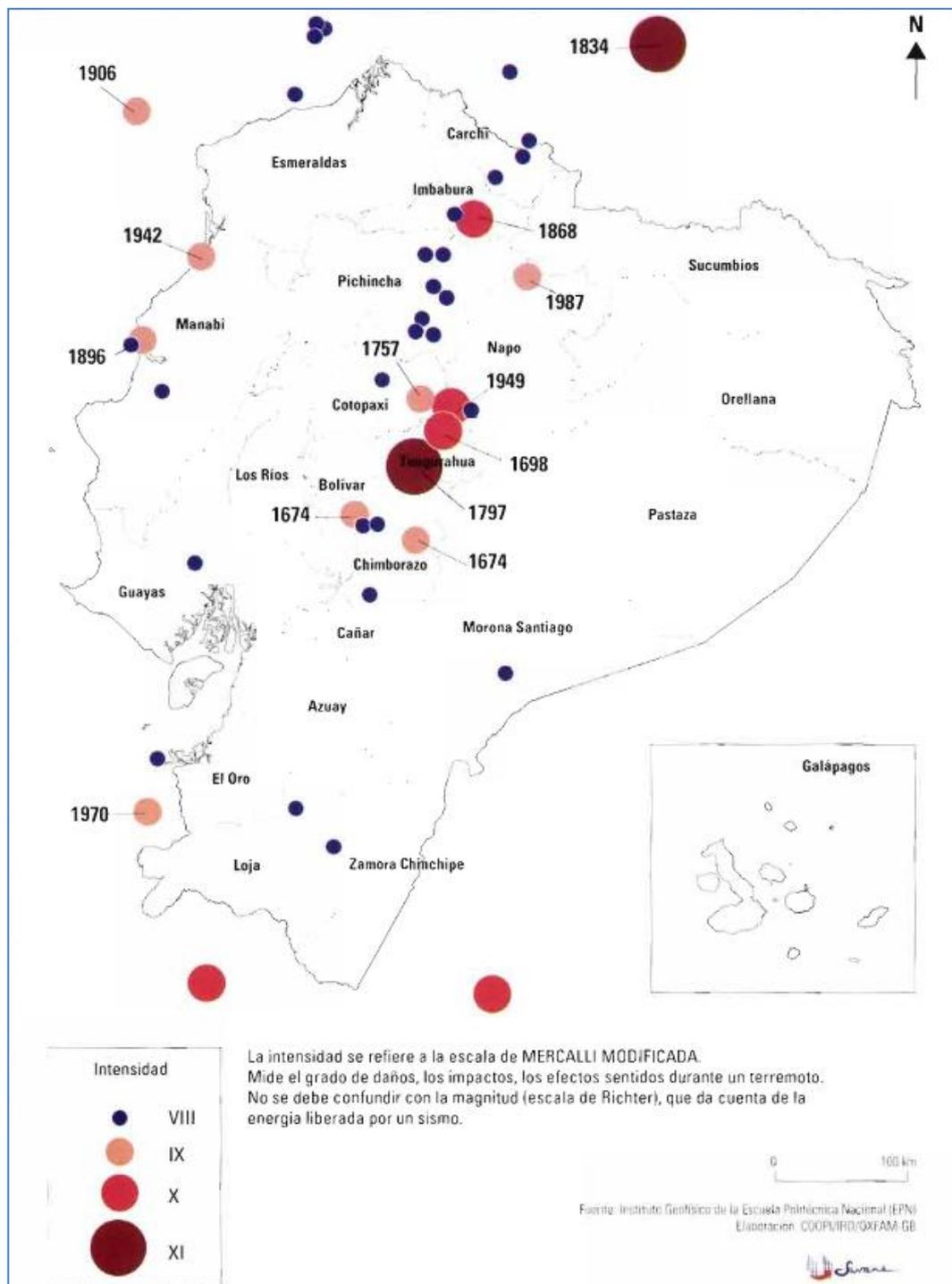
<sup>1</sup> **Denudación:** Conjunto de los procesos que determinan la degradación o rebaje general de la superficie del terreno. Normalmente comprende los procesos de meteorización, transporte y erosión.

La sismicidad histórica registra dos sismos importantes, relacionados con la subducción de placas, que afectaron al Ecuador. El sismo más devastador, se produjo el 5 de agosto de 1949 que afectó principalmente a la parte central del Ecuador, con su epicentro ubicado a un costado de la Ciudad de Ambato, causando aproximadamente seis mil muertes.

El otro sismo, se dio en 1906 con una magnitud de 8.8 Mw, a 150 Km. de las costas de Esmeraldas, debido a la baja densidad de población no causó grandes pérdidas humanas.

Entre los eventos más recientes que causaron estragos significativos en el país, se cuentan los terremotos de marzo de 1987 y el último terremoto ocurrió el 4 de agosto de 1998, que afectó a la provincia de Manabí, en especial a la Ciudad de Bahía de Caráquez. (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012)

En la **Figura 2**. Se muestra la ubicación de los terremotos acontecidos en el Ecuador dentro del periodo de 1541 a 1998.



**Figura 2.** Terremotos con Intensidades Superiores a VII en el Ecuador (1541-1998)  
**Fuente:** (D' Ercole & Trujillo, 2003)

### 1.1.6.2 El Sismo del 5 de marzo de 1987

El sismo tuvo su epicentro en la zona del volcán El Reventador con magnitud de  $M_s=6.1$  y  $M_s=6.9$  el mismo se sintió en un área de  $93\,000\text{ km}^2$  causando grandes daños a la población y economía del Ecuador. Ver **Figura 3**.

Sin duda, el efecto secundario mayor de los terremotos de marzo de 1987 fueron los deslizamientos y flujos de escombros que afectaron al Sistema del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), entre Baeza y Lumbaquí, perteneciente a la entonces provincia de Napo.

Los deslizamientos y flujos de escombros destruyeron tanques de almacenamiento de petróleo, tanques de gasolina, bombas de diesel, línea del oleoducto, línea del poliducto, entre otros; causando aproximadamente 1000 muertes y grandes pérdidas a la población y ambiente. (Hall, 2000)



FIGURA 6.8 Tuberías del oleoducto y poliducto (en blanco) trans-ecuatoriano interrumpida por flujos de escombros y erosión profunda a lo largo del Río Coca.

**Figura 3.** Tuberías de Oleoducto y Poliducto Interrumpida por Flujos de Escombros

**Fuente:**“LOS TERREMOTOS DEL ECUADOR DEL 5 DE MARZO DE 1987” (Hall, 2000)

Dentro de las investigaciones efectuadas en la publicación “Los Terremotos del Ecuador del 5 de Marzo de 1987” (Hall, 2000) , se hace una buena descripción de los deslizamientos y flujos que tuvieron un efecto catastrófico sobre las líneas vitales, especialmente al SOTE y al Poliducto; un breve resumen de los resultados obtenidos en dicho trabajo, se presentan a continuación.

En la zona del Reventador, más del 90% de los deslizamientos observados empezaron como movimientos superficiales de suelos residuales y rocas altamente meteorizadas, con espesor promedio de 1.5 a 2.0 m y hasta 5 m, luego de lo cual se fueron transformando en avalancha de escombros y luego en flujos de escombros. Los flujos se produjeron principalmente en taludes con pendientes entre 35° y 40°.

Una estimación del volumen total involucrado en los deslizamientos es de unos 120 millones de metros cúbicos, con un área de denudación de cerca de 60 km<sup>2</sup>.

El daño a las líneas vitales fue severo en las áreas cercanas a los epicentros principalmente al SOTE y al Poliducto, así como a las principales vías de acceso y puentes que unen a Quito con Lago Agrio.

Aproximadamente 70 km de tubería que fueron afectados y debieron luego ser reconstruidos. Dado que el Poliducto tenía un trazado paralelo al SOTE, los efectos fueron similares. Los daños a la estación de bombeo fallaron, el daño estructural más severo le ocurrió al tanque de petróleo esto debido al deslizamiento que lo destruyó, derramándose miles de barriles de crudo. (Proporcionado por el Programa de Reparación Ambiental y Social PRAS, 2012)

Se estima alrededor de mil muertes humanas, 20 Km de destrucción en la superficie, cien millones de árboles de más de 10 cm de diámetro arrasados, aproximadamente treinta especies de mamíferos desaparecieron del área afectada, seis meses de interrupción del transporte de hidrocarburos, alteración del modo de vida de la población en especial de indígenas y grandes sumas de dólares en pérdidas para el país. (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012)

### **1.1.6.3 Prospección ante el Terremoto del 5 de Marzo de 1987 enfocado a daños en suelo.**

En el Terremoto ocurrido el 5 de marzo de 1987 se evidenciaron los siguientes daños al Ecosistema principalmente ocasionados por los deslizamientos:

Alrededor de 70 km de tubería SOTE fueron afectados.

Aproximadamente 16 km de tubería quedó enterrada.

Derrame de miles de barriles de crudo.

Daño a estaciones de bombeo.

Ríos parcialmente obstaculizados por deslizamientos y flujos de lodo.

Debido al represamiento de ríos influyó para que el caudal de los ríos se modificara causando inundaciones y zonas erosionadas.

Se estima que la cobertura vegetal fue abatida con la caída de más de cien millones de árboles de diámetro mayor a 10cm.

Treinta especies de mamíferos desaparecieron de la zona afectada.

### **1.1.3 Suelos**

La Amazonia ecuatoriana se caracteriza por tener suelo con caolinita, esto debido a las constantes precipitaciones y alta temperatura; lo que tiende a la alteración de minerales y sílice que se lixivian contribuyendo a la presencia de caolinita, estos suelos son generalmente muy pobres y compactos. La exuberancia de la selva se explica por el reciclaje de los nutrientes en el horizonte orgánico superficial.

La Llanura Amazónica y las estribaciones bajas de la Cordillera Real comprende desde la Ciudad de Shushufindi hasta la desembocadura del Río Salado en el Río

Quijos, en función de las características morfológicas del sitio y de los tipos de suelos dominantes se divide en dos subzonas la primera desde Shushufindi hasta el oeste de la población de Gonzalo Pizarro y la segunda subzona desde este sitio hasta la desembocadura del Río Salado en el Río Quijos.

#### **1.1.3.1 Subzona de la Llanura Amazónica**

Esta subzona se encuentra desde la Ciudad de Shushufindi hasta aproximadamente 2 Km. al oeste del Poblado de Gonzalo Pizarro, cruzando por el Eno, Lago Agrio, Cascales y Lumbaqui.

Esta subzona corresponde a la Llanura Amazónica que se caracteriza por una topografía muy regular con colinas bajas de poca pendiente en donde existen tres tipos de suelos, los cuales se citan a continuación:

- Suelos rojos a pardo amarillentos, arcillosos.
- Suelos negros, profundos, francos a arenosos.
- Suelos derivados de materiales piroclásticos alofánicos.

#### **1.1.3.2 Subzona de las Etribaciones Bajas de la Cordillera Real**

Esta subzona se encuentra desde aproximadamente al norte de la desembocadura del Río Divino en el Río Dué, al norte y sur del Río Dué a aproximadamente 2 Km al oeste de la Población de Gonzalo Pizarro, hasta la desembocadura del Río Salado en el Río Quijos.

Corresponde a las colinas bajas inmediatamente antes de la llanura amazónica que se caracteriza por una topografía muy regular con colinas bajas de poca pendiente.

Existe únicamente suelo derivado de materiales piroclásticos, alofánicos francos a arenosos, con gran capacidad de retención de agua coloración varía de negro a muy negro y con presencia de horizonte amarillo. (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012)

### 1.1.4 Clima

El comportamiento del clima en el Ecuador está influenciado por su situación geográfica; así como por aspectos morfológicos, topográficos, tipo de suelo, cobertura vegetal, altitud y cursos de agua son las características más relevantes que interrelacionados contribuyen a la formación del clima de una región.

Por otra parte la presencia de la Cordillera de los Andes limita la influencia del Océano Pacífico, así como de la Llanura Amazónica, creando una variación climática importante en amplias zonas del país, las mismas que producen variaciones muy bruscas en los parámetros climatológicos en distancias relativamente cortas dando origen a diferentes tipos de climas locales.

La Amazonía del Ecuador, generalmente tiene un clima cálido, húmedo y lluvioso. La temperatura varía de 23 a 26 °C. Esta región tiene una estación seca durante los meses de: octubre, noviembre y diciembre.

En la Llanura Amazónica los valores medios mensuales de temperatura varían entre 18 y 28 °C, la humedad relativa se encuentra alrededor del 80%, la nubosidad es cercana al 25%, la velocidad del viento varía de 2.4 a 4.3 Km/h y su dirección predominante es hacia el Este. (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012)

En la **Tabla 1** se encuentra el listado de las estaciones meteorológicas situadas cerca del lugar de estudio.

<b>Código Estación</b>	<b>Nombre de la Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
M188	PAPALLACTA	002154S	780841W
M201	EL CHACO INECEL	002000S	774000W
M203	EL REVENTADOR	002518S	775800W
M208	RIO EL SALADO	001200S	773900W
M215	BAEZA	003734S	775157W
M490	SARDINAS	002216S	774806W

**Tabla 1.** Listado De Estaciones Meteorológicas  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

En la **Tabla 2** se muestra la precipitación media anual, para este cálculo se tomo la información presente en los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología -INAMHI en el periodo comprendido de 1987 al 2009; En el **Anexo2** se puede ver la información meteorológica usada para la determinación.

Se determino que en promedio anual precipitó aproximadamente 255.7mm y un promedio acumulado en el periodo de 1987-2009 un aproximado de 107309.7 mm

<b>AÑO</b>	<b>M188</b>	<b>M201</b>	<b>M203</b>	<b>M208</b>	<b>M215</b>	<b>M490</b>
<b>1987</b>	103.6	226.2	494.7	261.5	192.8	282.6
<b>1988</b>	84.1	206.4	491.2	283.1	198.9	249.3
<b>1989</b>	118.3	229.3	404.7	279.0	197.2	256.1
<b>1990</b>	103.6	202.9	493.9	236.2	190.2	299.2
<b>1991</b>	105.0	197.5	535.8	261.3	188.5	278.8
<b>1992</b>	96.2	184.2	493.2	238.4	192.0	277.8
<b>1993</b>	113.0	205.2	507.5	214.3	179.8	322.6
<b>1994</b>	121.7	204.6	501.5	232.1	185.8	303.6
<b>1995</b>	73.2	221.9	464.5	340.7	213.6	187.9
<b>1996</b>	99.5	218.5	471.8	319.1	208.1	210.9
<b>1997</b>	102.0	214.6	480.2	294.6	201.8	237.1
<b>1998</b>	104.4	217.6	473.7	313.6	206.7	216.8
<b>1999</b>	91.8	218.9	470.9	321.7	208.7	208.2
<b>2000</b>	97.0	217.3	474.5	311.3	206.1	219.2
<b>2001</b>	82.4	221.9	464.5	340.5	213.5	188.2
<b>2002</b>	110.0	213.1	483.3	285.1	199.5	246.9
<b>2003</b>	211.7	222.2	463.8	342.4	214.1	186.0
<b>2004</b>	105.9	222.4	463.4	343.6	214.4	184.6
<b>2005</b>	101.8	214.1	481.2	291.3	201.0	240.3
<b>2006</b>	90.8	215.7	477.7	301.6	203.7	229.3
<b>2007</b>	105.6	211.1	486.2	272.4	196.2	260.4
<b>2008</b>	113.9	219.3	423.8	323.9	209.4	205.6
<b>2009</b>	115.6	217.3	555.2	311.1	206.1	219.2
<b>SUMA</b>	<b>2451.1</b>	<b>4922.3</b>	<b>11057.2</b>	<b>6718.8</b>	<b>4628.1</b>	<b>5510.5</b>
<b>PM 23</b>	<b>106.57</b>	<b>214.01</b>	<b>480.75</b>	<b>292.12</b>	<b>201.22</b>	<b>239.59</b>

**Tabla 2.** Precipitación Media Anual (mm) (1987-2009)

**Fuente:** Irina Cuesta S.

En la **Tabla 3** se presenta el promedio anual del porcentaje de humedad relativa, el cual varía entre 87% y 89% para este cálculo se tomo la información presente en los anuarios meteorológicos del INAMHI en el periodo comprendido de 1987 al 2009; del año de 1997 al año 2002 no se pudo realizar correlación de datos por ausencia de datos. En el **Anexo2** se puede ver la información meteorológica usada para la determinación.

<b>AÑO</b>	<b>M188</b>	<b>M201</b>	<b>M203</b>	<b>M208</b>	<b>M215</b>
<b>1987</b>	91	88	87	85	87
<b>1988</b>	91	88	88	87	87
<b>1989</b>	90	87	89	86	87
<b>1990</b>	89	89	88	87	86
<b>1991</b>	91	90	89	88	87
<b>1992</b>	90	89	87	90	87
<b>1993</b>	92	88	88	87	86
<b>1994</b>	92	89	88	87	87
<b>1995</b>	90	89	87	87	87
<b>1996</b>	90	88	87	88	87
<b>1997</b>					
<b>1998</b>					
<b>1999</b>					
<b>2000</b>					
<b>2001</b>					
<b>2002</b>					
<b>2003</b>	89	88	87	88	87
<b>2004</b>	88	88	87	88	87
<b>2005</b>	87	88	87	89	87
<b>2006</b>	87	88	87	89	87
<b>2007</b>	85	88	86	90	87
<b>2008</b>	89	88	87	88	87
<b>2009</b>	88	88	87	88	87
<b>PM 23</b>	<b>89</b>	<b>88</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>87</b>

**Tabla 3.** Humedad Relativa (%) (1987-2009)  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

En la **Tabla 4** se presenta el promedio anual la temperatura, la temperatura oscila entre 10°C como mínimo y 24°C como máximo siendo en promedio de 18°C, para este cálculo se tomo la información presente en los anuarios meteorológicos INAMHI en el periodo comprendido de 1987 al 2009; del año de 1999 al año 2002 no se pudo realizar correlación de datos por ausencia de datos. En el **Anexo2** se puede ver la información meteorológica usada para la determinación.

<b>AÑO</b>	<b>M188</b>	<b>M201</b>	<b>M203</b>	<b>M208</b>	<b>M215</b>
<b>1987</b>	10.5	18.6	18.4	20.2	16.8
<b>1988</b>	10.1	18.5	18.9	23.6	16.7
<b>1989</b>	10.2	18.5	18.6	19.7	16.7
<b>1990</b>	10.4	18.1	18.7	24.0	16.8
<b>1991</b>	10.4	18.0	18.4	35.8	16.7
<b>1992</b>	10.6	17.8	18.3	20.0	16.8
<b>1993</b>	10.5	18.0	18.4	24.1	16.9
<b>1994</b>	10.4	18.3	18.6	23.9	16.8
<b>1995</b>	10.8	18.4	18.2	24.4	16.9
<b>1996</b>	10.8	18.4	18.2	24.4	17.0
<b>1997</b>	10.4	18.3	18.6	23.9	16.8
<b>1998</b>	10.4	18.3	18.6	23.9	16.8
<b>1999</b>					
<b>2000</b>					
<b>2001</b>					
<b>2002</b>					
<b>2003</b>	10.3	18.3	18.6	23.8	16.8
<b>2004</b>	10.3	18.3	18.6	23.9	16.8
<b>2005</b>	10.6	18.4	18.3	24.2	16.9
<b>2006</b>	10.4	18.3	18.5	24.0	16.8
<b>2007</b>	10.6	18.3	18.4	24.1	16.9
<b>2008</b>	10.1	18.3	18.8	23.5	16.7
<b>2009</b>	10.5	18.3	18.5	24.0	16.8
<b>PM 23</b>	<b>10.4</b>	<b>18.3</b>	<b>18.5</b>	<b>23.9</b>	<b>16.8</b>

**Tabla 4.**Temperatura Media Anual (°C) (1987-2009)

**Fuente:** Irina Cuesta S.

### **1.1.5 Biodiversidad**

La Amazonía del Ecuador representa apenas el 1.9% del total de la Amazonía en América del Sur, ocupa el tercer lugar en número de especies de anfibios, el cuarto en aves, el cuarto en reptiles, el quinto en monos, el sexto en plantas y flores; y, el séptimo en mamíferos. Es un área con extraordinaria concentración de biodiversidad, de importancia mundial, tanto en especies y ecosistemas como en variación genética. (Fundación José Peralta, 2011-2012)

Es una región de un gran potencial económico para el hombre. Evitar la reducción de esta diversidad biológica por pérdida y transformación de hábitats y ecosistemas, extinción de especies, reducción de diversidad genética, e introducción de especies exóticas, entre otras causas; es uno de los mayores retos ambientales que enfrentan los países con territorio en esta región. Evidenciando un proceso de deterioro de la biodiversidad, entendida no solo como un conjunto de ecosistemas y especies, sino también como diversidad genética y cultural.

La Amazonía ha sido considerada como una de las áreas más ricas en diversidad biológica en el planeta, y se estima que alrededor del 10% del total de las especies de plantas se encuentran en esta zona. La región amazónica es fundamental para el mantenimiento del equilibrio climático global, la conservación y el uso de la diversidad biológica.

Para proteger estos importantes recursos naturales, todos los países tienen un sistema nacional de áreas protegidas y de alguna u otra forma de categorías de conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Las áreas de conservación han ido en aumento en número y extensión, sobre todo desde la década de 1990. Las áreas protegidas de toda la Amazonia cubren más de 700.000 km<sup>2</sup>; esto representa el 12% del área de la cuenca amazónica. (Contraloría General de la República del Ecuador, 2010)

## 1.1.6 Demografía

NOTA: La información indicada a continuación fue obtenida de los Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC Fascículo Provincial de Napo y Fascículo Provincial de Sucumbíos.

### 1.1.6.1 Provincia de Napo

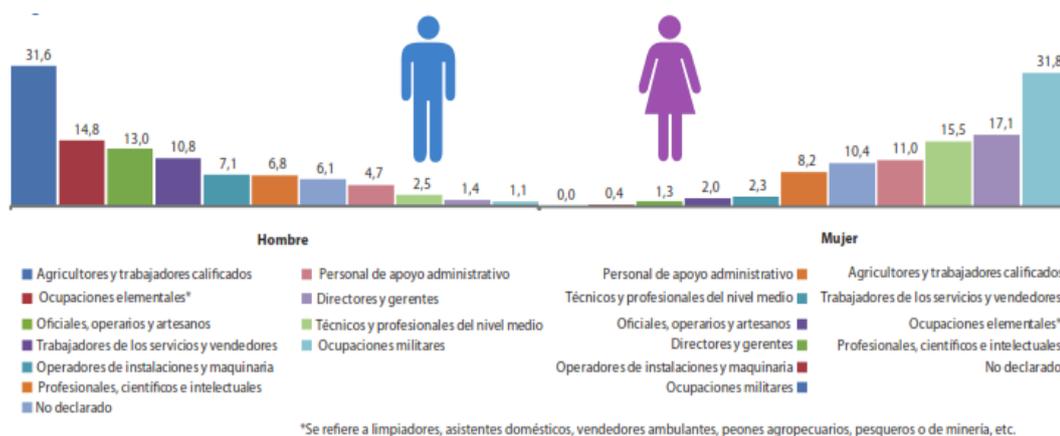
En la provincia de Napo se estima que el 49.11% de habitantes son mujeres y el 50.89% son hombres de los cuales según el censo del 2010, se auto identifica como indígena el 56%, mestizo el 38%, blanco 3%, afro descendiente 2%, montubios y otras identificaciones el 1%. la población se concentra en edades jóvenes en un promedio de 24 años.

En lo que respecta a la tasa de crecimiento **Figura 4** del periodo de 1974 a 1990 se ve un decrecimiento de la población; esto se, debe a la creación de la provincia de Orellana la cual fragmentó a la entonces provincia de Napo, dejándola con un total de 56.863 habitantes. Durante la década de 1990 a 2010 se ve el incremento de la población en un 3% principalmente por la mejora en la calidad de vida.



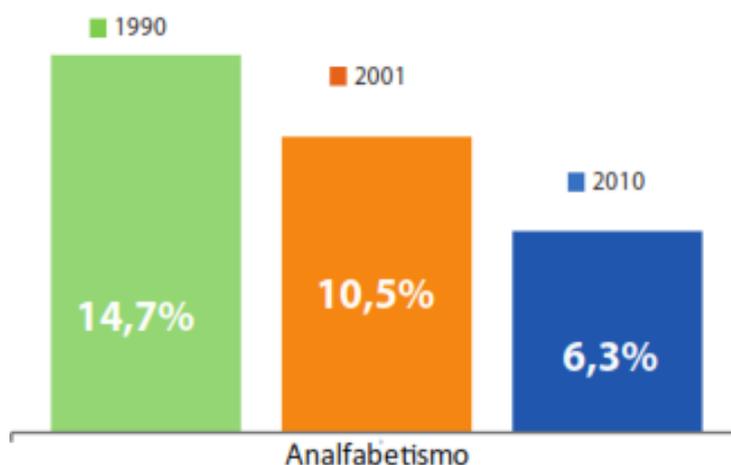
**Figura 4.** Población y Tasa de Crecimiento de Napo  
**Fuente:** (INEC, 2010)

Los niveles de empleo de los habitantes de Napo se identifica así: por cuenta propia el 46.8%, empleado del estado el 19.5%, como empleado privado 14,7%, como jornalero o peón 6.4%, el 4.6% no declaro, el 3.5% de la población es empleado domestico, el 2.2% es patrono el 1.6% es trabajador no remunerados y el 0.7% es socio; En la **Figura 5** se observa de forma más detallada las ocupaciones que en las que se desenvuelven tanto hombres como mujeres.



**Figura 5.** Ocupaciones de los Habitantes de Napo  
**Fuente:** (INEC, 2010)

En la **Figura 6** se muestra que en el año de 1990 la tasa de analfabetismo se encontraba en 14.7%, en los años 2001 y 2010 descendió en un 4.2% respectivamente. Se aspira en el año 2025 el 0% de analfabetismo para la población de Napo.



Personas de 15 años y más que no saben leer ni escribir

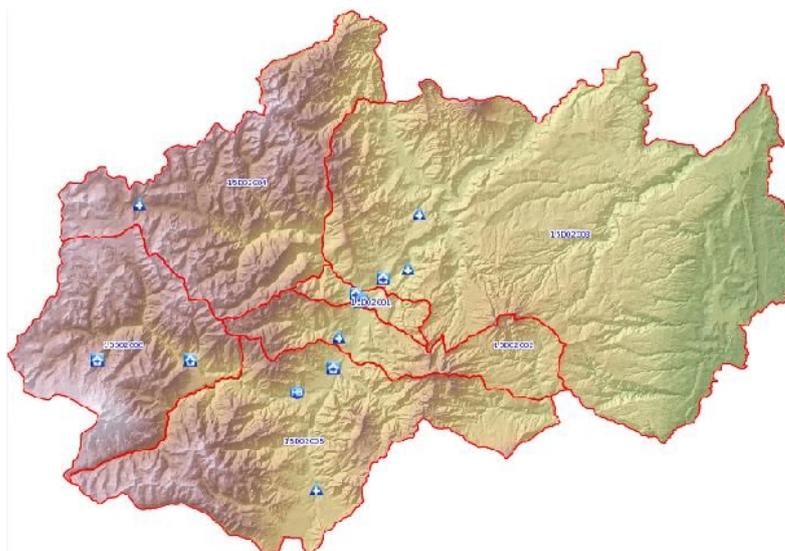
**Figura 6.** Porcentaje de Analfabetismo en Napo  
**Fuente:** (INEC, 2010)

Durante los años 2001 y 2010, se ve la mejora en los servicios básicos de forma general, se ha duplicado el acceso a los servicios para a la comunidad. Pese a un crecimiento considerable en el acceso a los servicios de la vivienda, todavía existen grandes diferencias en los mismos. Ver **Figura 7**.

SERVICIO ELÉCTRICO	2001	2010
Con servicio eléctrico público	9.444	19.040
Sin servicio eléctrico y otros	5.474	3.298
SERVICIO TELEFÓNICO		
Con servicio telefónico	2.625	5.145
Sin servicio telefónico	12.293	17.193
ABASTECIMIENTO DE AGUA		
De red pública	7.858	13.261
Otra fuente	7.060	9.077
ELIMINACIÓN DE BASURA		
Por carro recolector	6.526	14.279
Otra forma	8.392	8.059
CONEXIÓN SERVICIO HIGIÉNICO		
Red pública de alcantarillado	5.693	9.654
Otra forma	9.225	12.684

**Figura 7.** Servicios Básicos en Napo  
Fuente: (INEC, 2010)

El cantón cuenta con 13 puntos de atención a la salud seis centros de salud, cinco puestos de salud y dos hospitales básicos. En la **Figura 8** se puede observar la ubicación de los centros de salud pertenecientes al cantón El Chaco.



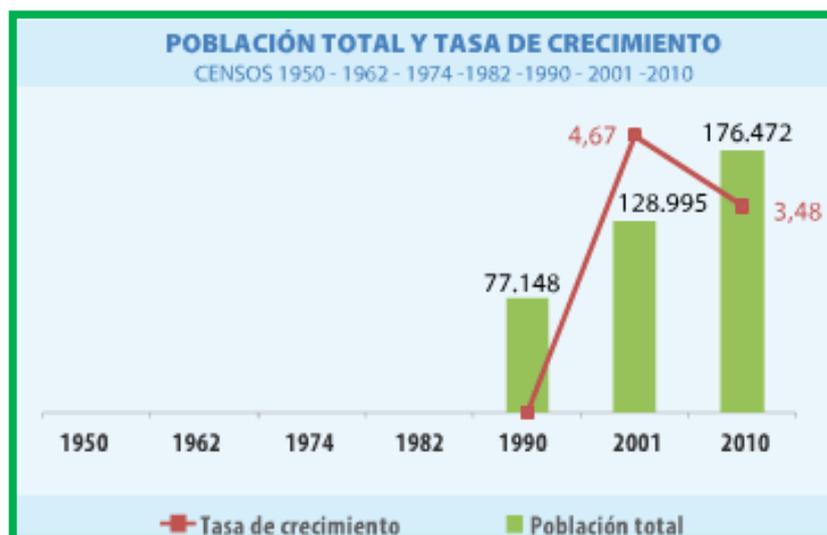
**Figura 8.** Ubicación centros de salud en el cantón El Chaco  
Fuente: (Ministerio de Salud del Ecuador, 2012)

Uno de las mayores fuentes de trabajo es el cultivo y crianza de ganado siendo un total de 13.795 hectáreas destinadas a cultivos permanentes y producción de 65.252 cabezas de ganado de diferentes especies. (INEC, 2000)

### 1.1.6.2 Provincia de Sucumbíos

En la provincia de Sucumbíos se estima que el 47.39% de habitantes son mujeres y el 52.61% hombres de los cuales según el censo del 2010, se auto identifica como mestizo el 75%, indígena el 13.4%, afro descendiente 5.9%, blanco 4.5%, montubios y otras identificaciones el 1.2%.

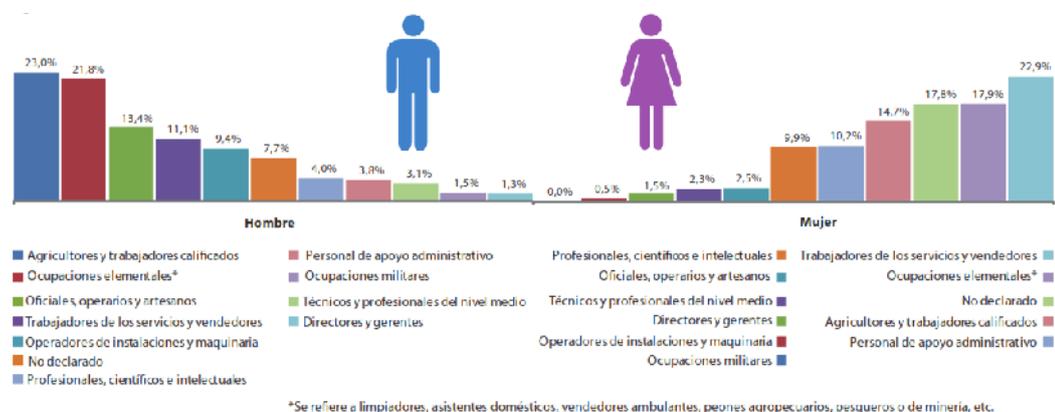
En la **Figura 9** a partir de la década de los años de 1990 la población presenta una tasa de crecimiento de 5% debido a las mejoras en la calidad de servicios de salud y saneamiento, pero a partir del 2001 decae la tasa de crecimiento en un 3% en gran parte por el éxodo de la población al extranjero.



**Figura 9.** Población y Tasa de Crecimiento de Sucumbíos  
Fuente: (INEC, 2010)

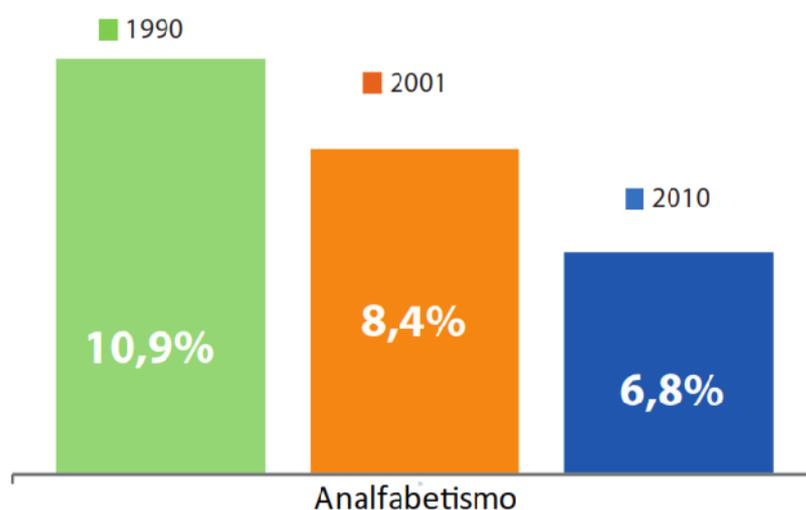
La ocupación de los habitantes de Sucumbíos se da como empleado domestico en un 33%, como empleado privado el 22.9%, el 15.6% de la población trabaja por cuenta propia, el 13.8 % es empleado del Estado, el 6% es socio, el 3% es trabajador no remunerado, el 2.6% es jornalero o peón, patrono es el 2.4% de la población, el 0.9% no declaro en que ocupación se desarrollan. En la **Figura 10** se observa de forma

más detallada las ocupaciones que en las que se desenvuelven tanto hombres como mujeres.



**Figura 10.** Ocupación de los Habitantes de Sucumbíos  
Fuente: (INEC, 2010)

En la **Figura 11** se muestra que en el año de 1990 la tasa de analfabetismo se encontraba en 10.9%, durante el año 2001 mejoró la educación para la población en un 2.5%, en el año 2010 en 1.6%. Se prevé en el año 2040 encontrar a la población de Sucumbíos con el 0% de analfabetismo.



Personas de 15 años y más que no saben leer ni escribir

**Figura 11.** Porcentaje de Analfabetismo en Sucumbíos  
Fuente: (INEC, 2010)

Se observa la mejora en la dotación de servicios de la vivienda para esta provincia.  
Ver **Figura 12**.

SERVICIO ELÉCTRICO	2001	2010
Con servicio eléctrico público	17.906	35.929
Sin servicio eléctrico y otros	9.710	6.853
SERVICIO TELEFÓNICO		
Con servicio telefónico	2.921	7.984
Sin servicio telefónico	24.695	34.798
ABASTECIMIENTO DE AGUA		
De red pública	7.181	17.366
Otra fuente	20.435	25.416
ELIMINACIÓN DE BASURA		
Por carro recolector	11.927	27.194
Otra forma	15.689	15.588
CONEXIÓN SERVICIO HIGIÉNICO		
Red pública de alcantarillado	7.363	17.035
Otra forma	20.253	25.747

**Figura 12.** Servicios Básicos en Sucumbíos  
**Fuente:** (INEC, 2010)

El cantón Gonzalo Pizarro cuenta con cuatro puntos de atención a la salud un centro de salud y tres puestos de salud. En la **Figura 13** se puede observar la ubicación de los centros de salud pertenecientes al cantón Gonzalo Pizarro.



**Figura 13.** Ubicación centros de salud cantón Gonzalo Pizarro  
**Fuente:** (Ministerio de Salud del Ecuador, 2012)

Uno de las mayores fuentes de trabajo es el cultivo y crianza de ganado siendo un total de 42.589 hectáreas destinadas a cultivos permanentes y producción de 86.363 cabezas de ganado de diferentes especies. (INEC, 2000)

### **1.1.7 Etnias de la Amazonía**

Las realidades culturales como es la cosmovisión, religión, lengua, tradiciones, organización social, económica, etc. permite diferenciar a cada grupo social e identificarlo por etnias y nacionalidades.

La Amazonia es una región mega diversa reconocida a nivel mundial, tanto por su riqueza en especies endémicas como por su diversidad cultural.

Al mismo tiempo se refleja la “occidentalización” de sus tradiciones, y una demanda y uso de los recursos naturales.

La occidentalización ha constituido un fenómeno de cambios culturales en la región dando como resultado diversos grupos humanos, como son: pueblos indígenas, colonos, pobladores ribereños, pobladores urbanos, entre otros, quienes constituyen la diversidad cultural amazónica.

Los pueblos indígenas son portadores de cultura y valores propios y se asientan en diversas áreas. Tienen tradición de convivencia armónica con la naturaleza y grandes conocimientos sobre los usos diversos de la flora y fauna. En la amazonia existen 420 pueblos indígenas diferentes, 86 lenguas y 650 dialectos, los cuales son expresión de la diversidad cultural amazónica.

*“Los pueblos tienen una dinámica demográfica propia, con niveles y perfiles de fecundidad y mortalidad, y patrones de asentamientos humanos diversos; por ejemplo, transitan entre fronteras, se desplazan sobre la base de patrones sociales y no patrones geográficos. Los cambios socioeconómicos y ambientales ocurridos en la región han afectado severamente a la población amazónica indígena, lo que ha obligado a cambiar sus modos de vida reduciendo su número.”* (Contraloría General de la República del Ecuador, 2010)

Los grupos étnicos se encuentran organizados de la siguiente forma:

(PROFONIAN, 2012)

### **Provincia de Napo**

Kichwa, organizada en la Federación de Organizaciones Indígenas Kichwas de Napo (FONAKIN), con 140 comunidades de base.

Huaorani, organizada en la Organización de la Nacionalidad Huaorani del Ecuador (ONAHE), con seis comunidades de base.

### **Provincia de Sucumbíos**

- a. Kichwa, organizada en la Federación de Organizaciones Indígenas de (FOISE), con 56 comunidades de base.
- b. Cofán, organizada en la Federación Indígena de la Nacionalidad Cofán del Ecuador (FEINCE), con cuatro comunidades de base.
- c. Secoya, organizada en la Organización de Indígenas Secoyas del Ecuador (OISE), con tres comunidades de base.
- d. Shuar, organizada en la Federación Provincial de Centros Shuar de Sucumbíos (FEPCSHS); y
- e. Siona, organizada en la Organización de la Nacionalidad Siona del Ecuador (ONISE), con tres comunidades de base.

#### **1.1.7.1 Pueblo Kichwa de la Amazonia**

Los Kichwa de la Amazonía se definen a sí mismos como “runas” (personas, seres humanos) y si bien su proceso de constitución es resultante de intensas y continuas relaciones interétnicas, mantienen una serie de elementos que les permite diferenciarse, incluso al interior de los propios Kichwa, así: los Kichwa del Napo expresan una dualidad étnica que se manifiesta en dos conceptos de identificación opuestos, el de Ali Runa o del buen indígena cristiano, frente al de Sacha Runa o habitante de la selva.

Los Kichwa de la Amazonía mantienen en la actualidad su cosmovisión, prácticas de medicina tradicional, costumbres y el quichua como lengua de la comunidad, que les da un sentido de identidad cultural muy fuerte, aunque han modificado otras manifestaciones como su vestuario.



**Figura 14.** Pueblo Kichwa de la Amazonia  
**Fuente:** (FLACSO, 2012)

Los Kichwa de la amazonia han experimentado un rápido y consolidado proceso organizativo.

Con la finalidad de defender sus derechos legítimos se han organizado las siguientes federaciones: Federación de Organizaciones Kichwa de Sucumbíos – FOKISE-; Federación de Comunas de Nativos de la Amazonia Ecuatoriana – FCUNAE-; Federación de Organizaciones de la Nacionalidad Kichwa del Napo – FONAKIN- y la Organización de Pueblos Indígenas de Pastaza –OPIP-.

La unión de estas federaciones conforman la Confederación de las Nacionalidades Indígenas de la Amazonia Ecuatoriana, CONFENIAE, filial de CONAIE. (Fundación José Peralta, 2011-2012) (IGM, 2012)

### 1.1.7.2 Nacionalidad A'ICOFAN

Son alrededor de 728 en el Ecuador se autodenominan A'Ique significa gente. Su idioma es el A'ingae. La organización tradicional se basaba en grupos de descendencia patrilineal o “antia”, dirigida por el shaman, su líder político y religioso.



**Figura 15.** Nacionalidad A'ICOFAN  
**Fuente:** (CONAIE, 2012)

Su subsistencia se basa en una agricultura itinerante, complementada con caza, pesca y recolección de frutos; Conservan sus vestidos tradicionales que son símbolos muy importantes de su identidad, aunque muchos utilizan vestuario occidental.

Actualmente, su organización se basa en la comunidad, la unión de las mismas constituyó la Organización Indígena de los Cofán del Ecuador, FEINCE, miembro de la CONFENIAE y de la CONAIE. (Fundación José Peralta, 2011-2012) (IGM, 2012)

### 1.1.7.3 NACIONALIDAD SHUAR

Su idioma es el shuar chicham. Se denominan así mismo Untsuri Shuar “gente de la montaña”, es el grupo más grande de la cuenca amazónica. Su agricultura es itinerante, usan la técnica de roza y quema. Practican también ganadería. Actualmente son sedentarios lo que ha modificado en parte su sistema sociocultural.



**Figura 16.** Nacionalidad Shuar  
**Fuente:** (CONAIE, 2012)

Su cultura posee varios mitos, afirman que el viento, los truenos, las estrellas, los animales y las plantas son reencarnaciones de almas que existieron en el pasado. Una de las figuras más sobresalientes es Nunkui, la diosa de la madre tierra. (Fundación José Peralta, 2011-2012) (IGM, 2012)

### 1.1.7.4 NACIONALIDAD HUAORANI

Su idioma es el huao tiro. Practican una agricultura itinerante, cada familia posee varias parcelas que las cultivan en forma cíclica y alternada, además de la caza y la pesca. La unidad básica tradicional o grupo domestico es el “nanicabo”, constituido por familias ampliadas o múltiples compuestas por un numero de seis a diez familias que habitan bajo un mismo techo o “maloca”; estos grupos domésticos son

autosuficientes, autónomos y están organizados alrededor de un anciano o anciana de cuyo nombre se deriva el nombre del grupo domestico.



**Figura 17.** Nacionalidad Huaorani  
**Fuente:** (EL COMERCIO, 2012)

Gran parte de las comunidades están formadas por dos o tres “huaomoni” de diverso origen. Una minoría vive ya sea en “malocas agrupadas” o en “grupos domésticos aislados”. Su máximo organismo es el Consejo Byle Huorani, que es la Asamblea de toda nacionalidad.

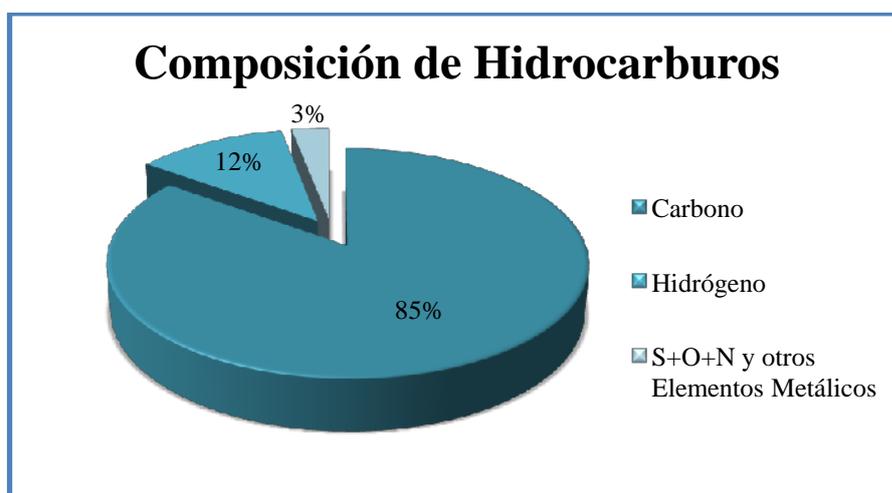
La mayor representación externa es la Organización de la Nacionalidad Waorani de la Amazonia Ecuatoriana –ONHAE-, conformada a partir de los años 90. La ONHAE es miembro de la COFEINAE y de la CONAIE. (Fundación José Peralta, 2011-2012) (IGM, 2012)

## 1.2 Marco Conceptual

### 1.2.1 El Petróleo

El petróleo es un mineral combustible líquido que se encuentra en la envoltura sedimentaria de la Tierra. Es más denso que el agua, con un olor fuerte y característico. Se extrae del subsuelo terrestre y marino.

Los hidrocarburos están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. La composición varía dependiendo el lugar donde se han formado. Las diferencias entre unos y otros se deben, a las distintas proporciones de las diferentes fracciones de hidrocarburos, y a la variación de concentración de azufre, nitrógeno y metales. La composición media del petróleo es como indica la **Figura 18**.

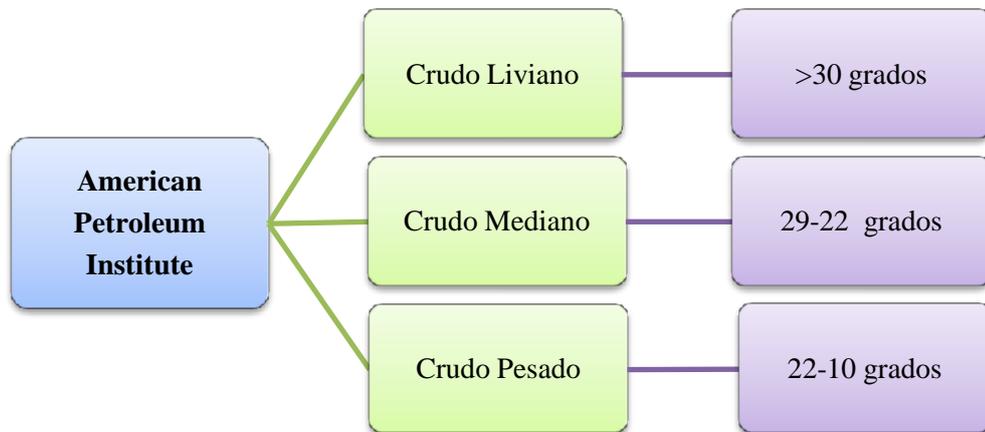


**Figura 18.** Composición de Hidrocarburos

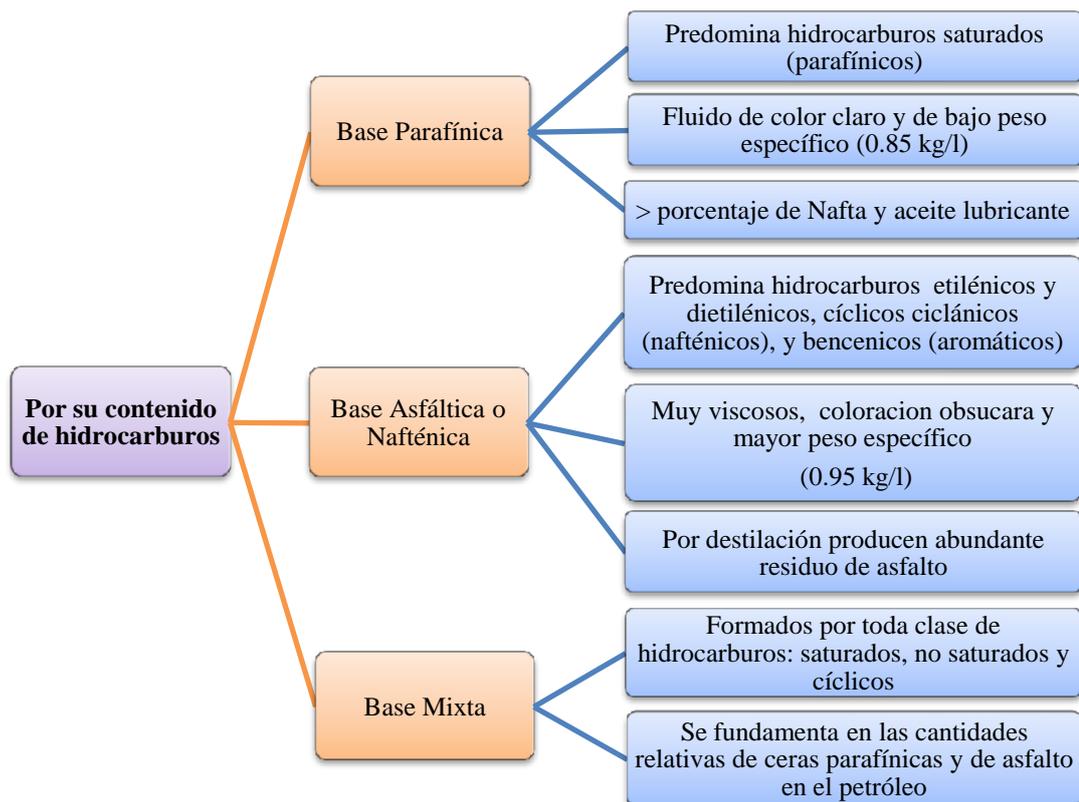
**Fuente:** Irina Cuesta S. con información de (EP PETROECUADOR, 2009)

El petróleo, en su estado natural, varía su color de un claro blanquecino (crudo liviano) pasando por el castaño o verdoso, hasta llegar a un material negro asfáltico pesado, casi sólido o duro, por efecto de su densidad.

El petróleo se clasifica en función de su calidad en grados API o por su contenido de hidrocarburos. Ver **Figura 19** y **Figura 20**



**Figura 19.** Clasificación del Petróleo en Función de los Grados API  
**Fuente:** Irina Cuesta S. con información de (EP PETROECUADOR, 2009)



**Figura 20.** Clasificación del Petróleo en Función del Contenido de Hidrocarburos  
**Fuente:** Irina Cuesta S. con información de (EP PETROECUADOR, 2009)

El crudo ecuatoriano en mayor volumen es de base parafínica y otra parte menor asfálténica. (EP PETROECUADOR, 2009)

## **1.2.2 Sistema de Transporte de Petróleo**

El transporte de petróleo es una de las operaciones de la industria, que a través de una acción sostenida, almacena y conduce el crudo a diferentes puntos de entrega, sea para su venta o exportación, o para abastecer a las refinerías y procesar derivados o combustibles. Ver **Figura 21**.

### **1.2.2.1 SOTE**

El Sistema de Oleoducto Transecuatoriano – SOTE constituye la columna vertebral del sistema de transporte en el Ecuador. Durante 40 años de su funcionamiento ha recibido y transportado 4.000 millones de barriles de forma ininterrumpida.

La construcción del este Oleoducto, se inició el 17 de julio de 1970 con la adjudicación por parte de Consorcio Texaco-Gulf a la compañía William Brothers; su inauguración se realizó en junio de 1972.

El Oleoducto es una línea de transporte de 503 kilómetros de longitud, tuberías de 55 centímetros de diámetro. Atraviesa el país desde la estación de bombeo en Lago Agrio en la provincia de Sucumbíos hasta el puerto petrolero de Balao en la provincia Esmeraldas.

Además cuenta con seis estaciones bombeo (Lago Agrio, Lumbaqui, El Salado, Baeza, Papallacta y Quinindé), cuatro estaciones de reductoras de presión (San Juan, Chiriboga, La Palma y Santo Domingo), un terminal marítimo en Balao, una monoboya, un sistema de tratamiento de aguas de lastre, dieciocho tanques de almacenamiento de crudo, un sistema electrónico de supervisión y adquisición automática de datos y un sistema integral de comunicaciones de radio y televisión. (EP PETROECUADOR, 2009)

### **1.2.2.2 OTA**

El Oleoducto Transandino de Colombia transporta petróleo de propiedad de Petroecuador, a través de un ramal desde Lago Agrio (en Ecuador) hasta Orito

(Colombia) y desde allí se transporta al puerto de Tumaco en Colombia. Para luego por cabotaje ser llevado hasta la península de Santa Elena, tiene una extensión de 26 kilómetros y transporta entre 45 y 60 mil barriles diarios de crudo liviano que se destina a la Refinería de La Libertad.

El oleoducto transandino se utiliza como vía alterna para transportar la producción de petróleo desde Lago Agrio, a raíz que ocurrió el terremoto de 1987.

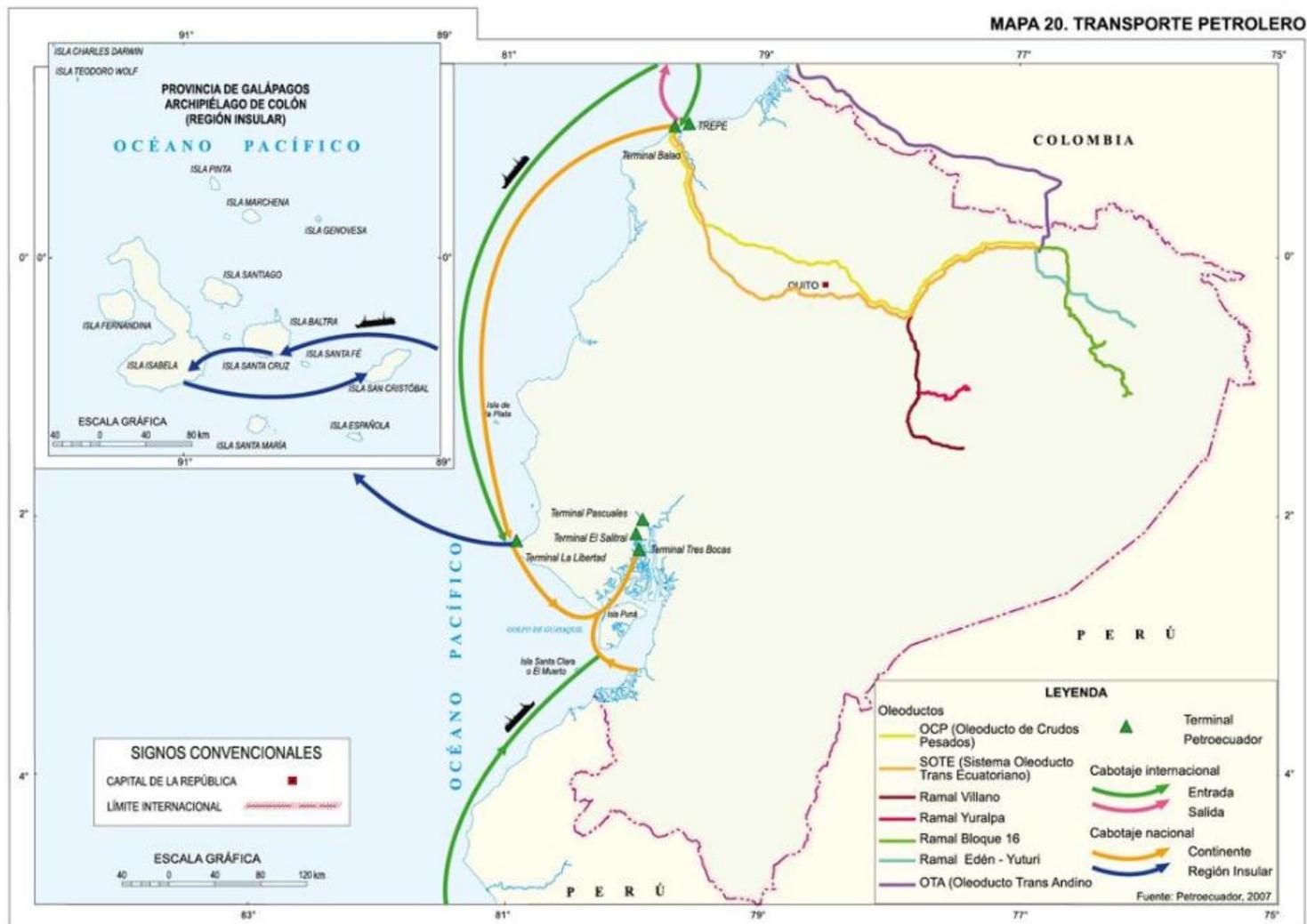
El sistema compuesto, es decir SOTE mas OTA, llegaron a transportar un promedio de 440.000 BPPD, 390.000 de crudo por el SOTE y 50.000 de crudo por el OTA. (EP PETROECUADOR, 2009)

### **1.2.2.3 Oleoducto de Crudos pesados (OCP)**

Compañía formada por: Agip, Oxy, Andes Petroleum, Repsol, Petrobras y Perenco. Con una inversión aproximada de 1.400 millones de dólares. La compañía OCP Limited tendrá 22 años de operación de este ducto y luego será traspasado al Estado ecuatoriano.

El OCP es un sistema de transporte conformado por: el ducto, instalaciones de almacenamiento, bombeo y carga en buques; tienen una longitud de 503 kilómetros y une Nueva Loja con Balao en Esmeraldas, Sigue una ruta paralela al SOTE, desviándose en una parte del norte de la ciudad de Quito, con una capacidad de transporte de 45.000 al 36% de su capacidad.

(EP PETROECUADOR, 2009)



**Figura 21.** Mapa de Transporte de Petróleo  
Fuente: (IGM, 2012)

### 1.2.3 Derrame de Petróleo y Pasivos Ambientales

La liberación de hidrocarburos al ambiente es conocido como derrame, estos son producidos por causas operacionales imprevistas o por causas naturales, generalmente se originan durante las fases producción y transporte del crudo.

El crudo es una mezcla de hidrocarburos que contiene sustancias tóxicas, entre ellas se encuentran algunos compuestos orgánicos volátiles (COVs), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y metales pesados, los cuales al ser vertidos al ambiente provocan la contaminación del agua y del suelo, daños a ecosistemas, daños a cultivos, daños a la propiedad privada, muerte de especies animales y vegetales, entre los más notables. (PRAS/ SIPAS)

Los derrames en ocasiones se convierten en pasivos ambientales; ya que, son daños ambientales negativos no reparados, o aquellos que han sido intervenidos previamente pero de forma inadecuada o incompleta y continúan estando presentes en el ambiente, constituyendo un riesgo a la población siendo en su mayoría la población rural, que en gran medida se provee de agua de los cuerpos hídricos y de los alimentos cultivados en sus parcelas, los cuales al estar contaminados, desencadenan graves daños para la salud de la población. (MAE, 2011)

Para realizar esta Evaluación de Pasivos Ambientales, se planificó y delimitó como tramo de investigación entre la Estación N°03 – El Salado y la Estación N°02 – Lumbaquí. En la **Figura 22** se muestra la ubicación de los Pasivos Ambientales registrados.

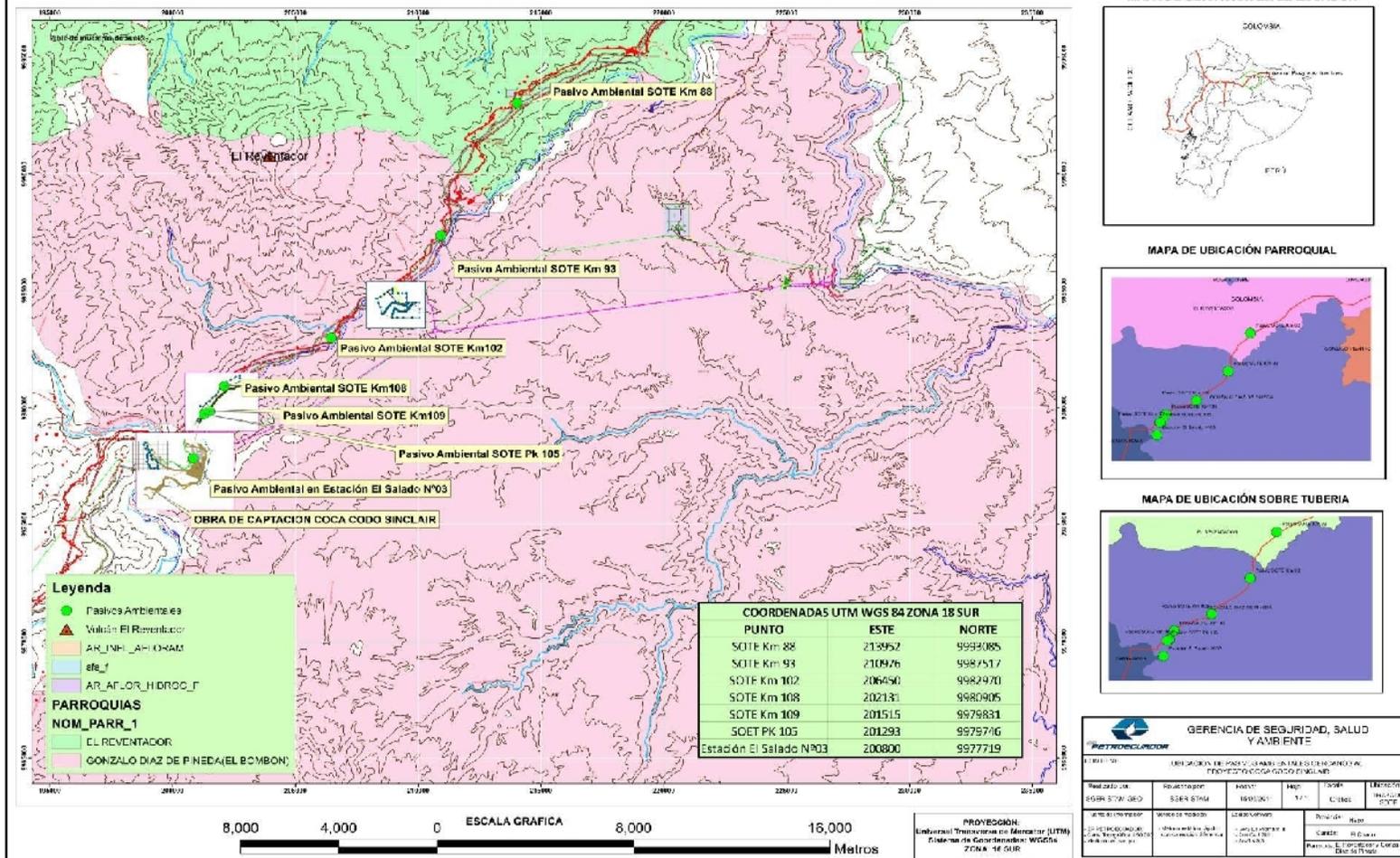
UTM WGS 84 ZONA 18 SUR

LUGAR	ESTE	NORTE
ESTACION N°03 – EL SALADO	199799	9977341
ESTACION N°02 - LUMBAQUI	242607	10005725

**Tabla 5.** Coordenadas de limitantes del tramo

**Fuente:** (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012)

## UBICACION DE PASIVOS AMBIENTALES CERCANOS AL PROYECTO COCA CODO SINCLAIR



**Figura 22.** Ubicación de los Pasivos Ambientales Cercanos al Proyecto Coca Codo Sinclair  
Fuente: (Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A, 2012)

#### 1.2.4 Matriz de Importancia

La matriz de importancia permite el desarrollo de una evaluación de los pasivos ambientales de forma cualitativa valiéndose del análisis de criterios como son: la intensidad, área de influencia, plazo de manifestación, permanencia del efecto, reversibilidad, sinergia, acumulación, relación de causa- efecto, regularidad de manifestación y recuperabilidad.

Estos criterios están basados en la metodología Delphi modificada propuesta por Domingo Orea en su libro “EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL”.

La correlación de variables definirán los niveles de importancia que presenta el pasivo, donde por su alcance se puede definir el tipo de impacto, como de: importancia ligera, importancia moderada, importancia alta; con el fin de plantear su respectiva solución.

Esta metodología fue aplicada para el proyecto de identificación y evaluación de los pasivos ambientales existentes en el Muelle Sur del Terminal Portuario del Callao en Perú y en la evaluación de los pasivos ambientales en el proyecto del Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil.

Los criterios de evaluación están atribuidos por un valor numérico con los cuales se determina el de mayor valor para efectos desfavorables y al contrario un valor menor para efectos favorables (Gómez Orea, 2002); estos criterios son descritos a continuación con su respectiva escala de valoración:

*Intensidad (I):* Se refiere al grado de destrucción sobre el ambiente.

Baja	1
Media	2
Alta	3

**Tabla 6.** Escala de Intensidad (I)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Área de influencia (AI):* Se refiere al área de influencia del impacto que puede alcanzar la contaminación. Este puede ser local si genera un efecto en el sitio, regional si el efecto se presenta de forma considerable en el terreno o extra regional si la incidencia del contaminante afecta en gran magnitud al medio.

Local	1
Regional	2
Extra regional	3

**Tabla 7.** Escala de Área de Influencia (AI)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Plazo de manifestación (PZ):* Es el tiempo que dura desde el momento en que se presento la contaminación y la aparición de su efecto sobre el ambiente. Este puede ser de largo plazo, mediano plazo o inmediato.

Largo plazo	1
Medio plazo	2
Inmediato	3

**Tabla 8.** Escala Plazo de Manifestación (PZ)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Permanencia del efecto (PE):* Se refiere al tiempo que se cree permanecería el efecto del pasivo desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la contaminación por acción de medios naturales o mediante intervención de medidas correctoras.

Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	3

**Tabla 9.** Escala de Permanencia del efecto (PE)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Reversibilidad (R):* Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales; se considera de corto y mediano plazo cuando el efecto del pasivo puede ser asimilado por el medio sin ninguna intervención e

irreversible cuando el medio contaminado no puede retornar a su estado inicial libre del efecto del pasivo.

Corto plazo	1
Medio Plazo	2
Irreversible	3

**Tabla 10.** Escala de Reversibilidad (R )  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Sinergia (S):* Este atributo contempla la posibilidad del incremento del efecto del pasivo por causa de la incidencia de varios agentes externos.

Sin sinergismo	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	3

**Tabla 11.** Escala de Sinergia (S)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Acumulación (AC):* Se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto del pasivo, cuando persiste de forma continua o reiterada la acción que lo genera, este puede ser simple (cuando es ocasional) y acumulativo (si se presenta de forma continua).

Simple	1
Acumulativo	3

**Tabla 12.** Escala de Acumulación (AC)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Relación causa – efecto (RCE):* Se refiere a la forma de manifestación del efecto ocasionado por el pasivo sobre el medio siendo efectos directos o indirectos.

Indirecto	1
Directo	3

**Tabla 13.** Escala de Relación causa- efecto (RCE)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Regularidad de manifestación (RM):* Se refiere regularidad de manifestación del efecto del pasivo sobre el medio ambiente en función de alteraciones de permanencia siendo irregular, periódico o continuo.

Irregular	1
Periódico	2
Continuo	3

**Tabla 14.** Escala de Regularidad de Manifestación (RM)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

*Recuperabilidad (RE):* Se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la contaminación por pasivos por intervención humana clasificándola como recuperable, mitigable o irrecuperable.

Recuperable	1
Mitigable	2
Irrecuperable	3

**Tabla 15.** Escala de Recuperabilidad (RE)  
**Fuente:** (Gómez Orea, 2002)

Con los criterios a evaluar se formo la siguiente matriz de importancia para evaluación de pasivos ambientales, presente en la **Tabla 16**. Para el cálculo de la importancia se determino la **Ecuación 1** propuesta en por Domingo Orea en su libro “EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL” con la cual se trabajara más adelante en el CAPITULO 2 Evaluación de Pasivos Ambientales.

PASIVO	I	AI	PZ	PE	R	S	AC	RCE	RM	RE	IM

**Tabla 16.** Matriz de Evaluación  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

**Ecuación 1.** Importancia (IM)

$$(IM)=3(I)+2(AI)+(PZ)+(PE)+(R)+(S)+(AC)+(RCE)+(RM)+(RE)$$

### **1.3 Marco Legal**

La investigación se respalda en la normativa ambiental vigente en el Ecuador, de acuerdo a lo estipulado en la Constitución, Convenios y Acuerdos Internacionales suscritos por el Estado Ecuatoriano y Legislación Nacional.

La normativa ambiental vigente en el Ecuador en la cual se fundamenta el estudio son:

#### **1.3.1 Constitución de la República del Ecuador**

R. O. No. 449, 20 de Octubre de 2008

La Constitución de la república del Ecuador es la primera en el mundo que reconoce los derechos de la naturaleza y observa el cumplimiento de uno de sus más grandes objetivos como es el respeto e implantación de derechos del Buen Vivir para la población Ecuatoriana como lo señala en los *Artículos 14, 71 y 250* a mas de garantizar la recuperación, remediación y mitigación ambiental establecido en el *Artículo 72 y Artículo 73*.

#### **1.3.2 Convenios Internacionales - Ecuador**

Ecuador ha suscrito y ratificado diversos Convenios Ambientales Internacionales como son:

- \* Convenio sobre Diversidad Biológica que lo suscribió en 1992 y lo ratificó en 1993.
- \* Convenio de Rio de Janeiro 14 de Junio de 1992.
- \* Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1992.
- \* Ratificó el Protocolo de Kioto en diciembre de 1999.

### **1.3.2.1 Convenio Sobre Diversidad Biológica**

NACIONES UNIDAS 1992

El *Art 14* del convenio sobre diversidad biológica puntualiza las responsabilidades de la parte contratante en la “*Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso.*”

### **1.3.2.2 Declaración de Río De Janeiro**

BRASIL, 14 de Junio de 1992

Proclama veintisiete principios en los cuales fomenta:

El derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, la protección del medio ambiente como parte integrante del proceso de desarrollo, equidad entre desarrollo y las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras, desarrollo de legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de contaminación y de otros daños ambientales.

### **1.3.2.3 Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático**

NACIONES UNIDAS 1992

Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático en el *Art. 2* establece su objetivo el cual es “*lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.*” De tal forma que los ecosistemas puedan adaptarse naturalmente y de forma segura al cambio climático y prosiga de manera sostenible.

### **1.3.2.4 Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático**

NACIONES UNIDAS 1998

El acuerdo entro en vigor el 16 de febrero del 2005, sólo después de que 55 naciones que suman el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero lo ratificaran, para el 09 de diciembre del 2012 se realiza la Conferencia de Naciones Unidas del Cambio Climático en Doha – Catar en la cual se aprueba la prórroga del compromiso del Protocolo de Kioto para el 2020, en ella 37 países lo representado el 15% del total de emisiones contaminantes mundiales.

El objetivo del Protocolo de Kyoto es conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990. Este es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos. Para ello contiene objetivos legalmente obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los 6 gases de efecto invernadero de origen humano como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). (Refinería del Pacífico Eloy Alfaro, 2012)

### **1.3.3 Leyes Nacionales**

#### **1.3.3.1 Ley de Gestión Ambiental**

R. O. No. 245, 30 de Julio de 1999

El TITULO I Ámbito y principios de la gestión ambiental señala en el Art. 2 “*La gestión ambiental está sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnología alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.*” En el TITULO III Instrumentos de gestión ambiental establece:

Art. 21 “*Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de*

*riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono.”*

Art. 23 indica el alcance de la evaluación del impacto ambiental como es la estimación de los efectos causado a la población, suelo, agua aire, paisaje patrimonio histórico, etc.

Art. 33 *“Establecerse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes:*

*Parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento”.*

### **1.3.3.2 Ley Orgánica de Salud**

R.O No. 423 Suplemento, 22 de diciembre de 2006

En el Art. 3. Se define a la salud como *“el completo estado de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.”* y se lo afirma como *“un derecho humano inalienable, indivisible, irrenunciable e intransigible, cuya protección y garantía es responsabilidad primordial del Estado”*

### **1.3.3.3 Ley Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización**

R.O. No. 303 Primer Suplemento, 19 de Octubre de 2010

El COOTAD con 640 artículos (598 artículos, 9 disposiciones generales, 31 disposiciones transitorias y dos reformativas) se convirtió en ley de la República, la cual establece en Art. 1. La organización político-administrativa del Estado ecuatoriano en el territorio, *“el régimen de los diferentes niveles de gobiernos autónomos*

*descentralizados y los regímenes especiales, con el fin de garantizar su autonomía política, administrativa y financiera. Además, desarrolla un modelo de descentralización obligatoria y progresiva a través del sistema nacional de competencias, la institucionalidad responsable de su administración, las fuentes de financiamiento y la definición de políticas y mecanismos para compensar los desequilibrios en el desarrollo territorial”.*

#### **1.3.3.4 Ley Código Orgánico de la Producción**

R.O No. 351, 29 de Diciembre del 2010

En el LIBRO VI Sostenibilidad de la producción y su relación con el ecosistema TÍTULO I De la eco-eficiencia y producción sostenible Art. 232. *“se entenderán como procesos productivos eficientes el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto; adoptadas para reducir los efectos negativos y los daños en la salud de los seres humanos y del medio ambiente. Estas medidas comprenderán aquellas cuyo diseño e implementación permitan mejorar la producción, considerando el ciclo de vida de los productos así como el uso sustentable de los recursos naturales.*

*También, se entenderán como procesos productivos más eficientes y competitivos, la implementación de tecnologías de punta, que permitan mejorar la administración y utilización racional de los recursos, así como prevención y control de la contaminación ambiental, producto de los procesos productivos, la provisión de servicios y el uso final de los productos.”*

### **1.3.3.5 Codificación de la Ley De Hidrocarburos**

Decreto Supremo No. 2967, Suplemento del Registro Oficial 244,  
27-Julio -2010

## **CAPÍTULO III**

*Art. 31.-* (Reformado por la Ley 101, R.O. 306, 13-VIII-1982; por la Ley 45, R.O. 283, 26-IX-1989; y, por los Arts. 18, 19 y 20 del Decreto Ley s/n, R.O. 244-S, 27 VII-2010).- PETROECUADOR y los contratistas o asociados, en exploración y explotación de hidrocarburos, en refinación, en transporte y en comercialización, están obligados, en cuanto les corresponda, a lo siguiente:

u) (Agregado por el Art. 37 del Decreto Ley 2000-1, R.O. 144-S, 18-VIII- 2000).- Elaborar estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar los impactos ambientales y sociales derivados de sus actividades. Estos estudios deberán ser evaluados y aprobados por el Ministerio de Energía y Minas en coordinación con los organismos de control ambiental y se encargará de su seguimiento ambiental, directamente o por delegación a firmas auditoras calificados para el efecto.

### **1.3.4 Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas**

Decreto Ejecutivo No.1215, Registro Oficial No. 265 / 13 de Febrero de 2001

El Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador fue creado en julio de 1999, como respuesta de respeto y conservación de la naturaleza a mas de brindar seguridad a comunidades indígenas y colonos; fue modificado y publicado en el registro oficial del 13 de febrero del 2001 mediante Decreto Ejecutivo número 1215.

Regula en el *Art. 1 Ambito* – El presente Reglamento Ambiental y sus Normas Técnicas Ambientales inca todas las actividades hidrocarburíferas y establece que en caso de producir impactos ambientales directos estos deben presentar su respectivo Estudio Ambiental.

El *CAPÍTULO XII Límites permisibles* establece en el *Art. 86 Parámetros* “*Los sujetos de control y sus operadoras y afines en la ejecución de sus operaciones, para descargas líquidas, emisiones a la atmósfera y disposición de los desechos sólidos en el ambiente, cumplirán con los límites permisibles que constan en los Anexos de este Reglamento.*”

El presente estudio se valdrá de los siguientes anexos y tablas:

- Anexo 2: Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental.  
b.4) Tabla No. 6: Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.
  
- Anexo 5: Métodos analíticos

**1.3.5 Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio Del Ambiente (TULSMA)**  
31 de Marzo del 2003

El Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) fue publicado por el Ministerio del Ambiente, con el fin de establecer y unificar las disposiciones legales referentes a la protección del ambiente.

El presente documento se valdrá del Libro VI Calidad Ambiental, principalmente del TÍTULO IV, Reglamento a la ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y del Anexo II. Norma de Calidad Ambiental para Recurso Suelo. Tabla 2 Criterios de Calidad del Suelo y Tabla 3 Criterios de Remediación o Restauración.

## CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES

### 2.1 Caracterización

Para la remediación de un suelo contaminado en primer lugar se debe llevar a cabo su caracterización, esto implica actividades de muestreo y análisis que tienen como finalidad determinar la extensión y naturaleza de la contaminación; provee bases para adquirir información técnica necesaria para desarrollar, proyectar, analizar y seleccionar las técnicas de limpieza más apropiadas. El principal objetivo de la caracterización, es la toma de decisiones basadas en la información existente. (Volke Sepúlveda, Velasco Trejo, & de la Rosa Pérez, Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV, 2005).

En la **Figura 23** se muestra las etapas que sigue la caracterización del suelo.



**Figura 23.** Etapas de caracterización del suelo

**Fuente:** adaptado por Irina Cuesta S. de la información de (Volke Sepúlveda, Velasco Trejo, & de la Rosa Pérez, Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV, 2005)

## **2.2 Metodología de Campo**

En la metodología de campo se optó por desarrollar un plan de muestreo en el cual de forma sintetizada se establece en la **Tabla 20**, donde se describen los factores más importantes a considerar como es: el parámetro a evaluar, la elección del punto, duración de estudio en el campo, las características de la muestra, forma de preservación de la muestra y materiales a usar. Cada uno de los puntos presenta sus observaciones y procedimientos a aplicar.

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los factores a considerar durante el trabajo en campo.

### **2.2.1 Parámetro de Análisis (TPH)**

El término hidrocarburos totales de petróleo (TPH) se usa para describir a un grupo extenso de sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo crudo. Se conoce como hidrocarburos, porque la mayoría de sus componentes están formados de átomos de carbono e hidrógeno.

Los efectos de la exposición radican en el tiempo de exposición, forma de absorción del organismo y concentración de las sustancias que componen los TPH. Los compuestos en las diferentes fracciones de los TPH afectan la salud de manera diferente.

Algunos de los componentes de los TPH como: el benceno, tolueno y xileno afectan el sistema nervioso de seres humanos. El compuesto n-hexano en concentraciones altas pueden ser fatales; ya que, causa “neuropatía periférica”, caracterizada por pérdida de la sensación en extremidades inferiores y en casos graves ocasiona parálisis. Otros compuestos de forma general producen irritación de la garganta y el estómago, pueden afectar a: la sangre, el sistema inmunitario, el hígado, el bazo, los riñones, los pulmones y daño fetal. (Departamento De Salud Y Servicios Humanos De Los EE.UU., 1999)

“La cantidad de TPH que se encuentra en una muestra sirve como indicador general del tipo de contaminación que existe en el sitio. Sin embargo, la cantidad de TPH que se mide suministra poca información acerca de como hidrocarburos de petróleo específicos pueden afectar a la gente, los animales y las plantas.” (Departamento De Salud Y Servicios Humanos De Los EE.UU., 1999) Por lo que en la legislación vigente del Ecuador se establece en el Reglamento Sustitutivo Del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (Decreto Ejecutivo 1215) los límites permisibles de acuerdo a los usos de suelo como se muestra en la **Tabla 17**.

Parámetro	Expresado en	Unidad <sup>1)</sup>	Uso agrícola <sup>2)</sup>	Uso industrial <sup>3)</sup>	Ecosistemas sensibles <sup>4)</sup>
<b>Hidrocarburos totales</b>	TPH	mg/kg	<2500	<4000	<1000
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)</b>	C	mg/kg	<2	<5	<1
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/kg	<2	<10	<1
<b>Níquel</b>	Ni	mg/kg	<50	<100	<40
<b>Plomo</b>	Pb		<100	<500	<80

<sup>1)</sup> Expresado en base de sustancia seca (gravimétrico; 105°C, 24 horas).

<sup>2)</sup> Valores límites permisibles enfocados en la protección de suelos y cultivos.

<sup>3)</sup> Valores límites permisibles para sitios de uso industrial (construcciones, etc.).

<sup>4)</sup> Valores límites permisibles para la protección de ecosistemas sensibles tales como Patrimonio Nacional de Áreas Naturales y otros identificados en el correspondiente Estudio Ambiental.

**Tabla 17.** Tabla 6: Límites Permisibles.-para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.

**Fuente:** Reglamento Sustitutivo Del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (Decreto Ejecutivo 1215)

### 2.2.2 Elección del punto de muestreo

A continuación se muestra en la **Tabla18** el Inventario de Pasivos Ambientales por Presencia de Hidrocarburo presentes en el tramo de estudio.

NÚMERO	PASIVO	X	Y	Imagen
1	PK110	200800	9977719	
2	PK109	201515	9979831	
3	PK107-108	202131	9980905	
4	PK105-106	202070	9980343	

5	PK102	206450	9982970	
6	PK101	207336	9963318	
7	PK100	208482	9964374	
8	PK87+500	213952	9982970	
9	PK139	215573	9993911	
10	PK85	215784	9994088	

11	PK138	215987	9994177	
----	-------	--------	---------	---

**Tabla 18.** Inventario de pasivos ambientales por hidrocarburos en el tramo de estudio  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

### 2.2.2.1 Desarrollo de Matriz de Importancia

De la observación directa e investigación en campo, se asigno los siguientes valores en función de las respectivas escalas mencionadas, en el literal 1.2.4 Criterios a Evaluar.

PASIVO	I	AI	PZ	PE	R	S	AC	RCE	RM	RE	IM
PK 110	3	2	3	3	2	3	1	3	2	2	32
PK 109	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	15
PK 107- 108	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27
PK105-106	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27
PK 102	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	25
PK 101	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	15
PK 100	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27
PK 87+500	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27
PK 139	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27
PK 85	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27
PK 138	3	1	3	3	2	2	1	1	1	3	27

**Tabla 19.** Matriz de Evaluación Calificada  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

De acuerdo a lo expuesto por la **Ecuación 1** se determino que el pasivos con mayor importancia a ser evaluados son los pasivos ambientales: Pasivo SOTE km 110 ubicado en la Estación el Salado N°03.

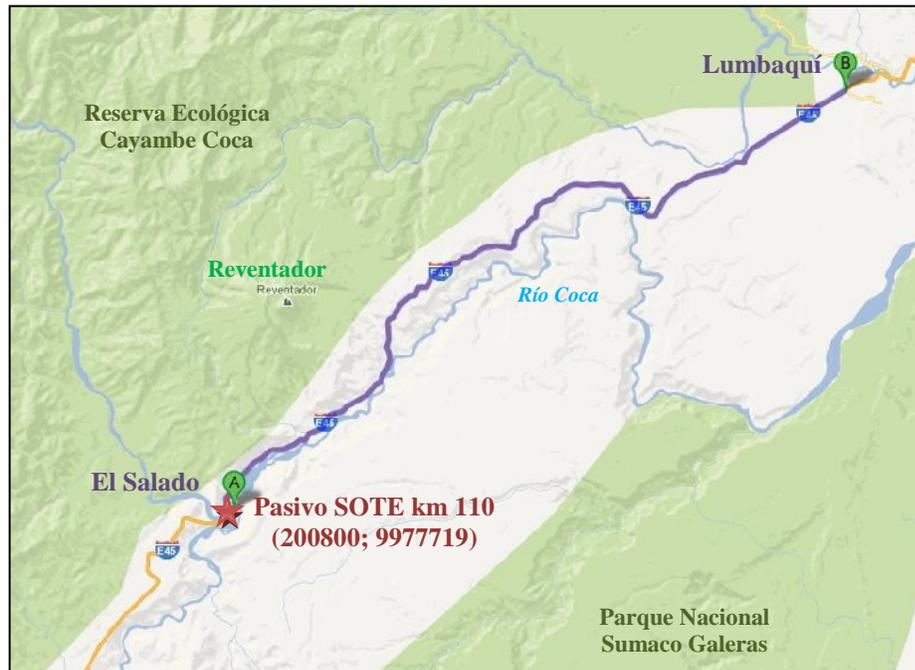
De los puntos a analizar, se eligió para la toma de muestras el Pasivo SOTE Km 110 por su importancia identificada en la matriz de importancia, su cercanía a la obra de captación del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair, cuerpos hídricos y facilidad de acceso.

Ver **Tabla 20** coordenadas del pasivo elegido y **Figura 24** ubicación espacial del pasivo de estudio.

NÚMERO	PASIVO	X	Y
1	PK110	200800	9977719

**Tabla 20.** Ubicación de Pasivo Ambiental PK 110

**Fuente:** adaptado por Irina Cuesta S. de la información proporcionada por ServiGARLIN



**Figura 24.** Mapa de la Ubicación Geográfica Pasivo Ambiental Elegido

**Fuente:** adaptado por Irina Cuesta S. de (<http://maps.google.com/>)

### 2.2.3 Muestreo

Con el objeto de conocer el estado de una población total o universo se desarrolla la actividad conocida como muestreo, en la cual se toma partes representativas del universo. (Volke Sepúlveda, Velasco Trejo, & de la Rosa Pérez, Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV, 2005)

*“El muestreo de un suelo se diseña y conduce para cumplir con uno o varios de los siguientes objetivos, como es determinar si representa riesgo a la salud y/o ambiente, determinar la presencia y concentración de contaminantes específicos, con respecto a las concentraciones naturales del sitio o dar seguimiento de las acciones de control o de limpieza (Barth et al. 1989)” (Volke Sepúlveda, Velasco Trejo, & de la Rosa Pérez, Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV, 2005)*

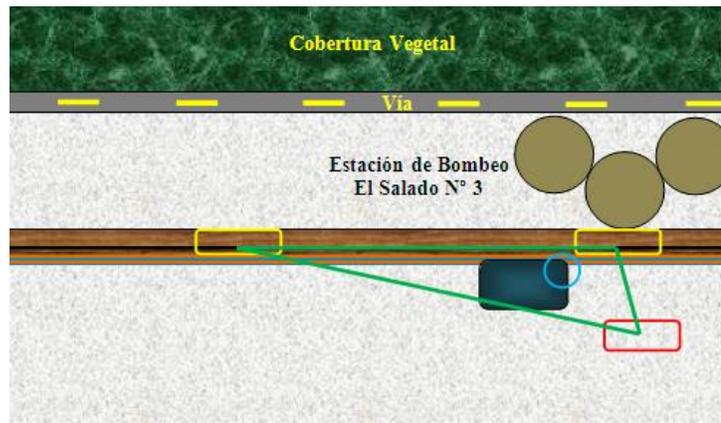
El muestreo representativo debe tener altos niveles de precisión y exactitud, entendiéndose como exactitud a la aproximación del análisis del suelo con respecto al contenido real en campo, y la precisión describe la posibilidad de reproducir los resultados. (Volke Sepúlveda, Velasco Trejo, & de la Rosa Pérez, Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV, 2005)

Para el estudio se va a utilizar un Muestreo Puntual, en los que se recolectaron tres muestras de suelo y una de agua, como se muestra en la **Figura 25**. Adicional se tomo una muestra de control siendo un total de 5 muestras recolectadas.



**Figura 25.** Muestreo Puntual PK110  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

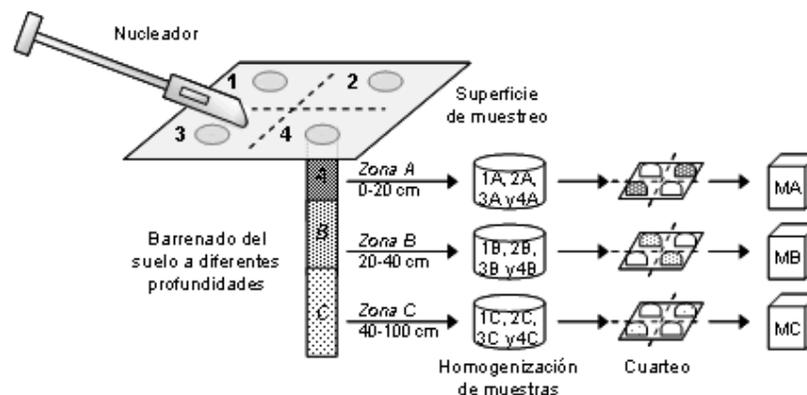
En la **Figura 26**. Se muestra el pasivo ambiental PK 110 y la ubicación de los puntos de muestreo realizados.



**Figura 26.** Esquema de planta PK110  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

La recolección de las muestras bajo el concepto de representatividad se tomo en porciones aproximadas de 600g y siguiendo el método por cuarteo, en el cual se toma cuatro muestras simples para formar una muestra compuesta, esto se realiza diferentes profundidades, dividido en tres zonas de las cuales se toma en función del análisis que se pretende realizar estas son: Zona A (0-20cm), Zona B (20-40 cm) y Zona C (40-100 cm).

Para este estudio la profundidad considerada fue la Zona C de 40-100 cm por el tiempo transcurrido de la contaminación producto del terremoto como se muestra en la **Figura27**.



**Figura 27.** Muestras Compuestas, Descripción de Profundidades por Horizontes  
**Fuente:** (Volke Sepúlveda, Velasco Trejo, & de la Rosa Pérez, Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV, 2005)

Para la conservación de las muestras se utilizó fundas ziploc y se guardó en un lugar oscuro y fresco de 4-6°C.

#### 2.2.4 Instrumentos y material para muestreo

El material e instrumentos usados en campo se detallan en la **Tabla 21** que se muestra a continuación.

<b>Instrumentos de extracción de la muestra</b>	
Nucleador, pala, navajas	
<b>Material de orientación y delimitación de la zona</b>	
GPS, cinta métrica, estacas	
<b>Material para guardar y transportar la muestra</b>	
Bolsas plásticas, Contenedores de polietileno, gel congelante	
<b>Material de seguridad y limpieza</b>	
Guantes de latex, agua, toallas de papel	
<b>Material Extra</b>	
Marcador permanente, marcadores, bolígrafos	

**Tabla 21.** Instrumentos y Material para Muestreo  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

## 2.2.5 Plan De Muestreo

FACTORES A CONSIDERAR		OBSERVACIONES
<i>Parámetro de interés a evaluar</i>	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)	Extracción con cloruro de metileno, cromatografía de gases y determinación FID (GC/FID). Alternativa: Extracción con freón, remoción de sustancias polares en el extracto y determinación por espectroscopía infrarrojo. (RAOHE Anexo 5 Métodos analíticos)
<i>Elección del punto de muestreo</i>	El Salado – Lumbaqui	Información Secundaria Del Sitio Accesibilidad al sitio de muestreo Mapa vial
<i>Duración del estudio en campo</i>	1 a 3 días	Visita de reconocimiento Visita de toma de muestras
<i>Tipo de matriz a muestrear</i>	Suelo	Depende de materia orgánica, arena, limo y arcilla que contenga
<i>Número de muestras</i>	9	Remover de la superficie basura, pasto, piedras y hojas
<i>Tipo de muestra</i>	Muestra compuesta	Figura 26
<i>Tamaño de muestra</i>	Contaminantes inorgánico (150g)	En función del análisis
<i>Profundidad de muestra</i>	Muestra de estrato profundo	Tulas anexo II indica en función del tiempo $\geq 80$ cm; Figura 25
<i>Muestras de control</i>	1	Alejadas del sitio y deben tener las mismas características del suelo de interés
<i>Conservación de muestras</i>	4-6°C	Guardar en un lugar oscuro y fresco
<i>Instrumentos y material de muestreo</i>	Nucleador, navajas, GPS, cinta métrica, Fundas Ziploc, Guantes de latex, agua, gel, toallas de papel, marcador permanente, bolígrafos	Equipo apropiado y limpio después de cada recolección de muestra; recipientes resistente a la ruptura y evitar reacciones químicas, debe tener aproximadamente las mismas dimensiones de la muestra

**Tabla 22.** Plan de Muestreo

**Fuente:** Irina Cuesta S.

### 2.3 Metodología de Laboratorio

El Ecuador no contó con reglamentación ambiental que estableciera métodos para medir hidrocarburos totales en suelos hasta la emisión del Decreto Ejecutivo 1215 en el 2001, sin embargo, su aplicación empezó a mediados de 1990 cuando Texaco ejecutó el Plan de Reparación Ambiental en la Amazonia e implantó el método EPA 418.1 (1979) modificado para su aplicación en suelos por medio de la Universidad Central del Ecuador. (Villacreces, 2011)

Debido a que los TPH se comportan de forma distinta en suelo y agua en la **Tabla 23** se muestra el procedimiento a seguir en laboratorio para determinación de TPH en suelo según (Anexo 5) del reglamento citado (Decreto Ejecutivo 1215); el proceso se inicia con la extracción con cloruro de metileno, cromatografía de gases y determinación FID (GC/FID) o como alternativa determinación por espectroscopia infrarrojo.

SUELOS		
Parámetro	Método	Referencias
Muestreo	Muestra compuesta y representativa (mínimo 15-20 submuestras por hectárea o equivalente homogenización)	
Hidrocarburos totales (TPH)	Extracción con cloruro de metileno, cromatografía de gases y determinación FID (GC/FID). Alternativa: extracción con freón, remoción de sustancias polares en el extracto y determinación por espectroscopia infrarrojo.	Publication No. ECY 97-602 (Washington, Junio de 1997)  EPA 413.1; 1664 (SGT-HEM) ASTM D 3921-96.

**Tabla 23.** Anexo 5: Métodos Analíticos para Suelo

**Fuente:** Reglamento Sustitutivo Del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (Decreto 1215)

## 2.4 Actividades en Campo Evaluación del Pasivo Ambiental PK 110

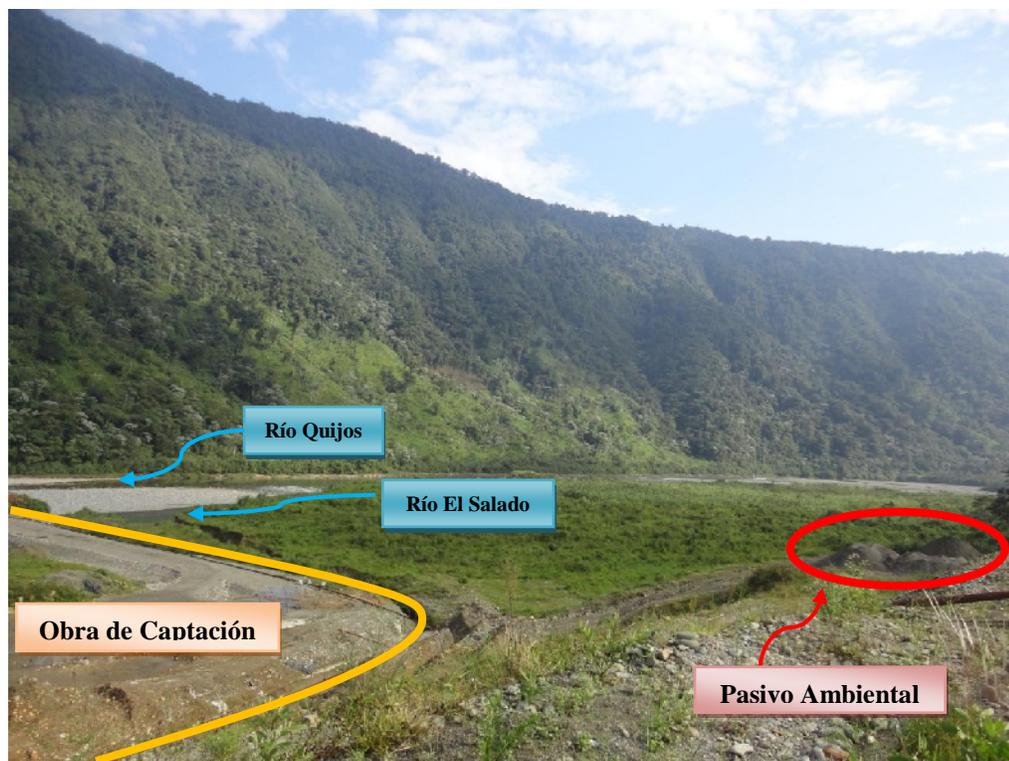
### 2.4.1 Actividades en Campo

El pasivo ambiental se encuentra bajo la estación de Bombeo El Salado, en la cercanía de la obra de captación del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair y en la confluencia del Río Quijos y Río El Saldo para la formación del Río Coca.

X	Y	SITIO
200800	9977719	Estación El Salado N°03

**Tabla 24.** Ubicación del Pasivo Ambiental Estación El Salado N°03

**Fuente:** adaptado por el Irina Cuesta S. de la información proporcionada por ServiGARLIN



**Fotografía 1.** Ubicación del pasivo ambiental Estación El Salado N°03

**Fuente:** Irina Cuesta S.

El pasivo ambiental visualmente es notorio, se observa a una profundidad aproximada de 25 m a partir de la carretera una franja negra por la presencia de hidrocarburo.



**Fotografía 2.** Pasivo ambiental Estación El Salado N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.



**Fotografía 3.** Manchas de hidrocarburo en suelo pasivo ambiental Estación El Salado N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

El pasivo ambiental Estación el Salado N°03 se constituye un problema por diversas causas entre las más importantes esta la proximidad al proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair el cual una vez iniciada la operación de la Hidroeléctrica esta podría verse afectada por filtraciones del contaminante al llegar al río Coca.



**Fotografía 4.** Pasivo ambiental Estación El Salado N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.



**Fotografía 5.** Obra de Captación del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Actualmente (Enero 2013) se encuentra como muestra la **Fotografía 6** y **Fotografía 7**. En las cuales se observa que se está aplicando una técnica de contención para que el contaminante, no filtre y sea canalizado a un depósito en el que se está usando material absorbente; esta técnica de contención es provisional hasta determinar la alternativa de remediación.



**Fotografía 6.** Técnica de Contención para el pasivo ambiental Estación El Salado N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.



**Fotografía 7.** Pasivo ambiental Estación El Salado N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Para la recolección de muestras se procedió a seguir con lo establecido en el plan de muestreo y documentar en función del formato del **Anexo 3**.

Una vez en la ubicación del pasivo seleccionado se procedió a realizar con el muestreo. Por encontrarse realizado un talud algunas de las muestras tomadas se recolectaron de la ladera del mismo, la otra parte en las cercanías, tomando en cuenta lo propuesto en el plan de muestreo.



**Fotografía 8.** Lugar de muestreo  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Las muestras fueron extraídas con barreno, etiquetadas, guardadas en fundas ziploc y transportadas en frío.



**Fotografía 9.** Recolección y transporte de muestras  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

La muestra de control se tomó en la locación de Sardinas del Maderal, en las cercanías del Río Coca, ya que presenta similares condiciones, la muestra de control se extrajo con barreno, se la guardó en funda ziploc y transporte en frío.



**Fotografía 10.** Lugar de muestreo, muestra de control  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

#### **2.4.2 Actividades en Laboratorio**

Para el análisis de laboratorio se procedió a registrar las muestras de suelo, según código de muestra, características del sitio, fecha y hora, parámetros a analizar etc. Acogiendo el formato indicado en el **Anexo 6** para documentar los resultados obtenidos.

Las muestras se entregaron al Laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Geología Minas Petróleos y Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Una vez llegadas las muestras, en el laboratorio<sup>2</sup> se procede a registrar las muestras y prepararlas para la determinación por espectroscopia infrarrojo.



**Fotografía 11.** Muestras recolectadas  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Para la preparación de las muestras el procedimiento fue el siguiente:  
Primer paso: Homogenizar la muestra, se retira rocas y contenido vegetal.



**Fotografía 12.** Homogenización de las muestras recolectadas  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

---

<sup>2</sup> Laboratorio de Ensayos EP PETROECUADOR Noviembre 2012

Segundo paso: Ya homogenizada la muestra se coloca una porción considerable en papel aluminio, el grosor aproximado de la muestra debe ser de  $\pm 0.5$  cm para obtener un buen secado.



**Fotografía 13.** Muestras previo secado  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Tercer paso: Secado de las muestras, se colocan en la estufa a temperatura ambiente por 24 horas.



**Fotografía 14.** Muestras previo secado  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Cuarto paso: Ya seca la muestra pasa a ser triturada en el mortero.



**Fotografía 15.** Muestra seca y mortero de laboratorio  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Quinto paso: La muestra molida es tamizada y colocada en su recipiente con su correspondiente identificación.



**Fotografía 16.** Muestra tamizada  
**Fuente:** Irina Cuesta S.



**Fotografía 17.** Muestras identificadas  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Sexto paso: De forma independiente se determina el porcentaje de peso seco en el analizador de humedad.



**Fotografía 18.** Determinación de porcentaje de peso seco  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Séptimo paso: Se prepara la muestra para la prueba de digestión por microonda.

Se pesa en la balanza analítica:  $1.5\text{g Na}_2\text{SO}_4 + 1.5\text{g Silica Gel} + 2\text{g Muestra}$

De igual forma para el Material de referencia

$1.5\text{g Na}_2\text{SO}_4 + 1.5\text{g Silica Gel} + 2\text{g REF 695}$

$1.5\text{g Na}_2\text{SO}_4 + 1.5\text{g Silica Gel} + 2\text{g REF 3800}$



**Fotografía 19.** Peso de la muestra y de compuestos en la balanza analítica  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Octavo paso: Para la extracción se adiciona a la preparación anterior 10ml de Tetracloroetileno.



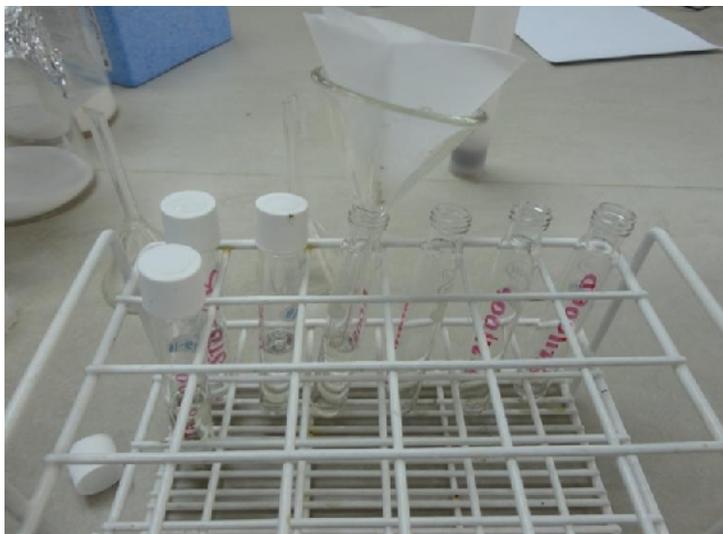
**Fotografía 20.** Tetracloroetileno  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Noveno paso: las muestras son colocadas por 2 horas a temperatura establecida entre 110-120° C en el equipo de Digestión por Microonda, el equipo se encarga de informar cuando las muestras ya están frías y pueden ser retiradas.



**Fotografía 21.** Sistema de Digestión por Microonda  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Decimo paso: Una vez salido el rotor de sistema de digestión, el extracto de las muestras es filtrado.



**Fotografía 22.** Filtrado de muestras  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Una vez obtenido el extracto de las muestras se procede a colocar en el equipo IR para de la determinación TPH por Espectroscopia de Infrarrojo para obtener las lecturas de concentración de TPH.



**Fotografía 23.** Extracto de las muestras  
**Fuente:** Irina Cuesta S.



**Fotografía 24.** Equipo IR  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

## 2.5 Análisis de Resultados de Laboratorio

### 2.5.1 Pasivo Ambiental PK110 Estación El Salado N°03

Las muestras se tomaron próximos a la estación de Bombeo el Salado antes de la obra de captación del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair; el talud está parcialmente cubierto de vegetación, el suelo presenta en el primer estrato material rocoso para continuar con un suelo arenoso y arcilloso, en el talud se evidencia de forma visual la presencia de machas por presencia de hidrocarburos.

Los resultados de laboratorio se muestran en la **Tabla 25**, el cual está en función del Reglamento Sustitutivo Del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburiíferas (Decreto Ejecutivo 1215). Refiérase al Anexo 4.

El Reglamento se establece para ecosistemas sensibles que la contaminación no debe exceder los 1.000 mg/kg de TPH por lo que se determina la presencia de contaminación en las muestras recolectadas al tener una concentración mayor a la establecida con un valor superior a 1.000 mg/kg de TPH.

Los resultados obtenidos se relacionan a varios factores entre los más importantes están: El tipo de suelo presente en la zona, la carretera que fue construida a la par de la reconstrucción del oleoducto lo que evito que se filtre aun más el contaminante; el tiempo transcurrido a partir de la contaminación ocasiono la temporalización del hidrocarburo transformándolo en un material más viscoso siendo retenido por el suelo de partículas arcillosas hasta una profundidad aproximada de 25m a partir de la carretera.

De los análisis se determina que hay la presencia de contaminación por el pasivo ambiental en la cercanía de la Estación de Bombeo El Salado y del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair; en el cual se debe aplicar técnicas de recuperación, para que este no interfiera a futuro con la operación de la Hidroeléctrica y a la vez no sea causa de enfermedades en fauna acuática presente en el área.

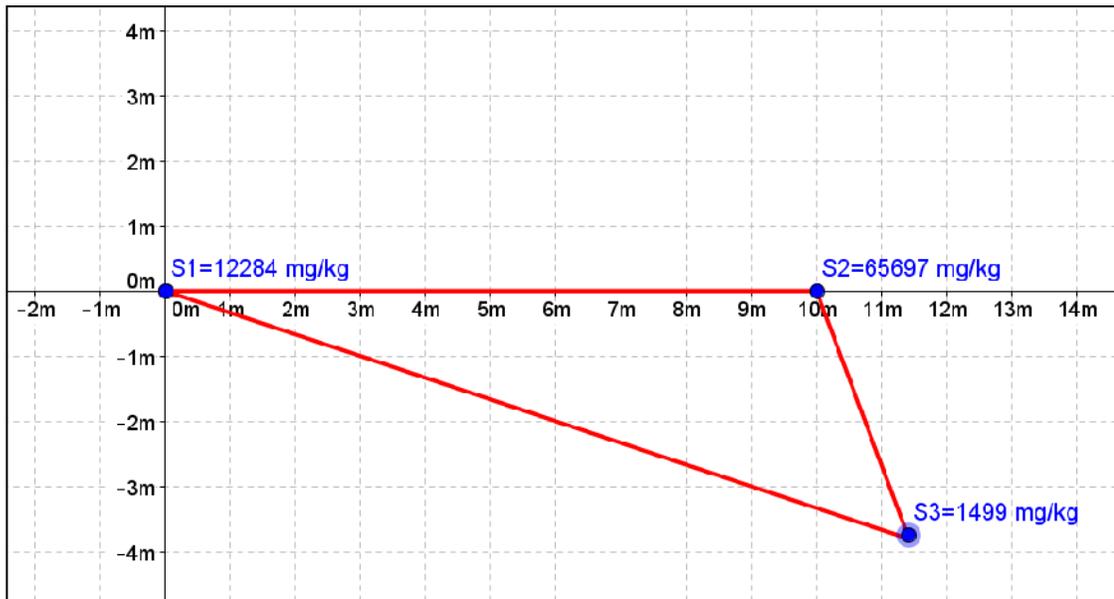
<b>REGISTRO MUESTRAS DE SUELO</b>							
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>		Evaluación de pasivos ambientales en el área de influencia del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (el Salado –Lumbaquí) y alternativas de remediación.					
<b>MATRIZ</b>	Suelo	<b>CATEGORIA</b>	Suelo Sin Vegetación	<b>TIPO DE ENVASE</b>	Fundas ZIPLOC	<b>PRESERVACION</b>	Frío
<b>CODIGO MUESTRA</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>MUESTRA COMPUESTA</b>	<b>ESPECIFICACIONES MUESTRA</b>	<b>PARAMETRO A ANALIZAR</b>	<b>RESULTADO</b>	
					TPH	TPH	
S1	24/02/2013	01:30	X	Se tomo en el talud	X	12.284	
S2	24/02/2013	01:40	X	Se tomo en el talud	X	65.697	
S3	24/02/2013	01:55	X	Junto al cubeto	X	1.499	
A1	24/02/2013	02:10	X	Escorrentía captada	X	466	
B1	09/11/2012	02:22	X	Profundidad $\geq$ 40 cm	X	<695	

**Tabla 25.** Registro de Muestras de Suelo Pasivo Ambiental Estación El Salado N°03

**Fuente:** Irina Cuesta S.

En función de los resultados obtenidos en los análisis se determino lo siguiente:

Basado en la **Figura 26** se ubicaron los puntos muestreados con su correspondiente concentración como se aprecia en la **Figura 28**.

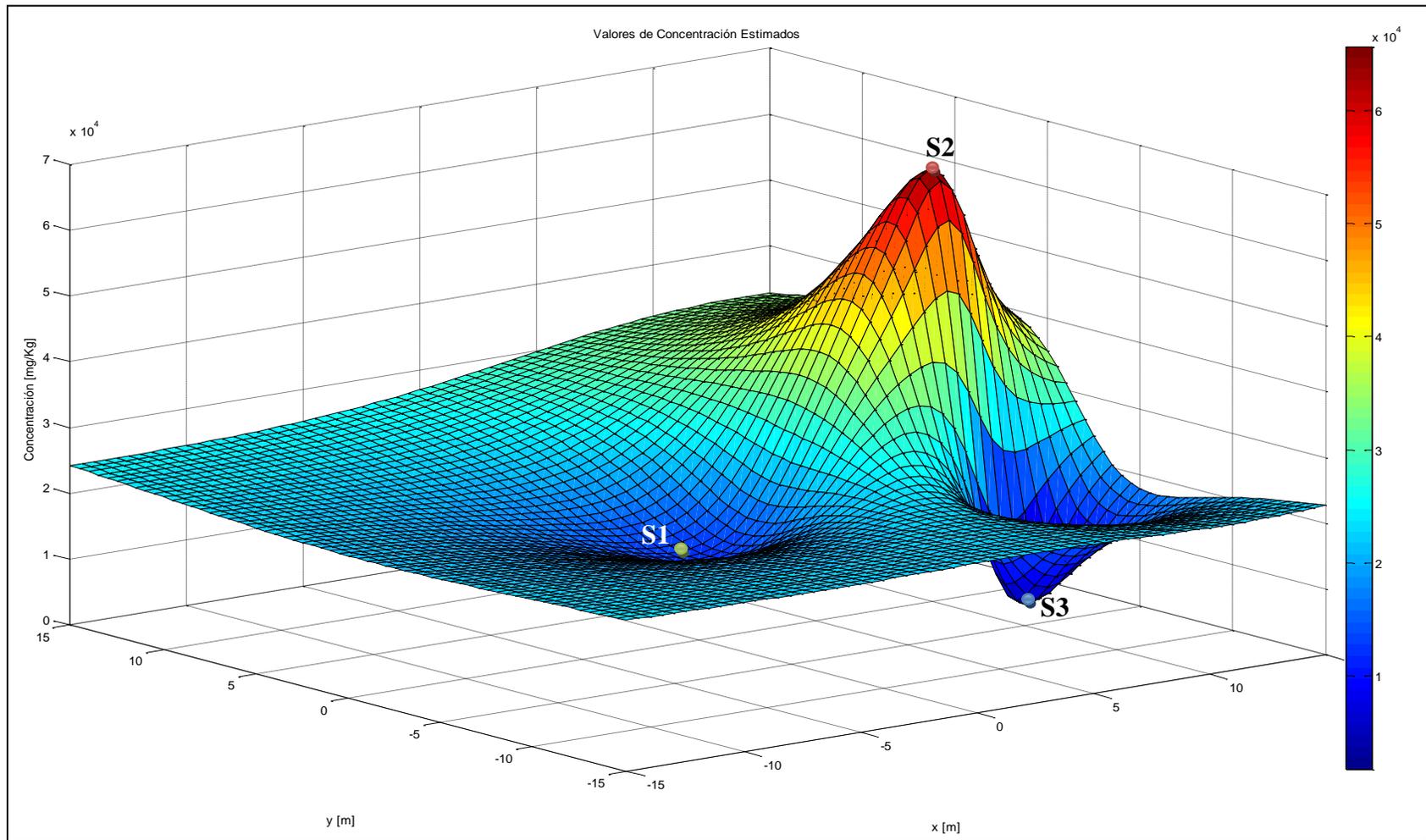


**Figura 28.** Ubicación de los puntos muestreados en el plano cartesiano  
**Fuente.** Irina Cuesta S. programa GeoGebra

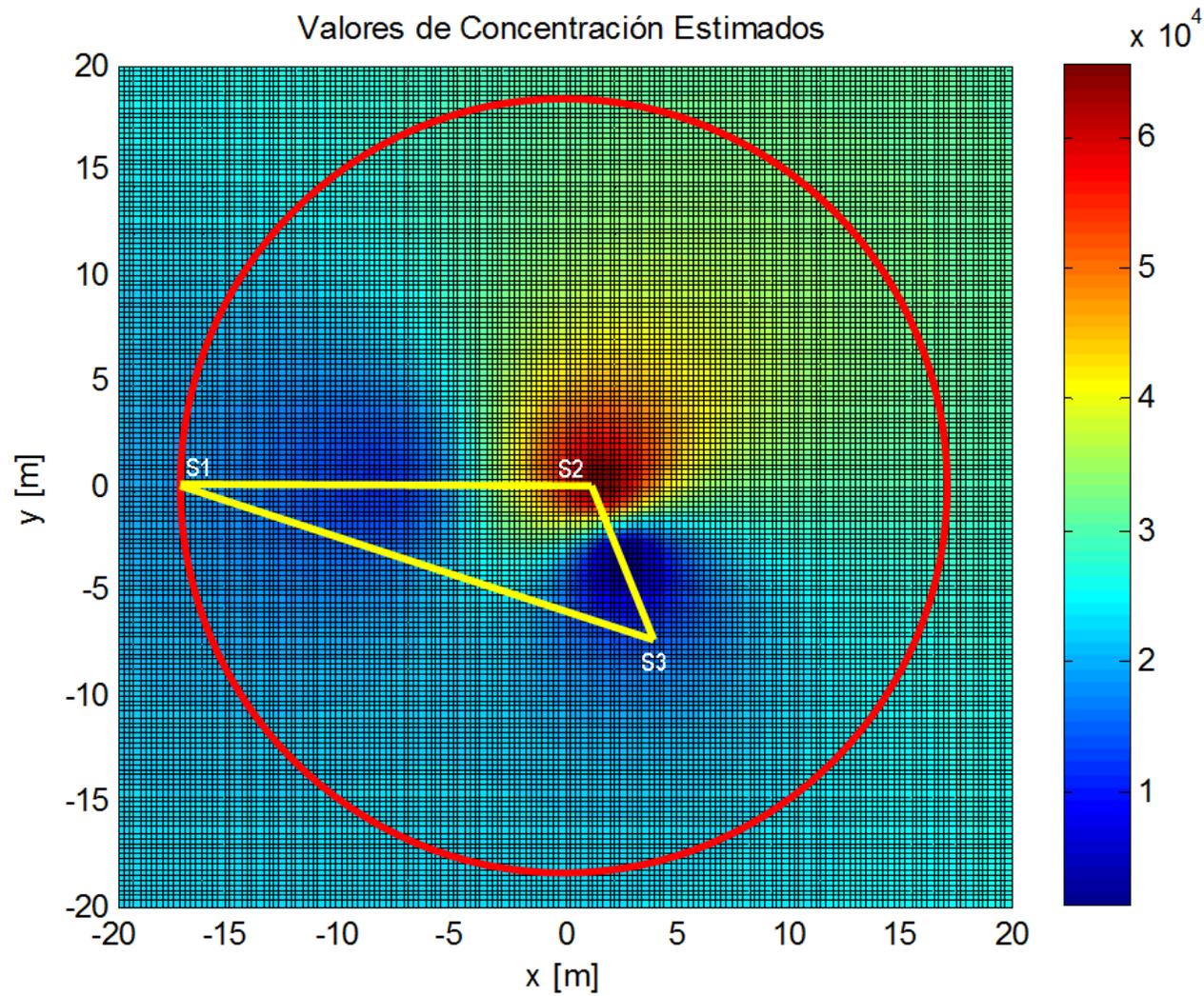
Esta información permitió el cálculo de ecuaciones y en función de lo obtenido generar en el programa MATLAB una estimación de las concentraciones posibles dentro del sitio, como se puede observar en la **Figura 29**.

Con la estimación de las concentraciones generado en la **Figura 29**, se determino una circunferencia de radio (9,27 m) el cual abarca concentraciones que tienden a 1.000 mg/kg de forma homogénea.

Este radio permitió identificar un área de alcance de 269.96 m<sup>2</sup> a la redonda y un volumen de 107,98 m<sup>3</sup>.



**Figura 29.**Valores de Concentración Estimados  
**Fuente.** Irina Cuesta S. programa MATLAB



**Figura 30.** Determinación del alcance del contaminante  
**Fuente.** Irina Cuesta S. programa MATLAB

### 2.5.2 Alternativa de Remediación para el pasivo Estación El Salado N°03

Para determinar la alternativa de remediación mas optima para el pasivo ambiental Estación el Salado N°03 se debe tomar en cuenta previamente las ventajas y desventajas del uso de técnicas en función del lugar. En la **Tabla 26** se observa ventajas y desventajas para técnicas de remediación en función del lugar siendo técnicas aplicadas in situ o técnicas aplicadas ex situ.

<b>Tipo de Remediación</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>In situ</b>	Permite tratar el suelo sin necesidad de excavar ni transportar. Potencial disminución de costos.	Mayor tiempo de tratamiento. Inseguros en cuanto a uniformidad. Dificultad para verificar la eficacia del proceso.
<b>Ex situ</b>	Menor tiempo de tratamiento. Más seguros en cuanto a uniformidad. Es posible homogenizar y muestrear periódicamente.	Necesidad de excavar el suelo. Aumento de costos e ingeniería para equipos Manipulación Del material y posible exposición al contaminante.

**Tabla 26.** Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Remediación In Situ y Ex Situ  
**Fuente:** (Volke Sepúlveda & Velasco Trejo, Tecnologías de Remediación Para Suelos Contaminados, 2002)

El pasivo ambiental Estación el Salado N°03 presenta varias dificultades para su remediación puesto a que por su ubicación, compromete la estructura de la carretera en caso de hacer un trabajo de recuperación ex situ y sería causa de inconvenientes a la población de Napo y Sucumbíos.



**Fotografía 25.** Pasivo ambiental PK 110 Estación El Salado N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Dentro de las alternativas de remediación a usar hay que determinar el tipo de tratamiento, estos pueden ser: biológicos, físico químicos y/o térmicos. Para establecer la técnica de remediación en función del tipo de tratamiento más óptima se debe analizar las ventajas y desventajas que presenta cada uno de los tratamientos ver **Tabla 27** y tener algunas consideraciones como son:

- Geografía, meteorología, hidrología y ecología del lugar. (Pendiente, cercanía a la confluencia Rio Salado - Rio Quijos, cercano a áreas protegidas)
- Tipo de contaminante. (Hidrocarburo)
- Propiedades del suelo a tratar. (Suelo arenoso)
- Volumen de suelo a tratar. (volumen aproximado de contaminante  $107,98 \text{ m}^3$ )
- Tiempo que tarda la técnica aplicada en dejar el suelo en buenas condiciones.
- Costos de implementación de técnicas de remediación.
- Facilidad para evaluar el avance.

<b>Tipo de Tratamientos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Tratamientos Biológicos</b> <i>(Uso de organismos vivos para degradar, transformar o remover compuestos tóxicos a menos tóxico)</i>	Efectivo en cuanto a costos Tecnologías más benéficas con el ambiente Contaminantes presentes destruidos Requiere o en ocasiones no de un tratamiento posterior	Requieren mayores tiempos de tratamiento Es necesario verificar la toxicidad de intermediarios y/o productos No pueden emplearse si el tipo de suelo no favorece el crecimiento microbiano
<b>Tratamientos Fisicoquímicos</b> <i>(Uso de propiedades físicas y químicas de los contaminantes para destruir, separar inmovilizar el contaminante)</i>	Efectivos en cuanto a costos Se realiza en periodos cortos Equipos accesibles	Los residuos generados por técnicas de separación, deben tratarse o disponerse: aumento de costos y necesidad de permisos Los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de los contaminantes: necesidad de sistemas de recuperación
<b>Tratamientos Térmicos</b> <i>(Usa la temperatura para destruir, separa inmovilizar el contaminante)</i>	Tiempos muy rápidos	Es el grupo de tratamientos más costoso Genera cenizas En ocasiones descargas de líquidos que necesitan tratamiento

**Tabla 27.** Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Remediación Clasificadas de Acuerdo con el Tipo de Tratamiento

**Fuente:** (Volke Sepúlveda & Velasco Trejo, Tecnologías de Remediación Para Suelos Contaminados, 2002)

En el presente trabajo se propone un tratamiento fisicoquímico como alternativa de remediación para el pasivo ambiental Estación el Salado N°03 el cual se describe a continuación.

Al estar el contaminante como una capa entre los estratos de suelo y bajo una carretera la técnica de recuperación con menor perjuicio social es in situ.

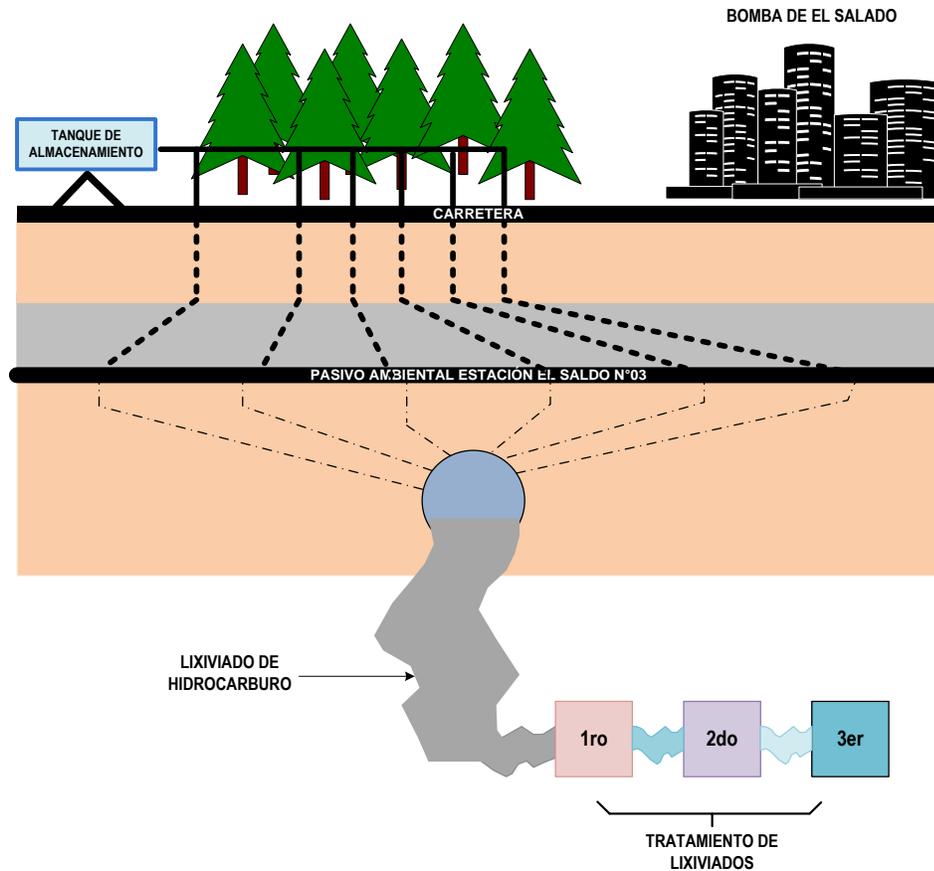
Al ser una contaminación con hidrocarburo antigua se considera que el suelo está intemperizado, el hidrocarburo cambio sus propiedades físicas entre ellas su viscosidad sumada la mezcla con el suelo por lo que la tendencia del contaminante frente a la degradación está limitado a procesos fisicoquímicos (Volke Sepulveda & Velasco Trejo, 2003) por lo que se debe optar primero por inyectar gas de CO<sub>2</sub>, ya que modifica algunas propiedades físicas del crudo como es: la tensión interfacial, viscosidad, movilidad entre otras. (Schlumberger, 2011); Esta técnica es aplicada para la recuperación de petróleo en yacimientos con el fin de obtener petróleo residual.

Una vez inyectado el gas e identificado la modificación de las propiedades físicas del contaminante se procede con la técnica de descontaminación por lavado de suelo, en el cual se inyecta grandes cantidades de agua con sustancias extractantes que pueden ser: ácidos, bases, agentes quelantes, sales, surfactantes, etc. (Ortiz Bernad, Sanz Garcia, Dorado Valiño, & Villard Fernández, 2007).

Para este proceso se recomienda el uso de surfactantes ya que poseen la característica de doble afinidad para sustancias polares y apolares generando una acción de descenso en la tensión superficial.

Los surfactantes se presentan como espumas, jabones detergentes, emulsionantes, etc. Dentro de los surfactantes no iónicos comerciales usados con más frecuencias están: BRIJ-35, Genapol X-100, Tergitol Np 10, Triton X- 100, Tween 20 y Tween 80. (Volke Sepulveda & Velasco Trejo, 2003)

Los surfactantes disminuye la permanencia de microorganismos dando como resultado una reducción en técnicas de biodegradación por lo que se recomienda los siguientes surfactantes: BRIJ-30, BRIJ-35 y Tween 80 por tener la característica de fácil biodegradación. (Volke Sepulveda & Velasco Trejo, 2003)



**Figura 31.** Alternativa de Remediación del Pasivo ambiental Estación El Saldo N°03  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

Esta técnica va a generar tres tipos de soluciones: petróleo, emulsión y agua; el cual al ser barrido con agua y surfactante dirigirá el contaminante al exterior para ser canalizado a cubetos instalados en el lugar para hacer una captura del contaminante por diferencia de densidades.

Para el tratamiento del contaminante captado en las trampas, se recomienda que sea ex situ pasando por tres etapas.



**Figura 32.** Etapas de planta de tratamiento de aguas  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

En el tratamiento primario se aplica varias operaciones unitarias con el fin de eliminar sólidos sedimentables y flotantes.

Para este caso se establece pasar por un desbaste para eliminar cualquier rezagó de material orgánico como son hojas, ramas y material rocoso. De esta forma iniciar con el proceso de sedimentación.

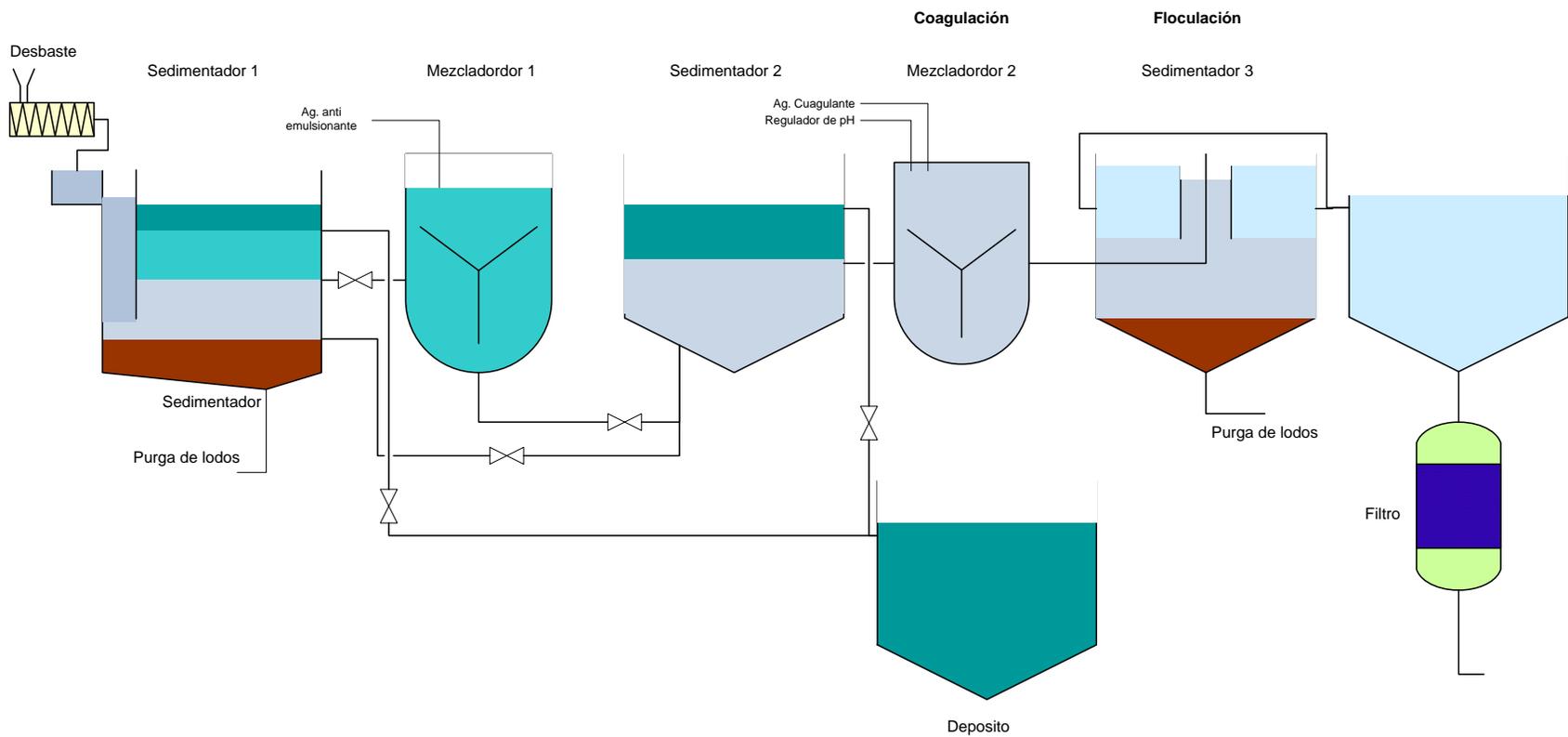
El sedimentador permite que las soluciones se diferencien por su densidad dado que el lixiviado va a contener petróleo, emulsión, agua y material particulado. De esta forma re direccionar cada material de la siguiente forma: Fase de petróleo se enviara a un depósito de almacenamiento.

Fase de emulsión pasara a un mezclador en el que se debe añadir un agente anti emulsionante como es el sulfonato de calcio que a mas de separar la emulsión no es corrosivo; esta mezcla se pasa un sedimentador en el cual reposa la solución para obtener una fase de agua y otra de petróleo.

El agua producto del primer y segundo sedimentador es depositado en un mezclador en el que se añade agentes coagulantes para ser pasado a un tercer sedimentador en el que se va a obtener floculos del material particulado presente, el cual por su peso se depositara en la base del sedimentador.

El agua obtenida puede ser recuperada con un tratamiento secundario de tipo biológico pasando por un filtro en el que hay presencia de microorganismo que se encargan de consumir el material orgánico, el agua obtenida del proceso puede ser recirculada en el proceso de lavado de suelo.

El lodo producto de los sedimentadores debe ser captado, almacenado y enviado a un gestor ambiental calificado para que se del tratamiento a este material residual. En la **Figura 33** se observa el modelo planteado para el tratamiento de los lixiviados obtenidos por el proceso de lavado de suelo.



**Figura 33.** Modelo de planta de tratamiento de agua con hidrocarburo ex situ  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

### CAPÍTULO 3: PLANES DE MANEJO ANTE RIESGOS NATURALES

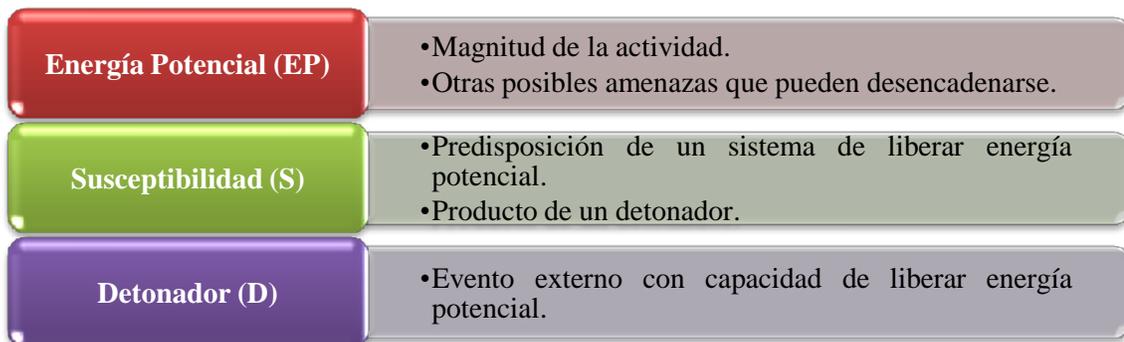
Demostrado y asumiendo que la zona donde se encuentra desarrollándose el proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair se encuentra sin pasivos ambientales generados por la rotura del oleoducto producto del terremoto de 1987. Es importante el desarrollo de planes de prevención, contingencia y mitigación con el fin de mantener la sostenibilidad ambiental y la prevención de riesgos de esta zona a corto, mediano y largo plazo tanto para la comunidad como para la infraestructura del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair.

Para el desarrollo de los planes ya mencionados se planteó escenarios posibles para determinar el riesgo en relación de las amenazas presentes en la zona y de la vulnerabilidad de los que se puedan ver afectados la población, estructuras y bosques protegidos principalmente por causas naturales.

#### 3.1 Descripción de Amenazas y Vulnerabilidad

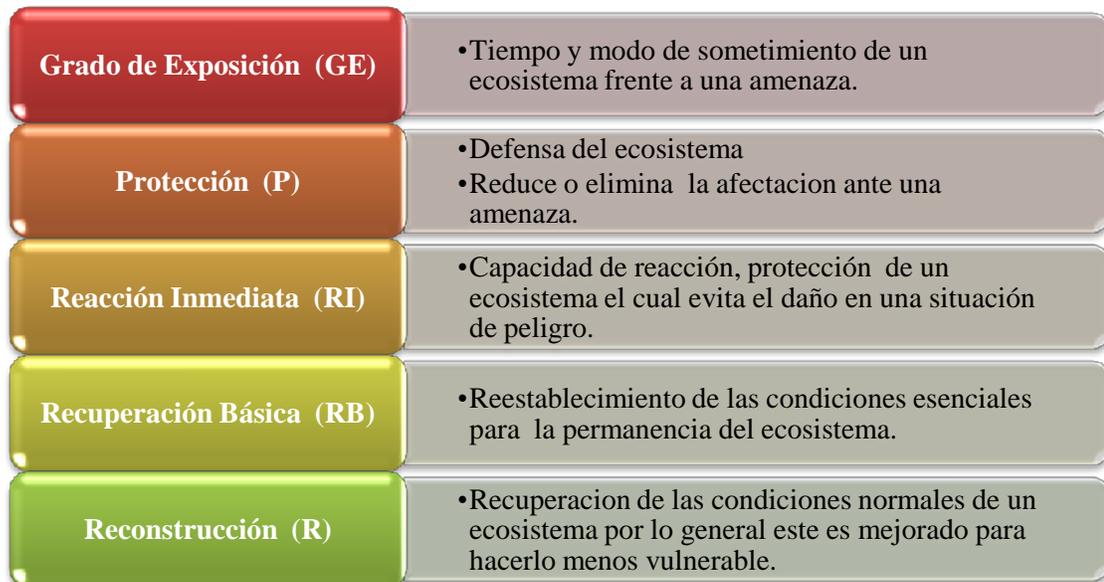
Previo a la descripción de amenazas y vulnerabilidad en la zona de estudio es importante aclarar que es una amenaza y que es la vulnerabilidad.

La Amenaza es una fuerza destructiva que altera un ecosistema, esta dado en función de tres componentes los cuales son:



**Figura 34.** Componentes de la amenaza  
**Fuente:** (Vargas, 2002)

La Vulnerabilidad es la disposición de un ecosistema de ser afectado o destruido por una amenaza, esta dado en función de los siguientes componentes:



**Figura 35.** Componentes de la vulnerabilidad  
**Fuente:** (Vargas, 2002)

### 3.2 Definición de Escenarios Posibles en la Zona De Estudio

Para definir los escenarios posibles se desarrolla una matriz de amenazas y de vulnerabilidades presentes en la zona de trabajo en las cuales su escala está dada para cada uno de los componentes que los determina, en la **Figura36** se muestra la escala para amenaza y en la **Figura 37** la escala para vulnerabilidad.



**Figura 36.** Escala de Amenaza  
**Fuente:** Irina Cuesta S.



**Figura 37.** Escala de Vulnerabilidad  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

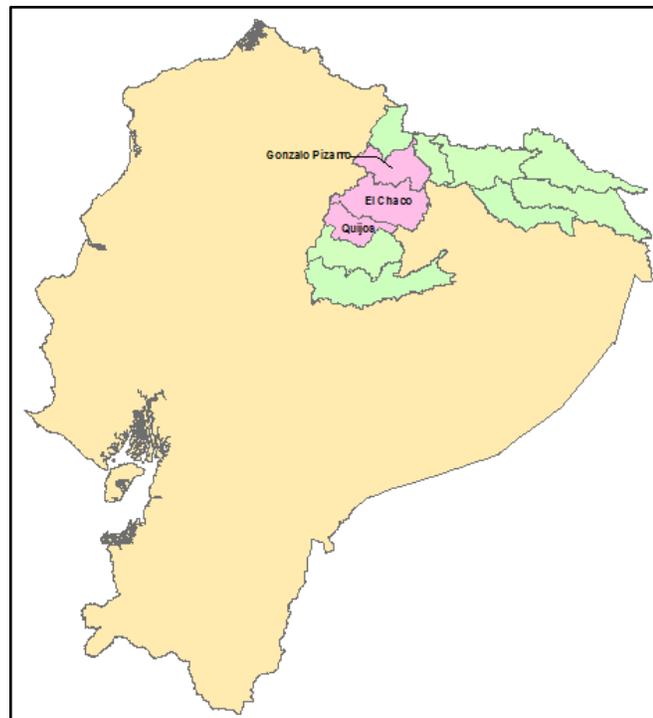
El Área de influencia del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair, se encuentra en la provincia de Napo en el cantón El Chaco y Sucumbíos en el cantón Gonzalo Pizarro; en la zona también se encuentra centros poblados y vegetación propia del lugar. El sitio, presenta dos amenazas directas por fenómenos naturales:

- Por eventos sísmicos
- Por eventos volcánicos

De los cuales se derivan amenazas no menos importantes producto de estas como son: deslizamientos, flujos, emisiones de ceniza, etc.

En lo que respecta a la vulnerabilidad esta el daño que puede sufrir frente a una amenaza:

- Población
- Estructuras
- Ecosistemas



**Figura 38.** Zona de evaluación de riesgos  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

### **3.3 Descripción de Amenazas**

#### **3.3.1 Amenaza Sísmica**

Debido a la subducción de la Placa Oceánica de Nazca bajo la Placa Continental de Sudamérica a una velocidad de 60mm/ año, produciendo la ruptura de rocas, formación de fallas geológicas y liberación energía súbitamente. Por esta razón el Ecuador presenta una probabilidad alta de sufrir de sismos, en el caso del terremoto de 1987 se cree que la falla de Chingual fue la causa del percance. (Rivadeneira, y otros, 2007).

Para el estudio se tomó en cuenta la información sísmica presente en el catalogo instrumental del periodo de 1987-2011 para la actual provincia de Napo y de 1988-2011 para la provincia de Sucumbíos; esta información está presente en el **Anexo 6**.

En esta información se evidencia para la Provincia de Napo en los últimos 24 años, 180 eventos sísmicos, en los que la magnitud mínima esta en 4.0 Ms y la magnitud máxima en 6.9 Ms, siendo en promedio la magnitud de los movimientos de 4.3.

En lo que respecta para la Provincia de Sucumbíos en los últimos 23 años se registró 70 eventos sísmicos, en los que la magnitud mínima esta en 4.0 Ms y la magnitud máxima en 6.5 Ms, siendo la magnitud promedio de 4.3.

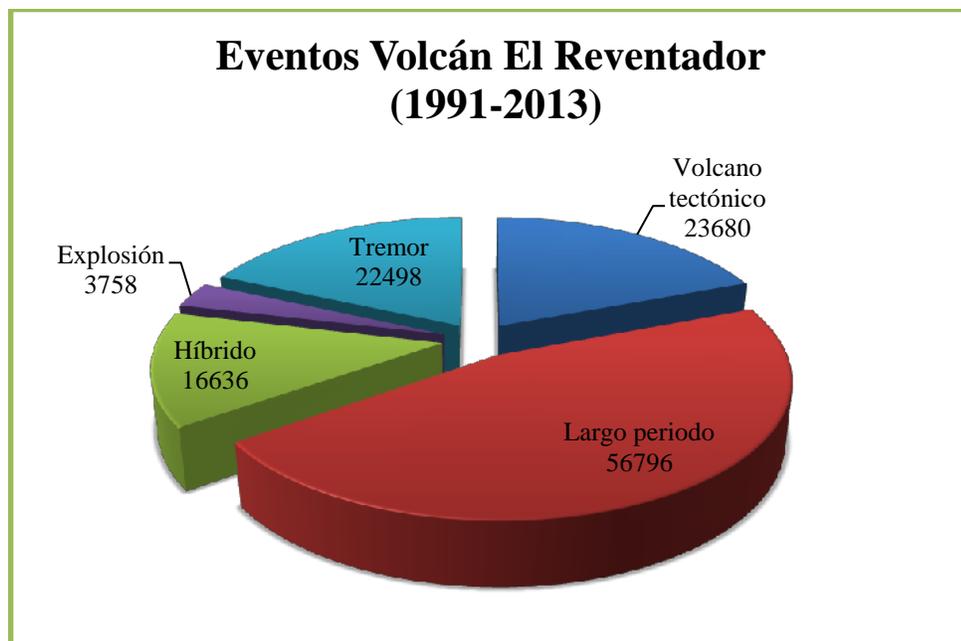
El sismo puede desencadenar varias fuentes de peligro como son aperturas de grietas, hundimientos, levantamientos de tierra y deslizamientos de tierra, lodo y escombros y este ultimo a su vez causar una nueva amenaza como es el represamiento o desborde de ríos.

### 3.3.2 Amenaza Volcánica

Para el estudio se tomó en cuenta la información volcánica presente en la página web del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para los volcanes El Reventador y Antisana en el periodo de 1991 al 2012 los que registran eventos sísmicos volcánicos de tipo: volcans tectónico, largo tiempo, híbridos, temores y explosión.

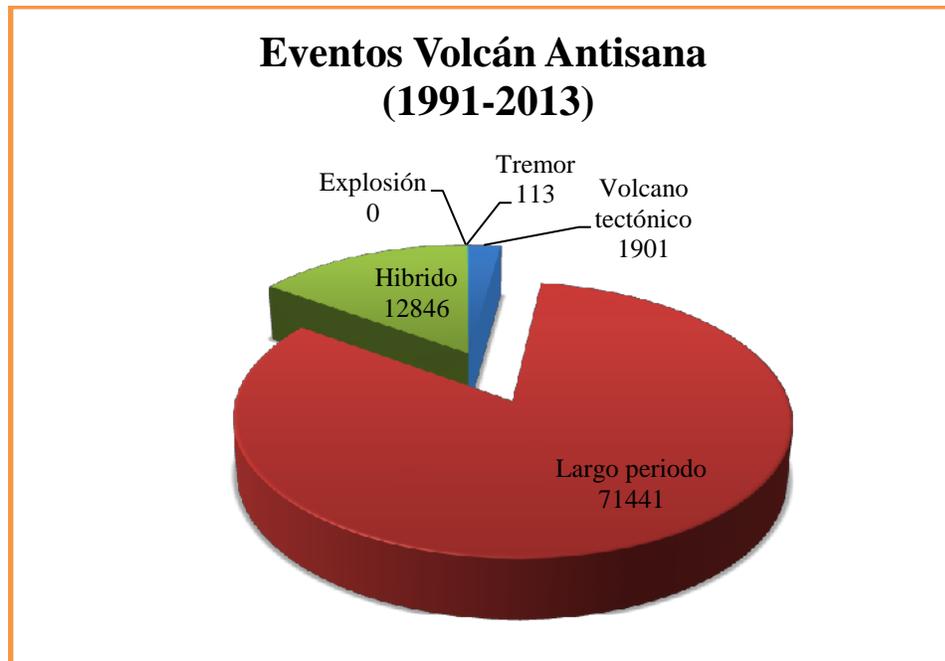
El volcán El Reventador presento en el periodo de 1991 al 2013 un total de 123368 eventos sísmicos volcánicos. El volcán actualmente año 2013 se encuentra activo y altamente monitoreado después de iniciar su actividad el 03 de noviembre del 2002.

En la **Figura 39**. Se observa de forma más detallada los eventos producidos.



**Figura 39.** Eventos en el Volcán El Reventador  
**Fuente:** Irina Cuesta S. con información de (IG EPN, 2013)

El volcán Antisana presento en el periodo de 1991 al 2013 un total de 86301 eventos sísmicos volcánicos. Actualmente es un volcán potencialmente activo y no ha presentado una erupción volcánica en los últimos 10000 años. Ver **Figura 40**.



**Figura 40.** Eventos en el Volcán Antisana  
**Fuente:** Irina Cuesta S. con información de (IG EPN, 2013)

Uno de los principales eventos de la actividad volcánica es la emisión de ceniza, este produce grandes afectaciones a la población por sus daños a la salud, agricultura y ganadería.

Los volcanes dentro de su proceso de descarga de energía producto del movimiento o vibraciones de los fluidos al abrirse paso en las rocas generan sismos estos tiene la característica de ser sismos superficiales (1-10km) y de magnitudes bajas en 1 y 4.5 grados como máximo, esto rara vez es sentido por la población y escasamente ocurren daños por el movimiento. (Rivadeneira, y otros, 2007)

Otros de los principales eventos volcánicos son los flujos de lodo (formados de agua, ceniza y rocas) y los flujos piroclásticos (gases, partículas y piedras incandescentes) los

flujos de lodo generan gran destrucción en estructuras y los flujos piroclásticos representan un peligro por su gran alcance al ser causantes de incendios.

A continuación se muestra en la **Tabla 28** la matriz de amenazas con su respectiva calificación y resultado en función de los componentes.

AMENAZAS		COMPONENTES			TOTAL
PRINCIPALES	DERIVADAS	EP	S	D	
<b>SISMOS</b>	Deslizamientos	5	5	5	15
	Represamiento de Ríos	4	4	5	13
	Apertura de grietas	5	5	5	15
	Hundimientos	5	5	5	15
	Levantamiento de tierra	5	5	5	15
<b>VULCANISMO</b>	Emisión de ceniza	5	5	5	15
	Sismos	4	4	5	13
	Flujos de lodo	5	5	5	15
	Flujos piroclásticos	5	5	5	15

**Tabla 28.** Matriz de Amenazas

**Fuente:** Irina Cuesta S.

### 3.4 Descripción de Vulnerabilidades

#### 3.4.1 Población

La pobreza es un factor que propensa a la población a ser susceptible de una amenaza ya que debido a su situación económica las personas se ven en la obligación de generar casas sin ninguna protección y en lugares altamente peligrosos, otra debilidad que causa la pobreza es la privación de la educación un medio por el cual la gente puede informarse de que hacer en caso de un desastre, convirtiéndose de esta forma en una vulnerabilidad para la comunidad.

La población frente a una amenaza como la emisión de cenizas es vulnerable en salud ya que afecta a las vías respiratorias y piel a más de problemas digestivos por la ingestión de agua proveniente de sistemas de agua contaminados.

Los cultivos y ganado también esta vulnerable ceniza volcánica, deslizamientos, flujos de lodo, flujos piroclásticos.



**Fotografía 26.** Afección de cultivos por caída de ceniza volcánica  
**Fuente:** (LA HORA, 2010)

### 3.4.2 Estructuras

Las estructuras son susceptibles de daños por la razón de estar expuestas sin ninguna protección como son las tuberías de oleoducto y carreteras; en el caso de las viviendas si su construcción no fue elaborada técnicamente en el peor de los casos colapsara.



**Fotografía 27.** Tubería de Oleoducto

**Fuente:** Irina Cuesta S.

Según el estudio de “Pobreza en el Ecuador” publicado en la página web del INEC Sistema Integrado de Consultas, se determina que el 8.10% de viviendas en la provincia de Napo están en mal estado y el 7.40% para la provincia de Sucumbíos.

### 3.4.3 Ecosistemas

Dependiendo de la amenaza los ecosistemas hay la posibilidad de afectación debido a que en caso de deslizamientos, flujos de lodo, crecientes de ríos arrasara con la vegetación y todo lo que lo habite.



**Fotografía 28.** Cascada de San Rafael  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

En presencia de amenaza volcánica puede verse afectado por la emisiones de ceniza que para la vegetación impedirá el proceso natural de fotosíntesis y para los animales afecciones respiratorias y digestivas; representando un riesgo para la conservación de especies endémicas.

Los flujos piroclásticos pueden ser la causa de incendios a más de la emisión de compuestos azufrados que afectan al aire, cuerpos de agua y suelo.

A continuación se muestra en la **Tabla 29** la matriz de vulnerabilidad con su respectiva calificación y resultado en función de los componentes.

VULNERABILIDAD		COMPONENTES					TOTAL
PRINCIPALES	DERIVADAS	GE	P	RI	RB	R	
POBLACIÓN	Pobreza	5	5	3	4	5	22
	Salud	4	4	4	4	4	20
	Cultivos	5	5	5	5	5	25
	Ganadería	5	5	5	5	5	25
	Sistemas de agua	2	2	2	1	1	8
ESTRUCTURAS	Tuberías de oleoducto	5	4	3	3	4	19
	Carreteras	5	5	5	1	3	19
	Viviendas en mal estado	4	5	4	4	5	22
ECOSISTEMAS	Áreas protegidos	5	5	5	5	5	25
	Suelo	5	5	5	4	4	23
	Agua	3	5	3	3	4	18
	Aire	4	5	3	5	5	22

**Tabla 29.** Matriz de Vulnerabilidad  
Fuente: Irina Cuesta S.

### 3.5 Análisis de Riesgo

Para determinar el riesgo en la zona de estudio se valió de la **Ecuación 2** y del uso de la matriz de amenaza y vulnerabilidad presentadas en la **Tabla 28** y **Tabla 29**, para generar la matriz de riesgo que se muestra a continuación en la **Tabla 30** obteniéndose el riesgo sísmico (R.S), riesgo volcánico (R.V) y riesgo global (R.G).

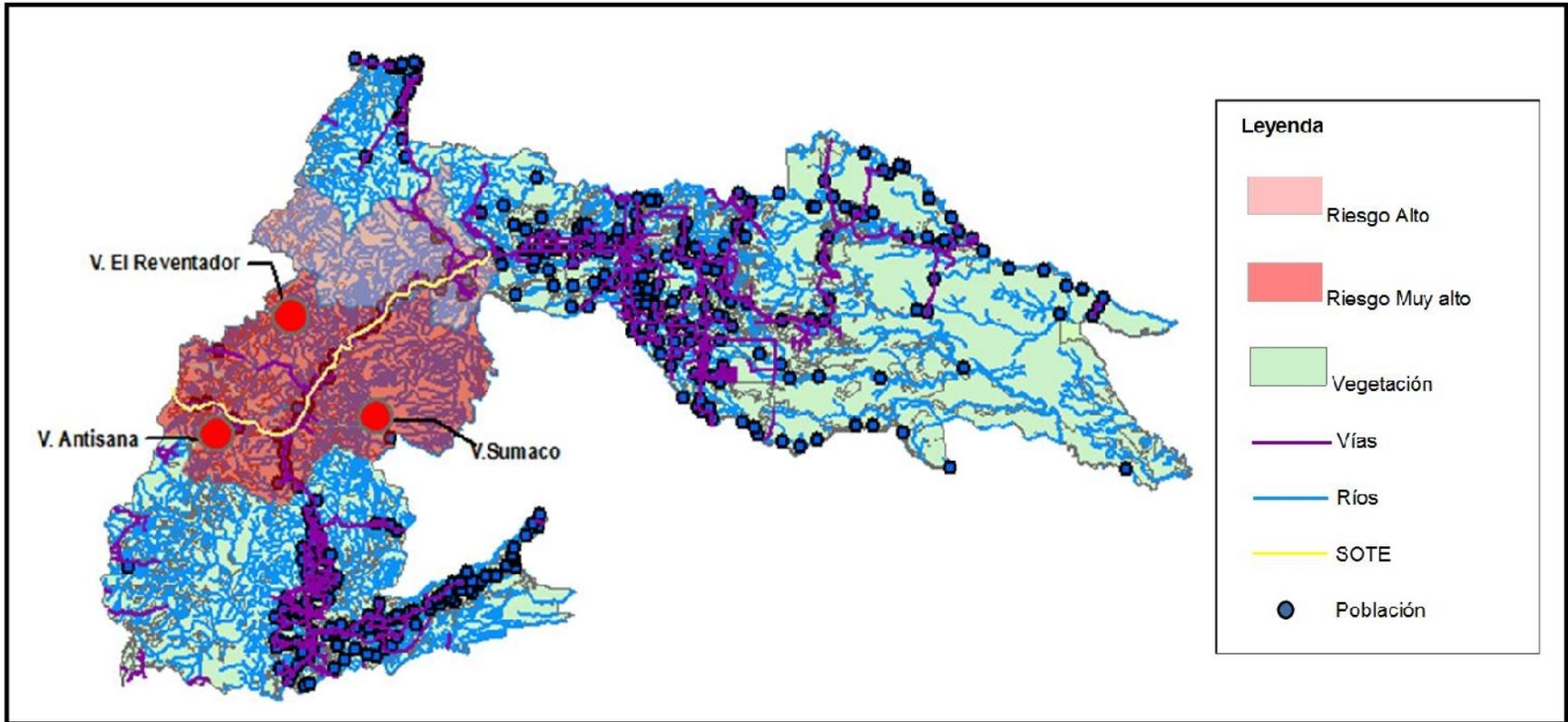
**Ecuación 2.** Calculo de Riesgo

$$R=A*V$$

RIESGO R=A*V		AMENAZAS										R. S	R. V	R. G
		SISMICIDAD					VULCANISMO					TOT.	TOT.	TOT.
VULNER.	Tot.	Deslizamiento	Repre. Ríos	Aper. grietas	Hundimiento	Lev. tierra	Emisión ceniza	Sismos	Flujos lodo	Flujos piroclástico				
		15	13	15	15	15	13	13	15	15				
P O B L A C	Pobreza	22	4.4	3.8	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	4.4	4.4	4	4	4
	Salud	20	4.0	3.5	4.0	4.0	1.2	3.5	3.5	4.0	4.0	3	4	4
	Cultivos	25	5.0	4.3	5.0	5.0	5.0	4.3	4.3	5.0	5.0	5	5	5
	Ganadería	25	5.0	4.3	5.0	5.0	5.0	4.3	4.3	5.0	5.0	5	5	5
	Sist. Agua	8	1.6	1.4	1.6	1.6	1.6	1.4	1.4	1.6	1.6	2	1	2
E S T R U C	Tuberías oleoducto	19	3.8	3.3	3.8	3.8	3.8	3.3	3.3	3.8	3.8	4	4	4
	Carreteras	19	3.8	3.3	3.8	3.8	3.8	3.3	3.3	3.8	3.8	4	4	4
	Colapso viviendas	22	4.4	3.8	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	4.4	4.4	4	4	4
E C O S I	Áreas protegidas	25	5.0	4.3	5.0	5.0	5.0	4.3	4.3	5.0	5.0	5	5	5
	Suelo	23	4.6	4.0	4.6	4.6	4.6	4.0	4.0	4.6	4.6	4	4	4
	Agua	18	3.6	3.1	3.6	3.6	3.6	3.1	3.1	3.6	3.6	4	3	3
	Aire	22	4.4	3.8	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	4.4	4.4	4	4	4

Tabla 30. Matriz de Riesgos

Fuente: Irina Cuesta S.



**Figura 41.** Riesgo global en zona de estudio  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

### **3.6 Plan De Manejo Ante Riesgos Naturales**

#### **Objetivo:**

Establecer acciones a realizar antes, durante y después de un riesgo con el fin de prevenir, actuar de forma idónea en el momento del evento y proceder con la recuperación de los sectores afectados (poblados, estructuras y ecosistemas) en caso de ser sacudidos por amenazas naturales.

#### **Alcance:**

Se aplica a las poblaciones, estructuras y ecosistemas presentes en el área de influencia directa del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair presentes en los cantones Chaco y Quijos pertenecientes a la provincia de Napo y el cantón Gonzalo Pizarro de la Provincia de Sucumbíos abarcando de esta forma el área del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair y parte del Sistema del Oleoducto Transecuatoriano.

#### **Identificación de Factor de Riesgo**

Los eventos sísmicos y los eventos volcánicos son altamente probables para la Provincia de Napo y Sucumbíos siendo que en promedio por año se presentan sismos de 4.3Ms y 9530.406 eventos volcánicos del volcán El Reventador y Antisana, muchos de estos eventos no son percibidos por la población pero representan un riesgo alto y pueden ser causantes de otra amenaza latente como son los deslizamientos.

### 3.6.1 Plan de Manejo Ante Riesgos Naturales Destinado a la Población

#### 3.6.3.1 Programa para Prevención de la Población

Al ser identificada el lugar como zona de alto riesgo es importante para el desarrollo y seguridad de la población de los cantones: Chaco, Quijos y Gonzalo Pizarro aplicar las siguientes acciones de prevención.

1. Identificar todos los asentamientos humanos

Los cantones Chaco, Quijos y Gonzalo Pizarro presentan el total de habitantes que se muestra en la **Tabla 31** con su respectiva densidad poblacional.

<b>PROVINCIA</b>	<b>CANTÓN</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>DENSIDAD</b>
<b>Napo</b>	El Chaco	7.960	2,27
<b>Napo</b>	Quijos	6.224	3,92
<b>Sucumbíos</b>	Gonzalo Pizarro	8.599	3,77

**Tabla 31.** Población por cantones  
**Fuente:** (INEC, 2010)

El cantón El Chaco está formado por las parroquias rurales: Gonzalo Díaz Pineda (535 habitantes), Linares (209 habitantes), Oyacachi (620 habitantes), Santa Rosa (1.243 habitantes) y Sardinas (537 habitantes) y como parroquia urbana: El Chaco (4.816 habitantes).

El cantón Quijos se encuentra formado por las parroquias rurales: Cosanga (505 habitantes), Cuyuja (614 habitantes), Papallacta (920 habitantes), San Francisco de Borja (2.200 habitantes) y Sumaco (1.946 habitantes), y como parroquia urbana: Baeza (1.946 habitantes).

El cantón Gonzalo Pizarro está conformado por las parroquias rurales: Gonzalo Pizarro (2.955 habitantes), Reventador (1.501 habitantes), Puerto Libre (918 habitantes), y como parroquia Urbana (3.225 habitantes)

2. Registrar condiciones vida de la población.

El censo del 2010 muestra el nivel de pobreza en función de las necesidades insatisfechas clasificándolo como Población No Pobres y Población Pobre a continuación en la **Tabla 32** se muestran los índices por cada parroquia.

PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	NO PORBRE	POBRE		
<b>Napo</b>	El Chaco	Gonzalo Díaz Pineda	76	459		
		Linares	23	186		
		Oyacachi	131	484		
		Santa Rosa	252	986		
		Sardinas	132	405		
	Quijos	Cosanga	43	462		
		Cuyuja	101	513		
		Papallacta	170	525		
		San Francisco de Borja	728	1.415		
		Sumaco		39		
		Baeza	1.169	774		
		<b>Sucumbíos</b>	Gonzalo Pizarro	Gonzalo Pizarro	338	2.557
				Reventador	184	1.220
Puerto Libre	112			798		
Lumbaquí	932			2.110		

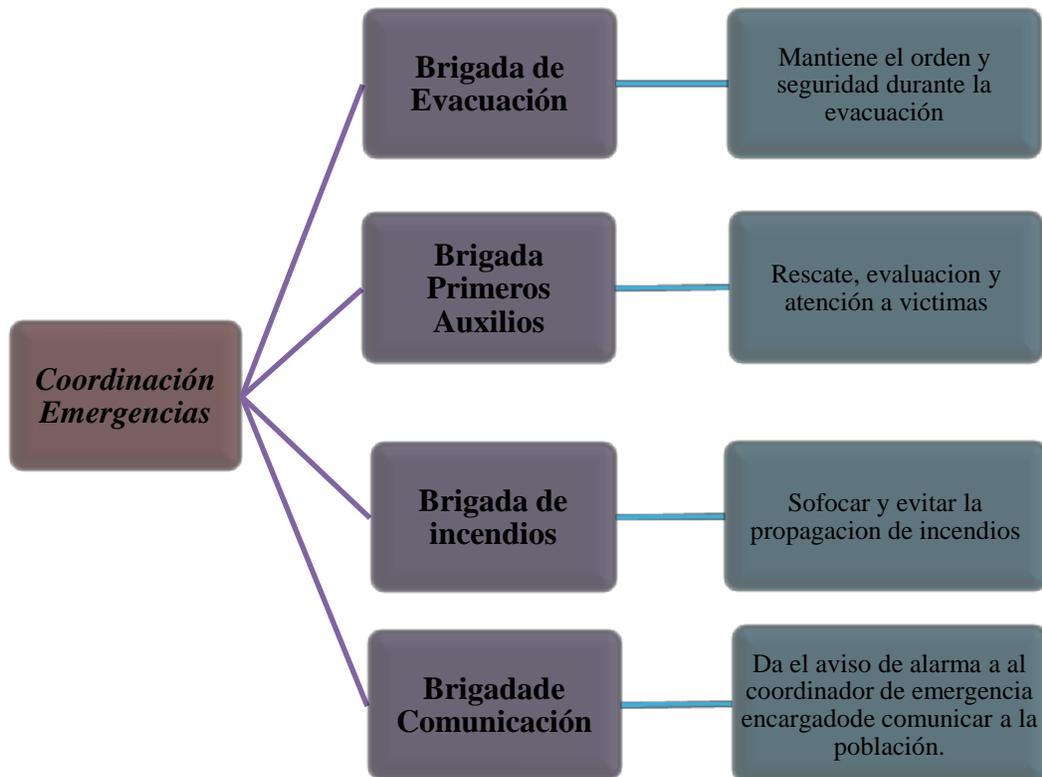
**Tabla 32.** Nivel de pobreza en función de las necesidades insatisfechas  
**Fuente:** (INEC, 2010)

3. Concienciar a la población de su situación vulnerabilidad y educar la contingencia a tomar en caso de un desastre.

Actualmente (año 2013) la provincia de Napo cuenta con el Plan de Ordenamiento Territorial en el cual se muestra el conocimiento de las autoridades de encontrarse la provincia amenazada por fenómenos naturales e identifica cuáles son sus puntos vulnerables y cuáles pueden ser sus opciones para disminuirlos.

4. Conocer las funciones de las organizaciones a nivel provincial, cantonal y sectorial encargadas de la gestión de riesgos, como son: Gobernador, Alcaldes, Prefectos, Defensa Civil, Cruz Roja, Policía y Bomberos.

5. Formar brigadas capacitadas de emergencias, para evacuación, primeros auxilios y comunicación.



**Figura 42.** Brigadas de emergencia  
**Fuente:** Irina Cuesta S.

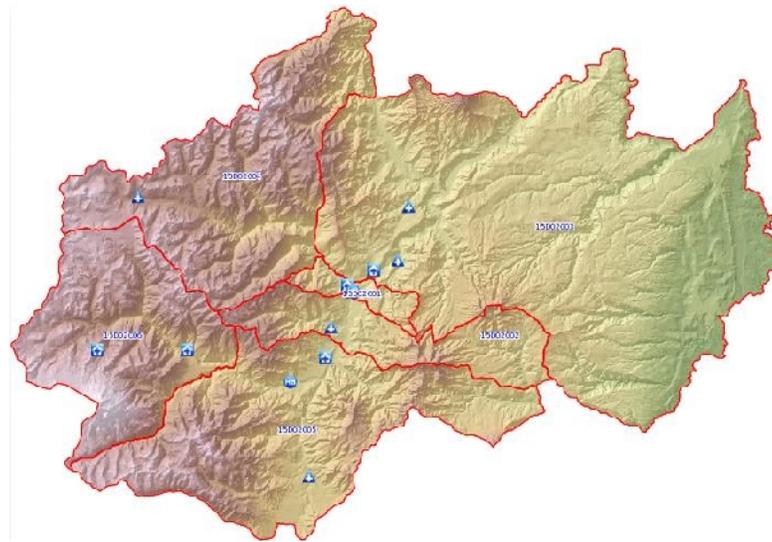
Cada una de las brigadas está compuesto por el Jefe de brigada, Suplente de Jefe de brigada y brigadistas, todos son personal capacitado y capaz de implementar y poner en práctica el programa de prevención, contingencia y recuperación.

6. Desarrollar simulacros semestrales.

7. Implementar sistemas de alerta frente a la presencia inminente de peligro.

8. Implantar más hospitales, centros de salud, puntos de salud, con servicios especializados.

El cantón El Chaco cuenta con 13 puntos de atención a la salud seis centros de salud, cinco puestos de salud y dos hospitales básicos.



**Figura 43.** Ubicación centros de salud cantón El Chaco  
**Fuente:** (Ministerio de Salud del Ecuador, 2012)

El cantón Gonzalo Pizarro cuenta con cuatro puntos de atención a la salud un centro de salud y tres puestos de salud.



**Figura 44.** Ubicación centros de salud cantón Gonzalo Pizarro  
**Fuente:** (Ministerio de Salud del Ecuador, 2012)

9. Implementar albergues con diseño estructural sísmo resistente de uso exclusivo en caso de ocurrir un desastre.

Actualmente el alojamiento, para los cantones Chaco, Quijos y Gonzalo Pizarro que se encuentran identificados por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos Del Ecuador en el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos los siguientes sitios como albergue en caso de un desastre.

<b>NAPO</b>	<b>REFUGIO</b>	<b>CANTON</b>
<b>Centro de Desarrollo Humano Puerto Napo</b>	Temporal	Tena
<b>Comedor Comunitario Rosita Paredes Chaco</b>	Temporal	El Chaco
<b>Esc. Fiscal Napo Chaco</b>	Temporal	El Chaco
<b>Coliseo Liga Cantonal del Chaco</b>	Temporal	El Chaco
<b>Centro de Desarrollo Humano</b>	Temporal	El Chaco

**Tabla 33.** Albergues por Cantón en la provincia de Napo

**Fuente:** Adaptado por el autor de (Secretaría Nacional de Gestión Riesgos del Ecuador, 2013)

<b>SUCUMBIOS</b>	<b>REFUGIO</b>	<b>CANTON</b>
<b>Esc. Luis Felipe Borja</b>	Temporal	Gonzalo Pizarro
<b>Coleg. Amazonas</b>	Temporal	Gonzalo Pizarro
<b>Esc. Cantón Sucumbíos</b>	Temporal	Gonzalo Pizarro
<b>Esc. ciudad de azogues</b>	Temporal	Gonzalo Pizarro
<b>Coleg. Reventador</b>	Temporal	Gonzalo Pizarro

**Tabla 34.** Albergues en el por cantón en la provincia de Sucumbidos

**Fuente:** Adaptado por el autor de (Secretaría Nacional de Gestión Riesgos del Ecuador, 2013)

10. Difundir las acciones de prevención por diferentes medios TV, radio, internet, folletos de tal forma que esté al alcance de todos los miembros de la población.

11. Dentro de las acciones la SNGR y IG EPN establece que:

Dentro de los hogares es recomendable que cada uno de los miembros conozca de las acciones de contingencia a tomarse en caso de un sismo, evento volcánico y/o deslizamiento a continuación se citan algunas actividades:

Al ser un evento repentino es muy importante estar prevenido.

- a. Reubicar y asegurar objetos que puedan ser un riesgo durante un sismo como son: lámparas, cuadros, espejos etc. De forma que no puedan ocasionar un daño.
- b. Participar de los simulacros programados por las brigadas en familia. De tal forma de estar preparado en cualquier lugar que se encuentre sea: en el hogar, oficina o escuela.
- c. Establecer vías de evacuación
- d. Mantener un Kit de emergencia

KIT DE EMERGENCIA:
Acostúmbrese a tener a mano una mochila con:
- Radio portátil
- Linterna con pilas
- Botiquín de primeros auxilios
- Agua embotellada
- Alimentos enlatados y granos secos
- Abrelatas - Una copia de sus documentos personales- Pito
- Lista de teléfonos de emergencia

**Tabla 35.** Kit de Emergencia

**Fuente:** (IG EPN, 2012)

### 3.6.3.2 Programa de Contingencia de la Población

En caso de ocurrir un desastre natural es importante seguir con las siguientes actividades:

1. El coordinador debe evaluar el estado de la emergencia.
2. Evaluar la autenticidad de la alarma para activación del plan
3. Activar el Plan de Contingencia
4. Activar sistemas de alerta, para que proceda la evacuación.
5. El coordinador debe organizar al personal que integran las diferentes brigadas en conjunto con los jefes de brigada mientras llega la ayuda externa.

6. Coordinar la comunicación con el Cuerpo de Bomberos, Emergencias Médicas, SNGR, Cruz Roja y defensa civil.
7. Coordinar la difusión de las noticias de la emergencia con las personas específicas designadas por la brigada de comunicación.
8. Dentro de las acciones que debe cumplir la población para agilizar la evacuación esta:
  - a. Cooperar con los brigadistas en la evacuación.
  - b. Llevar únicamente lo necesario (kit de emergencia)

### **3.6.3.3 Programa de Recuperación de la Población**

En caso de una catástrofe natural hay efectos negativos sobre varios factores como son: afecciones psicológicas, afecciones físicas, rotura de relaciones sociales por lo que es muy importante seguir con las siguientes acciones para sanar a la población y que pueda generar nuevamente una actividad normal:

1. Restablecer condiciones normales
  - a. Normalizar abastecimiento de agua
  - b. Normalizar abastecimiento de luz
  - c. Normalizar el abastecimiento de alimentos y garantizar seguridad alimentaria.
2. Brindar atención psicológica.

De tal forma que la población pueda volver a integrarse mediante la recuperación de la relación familiar, comunitaria y entorno. (Vargas, 2002)

3. Proveer de atención medica
4. Establecer mecanismos económicos y financieros.

5. Ubicar permanente a familias o personas damnificadas en estructuras aptas siguiendo con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial y códigos de construcción.
6. Incentivar a la población en la reconstrucción del lugar ya que genera fuentes de trabajo lo que les puede asegurar un salario y reintegrarse en sociedad. (Vargas, 2002)

### **3.6.2 Plan de Manejo Ante Riesgos Naturales Destinado a Estructuras**

#### **3.6.2.1 Programa para la Prevención de Estructuras**

Las estructuras en los eventos sísmicos y actividad volcánica presentan un riesgo muy alto en especial por estar a descubiertos por lo que en el programa se establece las acciones a realizar para prevenir daños en las estructura y consigo disminuir la vulnerabilidad de población, estructuras y ecosistemas.

1. *“Aumentar la resistencia de líneas vitales (energía eléctrica, sistemas de agua potable, alcantarillado, transporte de crudo, vías, etc.) mediante el reforzamiento estructural.”* (Rivadeneira, y otros, 2007)
2. Toda institución pública y privada debe contar con un plan implementado y actualizado de prevención, contingencia y remediación.
3. Reforzar edificaciones vulnerables y reubicación de viviendas en zonas de alto riesgo. (Rivadeneira, y otros, 2007)
4. La construcción de edificaciones de estar en función de parámetros de construcción como es la norma INEN 5: 2001 Diseño y Requisito para Estructuras Sismo Resistentes.
5. Aplicar el Plan de Ordenamiento Territorial a nivel provincial, cantonal y sectorial.
6. Adecuación de hospitales y vías de acceso.
7. Generar vías alternas para que la población no quede incomunicada.

- Para los cantones El Chaco, Quijos y Gonzalo Pizarro es de gran importancia que el SOTE se encuentre en excelentes condiciones ya que un derrame de crudo pone en riesgo a la salud de la población y ecosistemas por lo que a continuación se describe algunas acciones para disminuir la vulnerabilidad de daños en el SOTE.

1. Estudio de impactos (ingeniería básica de detalle)
2. Determinar causas posibles de derrames:
  - a. Deslizamientos
  - b. Sismos
  - c. Sabotaje
  - d. Eventos volcánicos
  - e. Corrosión
3. Determinar sitios estratégicos para establecer puntos de control.
4. Implementar puntos de control.
5. Realizar mantenimiento de tuberías y estructuras de base.
6. Verificar la topografía de la estructura (presencia de hundimientos).
7. Generar un cronograma de gastos para mantenimiento.

En función del:

- a. Tipo de trabajo de ingeniería a realizar (protección para estructura en superficie o enterrada).
  - b. Cantidad de tubos
  - c. Cantidad de Material de protección
  - d. Estudio de productos en mercado nacional o internacional
  - e. Tiempo de vida
8. Generar un cronograma del avance de obra

Dentro de las mejoras que ya se están iniciando en algunos segmentos del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano se encuentra: el reforzamiento externo y el reforzamiento interno.

- Para los cantones El Chaco, Quijos y Gonzalo Pizarro es de gran importancia que el Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair se encuentre en excelentes condiciones debido a la importancia y magnitud que representa por lo que se describe algunas acciones para disminuir la vulnerabilidad que podría presentar en la zona.

1. Estudio de impactos.
2. Determinar causas posibles de contaminación
3. Determinar sitios estratégicos para establecer puntos de control de fauna acuática.
4. Implementar puntos de control.
5. Realizar mantenimiento de tuberías y estructuras.
6. Realizar identificación de posibles deslizamientos que pongan en riesgo la operación del proyecto tanto en su fase de construcción como de operación.
7. Generar un cronograma de gastos para mantenimiento.
8. Realizar mantenimiento de equipos y estructura.
9. Mantener el caudal ecológico del Río Coca en especial en época seca de tal forma que no se vea afectado el atractivo visual de la cascada de San Rafael.
10. Designar un área para tratamiento de sedimentos provenientes de los sedimentadores.
11. Establecer planes de reforestación con la población.

### 3.6.2.2 Programa de Contingencia de Estructuras

En caso de ocurrir un desastre natural es importante seguir con las siguientes actividades:

1. Evaluar la autenticidad de la alarma para activación del plan.
2. Determinar responsables de emergencia.
3. Coordinar la comunicación con el Cuerpo de Bomberos, Emergencias Médicas, SNGR, Cruz Roja y defensa civil.
4. Aplicar el Plan de Contingencia propio de cada empresa pública y privada.

En lo que respecta al transporte de crudo; los últimos derrames ocurridos fueron productos por:

- a. Atentados y desastres naturales
- b. Y muy escasamente es por corrosión de la estructura.

Acciones:

1. Mantener vías de acceso libres.
2. Evaluar puntos de control.
3. Portar al sitio de contaminación Kit básico: barreras de contención, bombas, skimmers (recolector de crudo para zonas acuosas y espejos de agua y zonas fluviales), material sintético y orgánico.

En lo que respecta al proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair las acciones a seguir en caso de:

1. Contaminación por hidrocarburos en el Rio Coca se cerrara las compuertas de la represa para impedir el paso del contaminante a las turbinas de generación.

2. Obstrucción de ríos por deslizamientos se procederá con el envío de maquinaria para remover escombros y flujos de lodo con el fin de que el río retome su cauce normal.
3. Sismos y erupciones activar plan de evacuación de trabajadores, siguiendo el proceso establecido por las brigadas.

### **3.6.2.3 Programa de Recuperación de Estructuras**

Para contra restar el evento ocurrido ante las estructuras y mejorarlas para futuro así evitar nuevas vulnerabilidades, se indica lo siguiente:

1. Identificar nuevos riesgos derivados de la emergencia. (por ejemplo: levantamiento o hundimientos de carreteras). (Vargas, 2002)
2. Controlar el estado de líneas vitales.
3. Restablecer condiciones normales de las líneas vitales
4. Identificar que estructura se puede recuperar y cual no.
5. Invertir en la reconstrucción de estructuras más resistentes.
6. Generar construcciones apropiadas como uso de albergues ya que actualmente los albergues son improvisados en centros educativos y coliseos.
7. Fortalecer la estructura de las líneas vitales (sistemas de agua y alcantarillado, energía eléctrica, transporte de crudo, vías, etc.)
8. Las empresas públicas y privadas deben proceder con su plan de recuperación.
9. Construir nueva edificaciones acogidos a los parámetros de construcción como es la norma INEN 5: 2001 Diseño y Requisito para Estructuras Sismo Resistentes.

### **3.6.3 Plan de Manejo Ante Riesgos Naturales Destinado a Ecosistemas**

#### **3.6.3.1 Programa para la Prevención de Ecosistemas**

Los ecosistemas se ven vulnerables ante un riesgo natural por lo que se presentan en este Programa para la Prevención de Ecosistemas acciones que se deben implementar para la protección de los mismos.

1. Identificar asentamientos humanos en áreas protegidas.

En la Reserva Ecológica Cayambe- Coca se encuentra la comunidad indígena A'I Cofán, y en el Parque Nacional Sumaco Napo Galeras la comunidad indígena de Kichwa de la Amazonia.

2. Establecer zonificación para identificación de especies.
3. Realizar inventario de especies endémicas.
4. Determinar especies indicadores biológicos.
5. Realizar inventario de especies catalogados como indicadores biológicos.
6. Monitorear el crecimiento de las poblaciones en especial de las especies endémicas.
7. Implementar centros de crianza de especies en peligro de extinción.
8. Desarrollar planes reforestación.
9. No quemar los bosques.
10. Proteger la cobertura vegetal propia de la zona mediante campañas de concienciación de los pobladores cercanos a áreas protegidas y colonos residentes en áreas protegidas.
11. Establecer puntos de muestreo para calidad de agua, calidad de suelo y calidad de aire.
12. Implementar monitoreo de calidad de agua, aire y suelo.
13. Monitoreo de condiciones climáticas.
14. Determinar responsables de emergencia
15. Implementar sistemas de alerta de emergencias.

16. Designar coordinador de emergencias, jefes de brigadas y brigadistas.
17. Capacitar a todo el personal funcionario de la Reserva Ecológica Cayambe- Coca y Parque Nacional Sumaco Napo Galeras.
18. Hacer simulacros de evacuación del personal y colonos que habitan áreas protegidas.
19. Señalización de puertas y rutas de evacuación de parques y bosques protegidos para agilizar la evacuación de visitantes de las áreas protegidas.

### **3.6.3.2 Programa de Contingencia de Ecosistemas**

En caso de ocurrir un desastre natural es importante seguir con las siguientes actividades:

1. Evaluar la autenticidad de la alarma.
2. Informar a jefes de brigadas responsables de emergencia.
3. Activar sistemas de alarmas.
4. Coordina funciones básicas de seguridad y evacuación de especies de los centros de crianza.
5. Da aviso a los cuerpos de socorro como cuerpo de bomberos, policía, cruz roja, etc.
6. Evacuar colonos y visitantes de las áreas protegidas.

### **3.6.3.3 Programa de Recuperación de Ecosistemas**

Es muy importante la recuperación y regeneración de los ecosistemas para evitar epidemias, enfermedades respiratorias y digestivas a la población e impedir grandes pérdidas en el patrimonio de biodiversidad por lo que se establece las siguientes acciones que se las debe trabajar en conjunto con los líderes comunitarios, MAE, PRAS y SNGR.

1. Identificar zonas sensibles de ocurrencia de nuevas amenazas como son deslizamientos y/o represamiento de ríos.

2. Identificar pasivos ambientales provenientes del daño de estructuras.
3. Evaluar el impacto ambiental producto de los pasivos ambientales generados en el desastre.
4. En función de los puntos de muestreo establecidos evaluar la situación actual de la calidad de agua, suelo y aire.
5. Muestrear y monitorear la calidad de agua tomando en cuenta parámetros físicos y químicos.
6. Muestrear y monitorear de calidad de suelo tomando en cuenta parámetros físicos y químicos.
7. Muestrear y monitorear de calidad del aire en contaminantes atmosféricos de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y CO.
8. Identificar áreas afectadas en los Bosques Protegidos
9. Identificar pérdidas de cobertura vegetal y faunística
10. Analizar estado especies indicadoras biológicas.
11. Implementar palanes de reforestación.
12. Implementar planes de recuperación faunística.
13. Evaluar y recuperar estructuras afectadas por el desastre.
14. Retornar especies evacuadas de los centros de crianza.
15. Las empresas públicas y privadas deben aplicar el Plan de Contingencia y Mitigación ante desastres naturales para la recuperación estructural y asumiendo el daño ambiental posible.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La zona de afectación comprometida, está ubicada entre la Estación El Salado y la Estación de Lumbaquí, la evaluación de pasivos ambientales producto de la ruptura del oleoducto en puntos de este sistema son de alta relevancia; los pasivos tienen su origen debido al terremoto de 1987, a esa fecha y ante este percance la prioridad constituía el restablecimiento de la línea del oleoducto afín al restablecimiento se ejecutó la mitigación de pasivos ambientales que fueron detectados y accesibles para su tratamiento. Entonces desde julio 1987 hasta el 2008 no se atendió completamente la recuperación de áreas afectadas por derrame de hidrocarburo, no hubo remediación de pasivos. En los años 2009 y 2010 se plantea y se reconsidera el tratamiento de pasivos ambientales en El Salado y Lumbaquí, debido a la activación de líneas vitales e infraestructura en la zona norte amazónica del Ecuador; y los estudios para la implantación del Coca Codo Sinclair donde se reconsidera la recuperación de la zona basada en la legislación ecuatoriana como es el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, normativa que alcanza supremacía de aplicación efectiva recién partir del año 2001.
- Por otro lado se observo en el pasivo ambiental PK110 ubicado en la estación de Bombeo El Salado, una inquietante cercanía con la obra de captación del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair y en la confluencia del Río Quijos y Río El Salado en la formación del Rio Coca. Este pasivo ambiental visualmente es notorio, se observa a una profundidad aproximada de 25 m a partir de la carretera, una franja negra que se evidencia por la presencia de hidrocarburo de aproximadamente de 45 metros de longitud. El pasivo ambiental Estación el Salado N°03 se constituye en un problema por diversas causas, la más importante es la proximidad al proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair el cual una vez iniciada la operación de la Hidroeléctrica esta podría verse afectada por filtraciones del contaminante si llegará al rio Coca.

- La vulnerabilidad ante desastres naturales presente en una población depende principalmente de tres factores: por causas económicas, desconocimiento de la situación de peligro y salud; en función de que la mayor parte de asentamientos humanos no respondan a una planificación adecuada para su ubicación y tipo de construcción. La población cercana a pasivos ambientales son vulnerables.
- Los pasivos ambientales producto de derrames de crudo debido a la permanencia por largos periodos de tiempo en el suelo y en el agua; exigen su remediación; caso contrario, estos son focos activos de contaminación que alteran a la vida faunística y la vida humana, pasivos que constituyen un impedimento en el desarrollo normal de la comunidad debido a la interrelación con el ecosistema.
- Del análisis del presente trabajo se concluye que para “La Evaluación de pasivos ambientales en el área de influencia del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (El Salado – Lumbaquí) y alternativas de remediación”; la mejor alternativa para prevención y mitigación de pasivos ambientales es el desarrollo y aplicación de los Planes de Manejo de prevención y mitigación Ante Riesgos Naturales.
- El desarrollo de la prospección del terremoto de 1987 y los efectos colaterales ocasionados; proporcionan parámetros a los estamentos gubernamentales y seccionales en el perfeccionamiento de logística e infraestructura para reacción y toma de decisiones de respuesta, ante desastres naturales y situaciones similares en previsión de beneficio a las comunidades y ecosistemas.

## Recomendaciones

- Ante la presencia de derrame de hidrocarburos por la ruptura del oleoducto durante 1987 exige el cumplimiento de remediación y mitigación ambiental, en estricta observancia al mantenimiento y preservación del ecosistema; en aplicación a la normativa ambiental y relacionada al establecimiento de una nueva infraestructura de inversión en este caso del Coca Codo Sinclair.
- Para la mitigación de pasivos ambientales en presencia de suelos de grava y material rocoso es recomendable el uso de lavado de suelo ex situ; como técnica de remediación, ya que presenta gran efectividad este tipo de material por su permeabilidad lo que permite la limpieza y recuperación.
- El pasivo ambiental Estación el Salado N°03 presenta varias dificultades para su remediación puesto que por su ubicación, compromete la estructura de la carretera en caso de hacer un trabajo de recuperación ex situ, seria causa de inconvenientes a la población de Napo y Sucumbíos, se recomienda la alternativa de remediación a usar, sea en el sitio de contaminación.
- Asumiendo que la zona donde se encuentra desarrollándose el proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair se encuentra sin pasivos ambientales generados por la rotura del oleoducto producto del terremoto de 1987, es importante recomendar que se debe mantener la sostenibilidad ambiental de esta zona a corto, mediano y largo plazo como producto de la implantación de la infraestructura del proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair.
- Es recomendable que el proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair mantenga relación con las comunidades vecinas, una forma es mediante actividades de reforestación ya que esto a mas de beneficiar la imagen de la hidroeléctrica, disminuirá la vulnerabilidad que presentan ante deslizamientos y mejorando la calidad ambiental.

- Se recomienda a las comunidades ubicadas en zonas de alto riesgo participar en las actividades programadas para disminuir su vulnerabilidad frente a desastres naturales.
- Se recomienda mantener atención prioritaria para el manejo de la calidad ambiental en los siguientes puntos críticos: Zona forestal protegida del embalse de Cascada San Rafael, vías acceso y control faunístico en el embalse compensador del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair ubicado en las provincias de Napo y Sucumbíos.

## BIBLIOGRAFÍA

- \* CONAIE. (2012). *Archivo Fotográfico Nacionalidades*. Recuperado el 2012, de <http://www.conaie.org/nacionalidades-y-pueblos/nacionalidades/amazonia/cofan>
- \* Contraloría General de la República del Ecuador. (Noviembre de 2010). Gestión Ambiental para la Protección y Conservación de los Recursos Naturales en la Región de la Amazonia. *Auditoría Internacional* , 19. Ecuador: Dirección de Comunicación Institucional de la Contraloría General del Estado de la República del Ecuador.
- \* D' Ercole, R., & Trujillo, M. (2003). *Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgos en el Ecuador*. Quito.
- \* Departamento De Salud Y Servicios Humanos De Los EE.UU., S. D. (09 de 1999). *Resumen de Salud Pública Hidrocarburos Totales de Petróleo*. Recuperado el 2012, de <http://www.atsdr.cdc.gov/es>
- \* EL COMERCIO. (14 de Julio de 2012). *EL COMERCIO*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2012, de [http://www.elcomercio.com/sociedad/investiga-posible-ilegal-ADN-huaorani\\_0\\_736126572.html](http://www.elcomercio.com/sociedad/investiga-posible-ilegal-ADN-huaorani_0_736126572.html)
- \* EP PETROECUADOR. (2009). El Petróleo. En *El Petróleo en el Ecuador* (págs. 10-15 , 102-108). Quito.
- \* FLACSO. (2012). *Archivo Fotográfico*. Recuperado el 2012, de [http://www.flacsoandes.org/archivo\\_lenguas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62&Itemid=59&lang=es](http://www.flacsoandes.org/archivo_lenguas/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=59&lang=es)
- \* Fundación José Peralta. (2011-2012). Ecuador su realidad. En L. Vázquez S., & N. Saltos G., *Ecuador su realidad* (págs. 167-170). Quito: Edgar Tello.

- \* Fundación José Peralta. (2011-2012). Ecuador su realidad. En L. Vázquez S., & N. Saltos G., *Ecuador su realidad* (págs. 99-100). Quito: Edgar Tello.
- \* Fundación José Peralta. (2011-2012). Ecuador su realidad. En L. Vázquez S., & N. Saltos G., *Ecuador su realidad* (págs. 87-88). Quito: Edgar Tello.
- \* Gómez Orea, D. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- \* Hall, M. L. (2000). Efectos Sobre las Lineas Vitales. En M. L. Hall, *Los Terremotos del Ecuador del 5 de marzo de 1987. Deslizamientos y sus efectos sociales*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- \* IG EPN. (2012). *¿Qué hace en caso de un sismo?* Recuperado el Enero de 2013, de Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología: <http://www.igepn.edu.ec/index.php/recursos/que-hacer-ante/un-sismo.html>
- \* IG EPN. (2012). *¿Qué hacer ante una Erupción Volcanica?* Recuperado el Enero de 2013, de Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología: <http://www.igepn.edu.ec/index.php/recursos/que-hacer-ante/una-erupcion.html>
- \* IG EPN. (2013). *Informes Sísmicos e Informes Volcánicos*. Recuperado el 10 de Enero de 2013, de Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología: <http://www.igepn.edu.ec>
- \* IG EPN. (2012). *Origen de los Sismos*. Recuperado el Noviembre de 2012, de Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología: <http://www.igepn.edu.ec/index.php/sismos/origen.html>

- \* IG EPN. (2013). *Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología*. Recuperado el 10 de Enero de 2013, de <http://www.igepn.edu.ec>
- \* IGM. (2012). Geografía Humana: Población y sociedad. En IGM, *Atlas del Ecuador* (págs. 46, 54-57). Quito, Ecuador.
- \* INAMHI. (1987-2009). *ANUARIOS METEOROLÓGICOS*. Quito.
- \* INEC. (2010). *Censo 2010*. Recuperado el 2012, de <http://www.inec.gob.ec>
- \* INEC. (2000). *III Censo Nacional Agropecuario - Datos Nacionales*. Recuperado el 14 de Enero de 2013, de <http://www.inec.gob.ec/estadisticas>
- \* LA HORA. (Diciembre de 2010). *LA HORA*. Recuperado el Enero de 2013, de [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101057616/-1/Volc%C3%A1n\\_cobija\\_con\\_su\\_ceniza.html](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101057616/-1/Volc%C3%A1n_cobija_con_su_ceniza.html)
- \* MAE. (2011). Principios y Definiciones. *Acuerdo Ministerial Nro. 169 del 30 de Agosto del 2011* .
- \* MAE. (2003). *Texto Unificado De Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 2012, de <http://www.ambiente.gob.ec>
- \* Ministerio de Salud del Ecuador. (2012). *GeoSalud*. Recuperado el Enero de 2013, de <http://geosalud.msp.gob.ec/>
- \* Ortiz Bernad, I., Sanz Garcia, J., Dorado Valiño, M., & Villard Fernández, S. (2007). *Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados*. Madrid: Universidad de Alcalá.

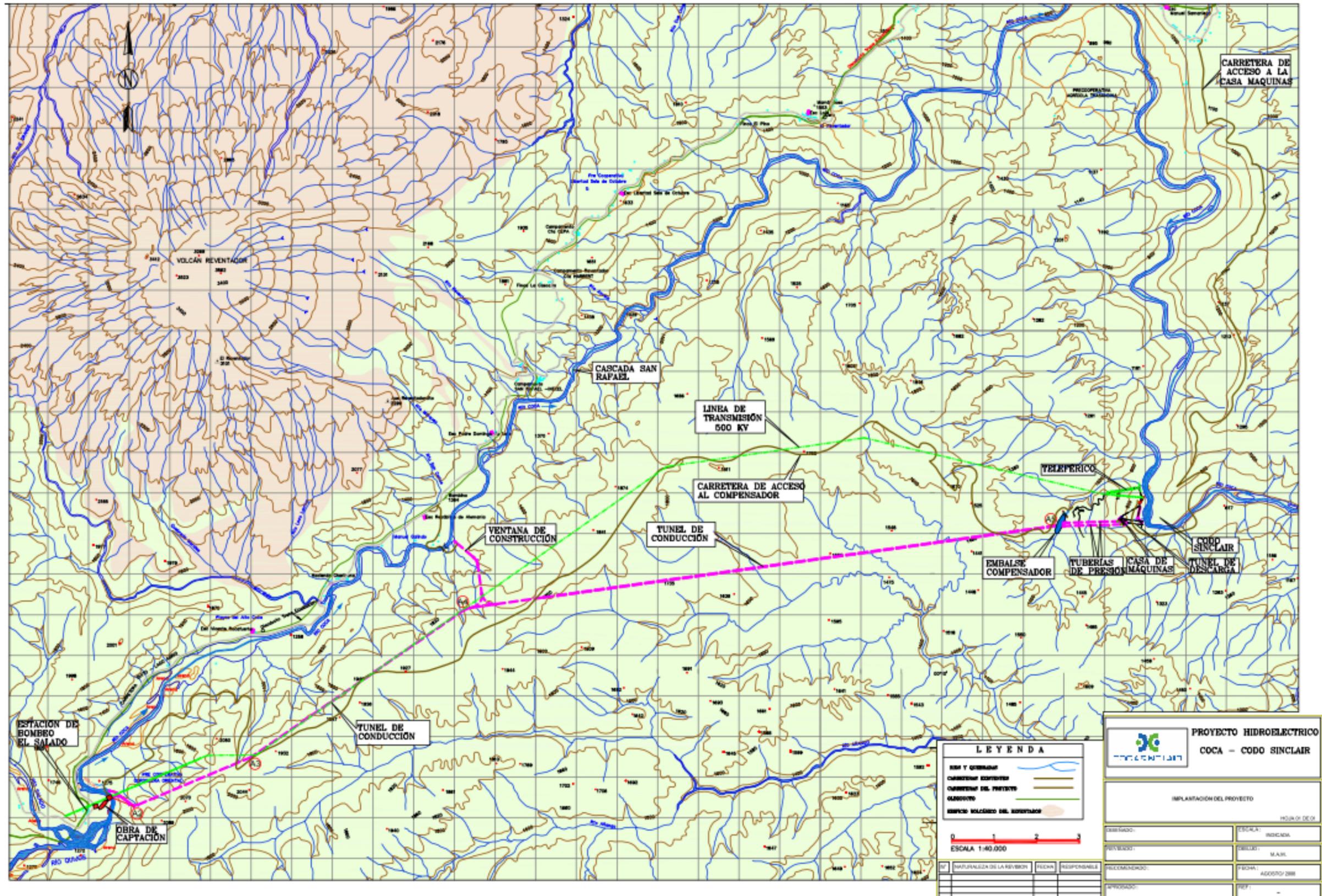
- \* Poyecto IIRSA. Capitulo 7 Evaluación Del Pasivo Ambiental de la concesión del tramo vial Inambari - Iñapari del Proyecto Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil. En P. IIRSA.
- \* PROFONIAN. (2012). *PROFONIAN*. Recuperado el 17 de Junio de 2012, de <http://profonian.nativeweb.org/beneficiarios/beneficiario.htm>
- \* Proporcionado por el Programa de Reparación Ambiental y Social PRAS. (10 de Septiembre de 2012). Evaluación de los deslizamientos provocados por los sismos de 1987. Quito, Pichincha, Ecuador.
- \* Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A. (2012). Diagnóstico Y Plan De Manejo Ambiental Del Sistema De Oleoducto Transecuatoriano Y Sistema De Poliductos Shushufindi - Quito Y Esmeraldas - Quito Capitulo III Caracterización Ambiental Sec. I Geología. Quito, Pichincha, Ecuador.
- \* Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A. (2012). Diagnóstico Y Plan De Manejo Ambiental Del Sistema De Oleoducto Transecuatoriano Y Sistema De Poliductos Shushufindi - Quito Y Esmeraldas – Quito Capitulo III Caracterización Ambiental Sec. II Suelos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- \* Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A. (2012). Diagnóstico Y Plan De Manejo Ambiental Del Sistema De Oleoducto Transecuatoriano Y Sistema De Poliductos Shushufindi - Quito Y Esmeraldas – Quito Capitulo III Caracterización Ambiental Sec. III Clima. Quito, Pichincha, Ecuador.
- \* Proporcionado por la consultora ServiGARLIN S.A. (2012). Pasivos Ambientales. Quito, Pichincha, Ecuador.

- \* Proyecto Hidroeléctrico COCA CODO SINCLAIR. (2012). *Proyecto Hidroeléctrico COCA CODO SINCLAIR*. Recuperado el 17 de Mayo de 2012, de <http://www.cocasinclair.com/web/cocasinclair/38>
- \* Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncos, L., Vaca, S., y otros. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- \* Schlumberger. (Junio de 2011). *Oilfield Review*. Recuperado el Febrero de 2013, de <http://www.slb.com>
- \* Secretaría Nacional de Gestión Riesgos del Ecuador. (2013). *Sistema de Información para la Gestión de Riesgos*. Recuperado el 2013, de [http://snigr.snriesgos.gob.ec/snigr\\_sig/](http://snigr.snriesgos.gob.ec/snigr_sig/)
- \* SNGR. (2013). *Secretaría Nacional de Riesgos*. Recuperado el 2013, de <http://www.riesgos.gob.ec/erupciones-volcanicas/>
- \* Vargas, J. E. (2002). *Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales*. Santiago de Chile.
- \* Villacreces, L. (2011). *Evaluación de factores que afectan la medición de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) mediante espectroscopia IR en suelos contaminados con petróleo intemperizado*. . Recuperado el 2012, de [http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio\\_congreso\\_2011/papers/T3.pdf](http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio_congreso_2011/papers/T3.pdf)
- \* Volke Sepúlveda, T., & Velasco Trejo, J. A. (2002). *Tecnologías de Remediación Para Suelos Contaminados*. México: INE-SEMARNAT.

- \* Volke Sepulveda, T., & Velasco Trejo, J. (Noviembre de 2003). *Biodegradación de Hidrocarburos del Petróleo en Suelos Intemperizados Mediante Composteo*. Recuperado el Febreo de 2013, de <http://www2.ine.gob.mx>
  
- \* Volke Sepúlveda, T., Velasco Trejo, J. A., & de la Rosa Pérez, D. A. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. capítulo III y capítulo IV*. Recuperado el 03 de Abril de 2012, de <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/459/cap4.html>

# ANEXOS

ANEXO 1. ÁREA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA - CODO SINCLAIR



Fuente: (Proyecto Hidroeléctrico COCA CODO SINCLAIR, 2012)

ANEXO 2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE:  
PAPALLACTA

CODIGO: M188

LATITUD:  
002154 S

LONGITUD:7808  
41 W

ELEVACION: 3150 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	59.8	198.3	73.8	174.4	152.2	109.9	154.2	111.3	63.0	78.1	33.9	34.4
1988	54.9	65.0	107.5	139.1	0.0	0.0	166.5	125.4	112.9	72.6	113.0	52.8
1989	62.3	84.4	N/D	62.3	247.0	270.2	236.6	84.9	97.5	97.4	36.4	8.4
1990	53.1	36.8	158.6	106.1	149.2	179.6	163.0	110.5	87.9	105.7	35.1	57.8
1991	51.6	139.2	73.2	103.9	133.3	190.0	192.9	144.4	68.4	70.3	72.2	20.8
1992	41.2	68.1	131.3	114.2	N/D	109.9	N/D	112.4	94.8	40.0	52.7	63.9
1993	65.3	69.3	168.8	85.2	144.5	204.1	199.4	99.8	138.9	63.9	64.8	52.3
1994	56.0	43.3	89.1	117.8	139.0	191.5	187.7	257.0	102.2	82.2	93.5	100.6
1995	40.9	27.5	51.6	65.8	102.9	131.3	112.6	72.2	71.1	43.1	105.6	53.2
1996	48.5	122.8	74.3	80.2	104.9	126.5	257.4	116.8	120.1	44.4	57.4	41.1
1997	78.6	100.6	55.9	97.7	183.9	130.7	226.7	103.6	55.9	52.0	75.3	63.1
1998	66.4	43.8	54.0	84.6	70.6	276.1	257.3	113.0	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>Periodo 1999- 2002</b>			Información no disponible									
2003	N/D	N/D	706.0	436.9	557.9	N/D	195.6	51.5	79.0	62.9	66.5	76.3
2004	9.6	73.5	145.2	115.9	165.7	203.7	210.2	126.1	60.1	72.9	37.1	50.8

Continuación...

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2005	30.1	87.4	123.3	236.0	133.0	190.1	96.8	66.6	60.1	34.4	61.7	102.3
2006	81.0	41.5	65.9	116.8	99.7	212.0	110.9	86.9	84.0	57.6	87.4	46.2
2007	65.6	51.6	133.6	181.5	76.8	N/D	28.3	188.7	92.6	95.7	99.2	83.3
2008	63.1	93.7	51.2	118.2	151.5	175.1	162.4	140.9	122.8	132.2	51.6	103.5
2009	149.3	57.3	113.5	N/D	136.2	187.2	155.2	147.8	87.4	188.3	1.7	27.3

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

## INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

### PRECIPITACION MENSUAL (mm)

#### SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL CHACO INECEL    CODIGO: M201    LATITUD: 002000 S    LONGITUD: 774000 W    ELEVACION: 1570 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	167.0	415.4	100.6	375.9	268.8	247.3	246.2	200.6	165.7	203.2	159.5	164.7
1988	378.4	176.1	225.2	244.6	247.4	250.0	130.5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1989	N/D	N/D	N/D	N/D	246.5	488.9	186.0	256.7	222.7	292.0	132.9	49.3
1990	258.1	125.3	264.7	193.4	233.4	348.7	244.2	139.9	N/D	171.0	107.5	157.1
1991	125.7	140.2	79.2	315.5	220.0	321.1	365.6	152.8	200.9	N/D	N/D	N/D
1992	N/D	N/D	N/D	228.4	262.7	219.7	173.2	187.8	174.4	113.8	154.1	89.1
1993	141.6	145.3	293.6	259.8	315.0	251.5	245.3	170.5	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>Periodo 1994- 2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**PRECIPITACION MENSUAL (mm)**

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL REVENTADOR      CODIGO: M203      LATITUD: 002518 S      LONGITUD: 7758 00 W      ELEVACION: 1145 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	405.6	291.3	386.4	423.0	410.2	406.2	843.1	N/D
1989	359.2	538.9	356.7	331.8	310.3	292.5	492.3	479.6	379.0	476.4	490.1	349.3
1990	498.2	N/D	665.3	N/D	574.3	663.7	438.4	297.4	370.2	348.4	526.9	N/D
1991	N/D	N/D	452.1	860.0	672.1	631.9	N/D	333.0	371.3	N/D	550.6	660.7
<b>Periodo 1992- 2006</b>			Información no disponible									
2007	400.2	155.7	945.1	334.3	504.5	533.2	436.9	451.7	391.3	385.0	531.0	765.3
2008	459.0	494.6	311.5	N/D	N/D	543.7	417.2	380.3	307.7	525.3	311.4	356.6
2009	954.8	512.9	747.4	501.9	392.8	567.5	467.5	495.1	304.1	427.9	367.2	923.6

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**PRECIPITACION MENSUAL (mm)**

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: RIO SALADO- CODIGO: LATITUD: LONGITUD:7739 ELEVACION: 1310 msnm  
 INECEL M208 001200 S 00 W

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	N/D	N/D	N/D	N/D	285.1	273.0	322.3	332.5	285.1	240.6	158.3	199.7
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1989	N/D	373.4	231.8	275.5	335.7	486.6	225.2	364.0	264.5	262.3	201.1	163.2
1990	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1991	164.9	256.1	212.7	384.4	311.9	406.4	411.9	170.1	184.8	266.9	227.6	137.4
1992	164.9	375.9	323.5	194.9	336.0	271.9	330.3	223.1	242.5	140.0	128.0	129.8
<b>Periodo 1993- 2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**PRECIPITACION MENSUAL (mm)**

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: BAEZA

CODIGO: M215

LATITUD:  
003734 S

LONGITUD:  
775152 W

ELEVACION: 1960 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	136.9	345.6	122.5	348.1	272.6	171.7	190.2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1989	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1990	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	277.8	245.9	102.6	216.2	162.3	98.9	158.9
1991	71.3	122.0	94.9	269.4	310.2	313.2	387.8	100.9	131.0	209.1	187.1	65.2
1992	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1993	163.4	122.5	251.6	191.5	237.3	231.4	212.3	132.9	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>Periodo 1994- 2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**PRECIPITACION MENSUAL (mm)**

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: SARDINAS

CODIGO: M490

LATITUD:  
002216 S

LONGITUD: 7748  
06 W

ELEVACION: 1615 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	196.0	650.5	239.8	N/D	N/D	290.9	212.1	338.8	452.1	189.5	120.9	72.0
1988	139.5	277.3	513.9	306.5	212.5	252.2	202.7	268.0	N/D	162.5	308.7	113.9
1989	267.6	110.9	N/D	206.6	352.5	547.2	205.9	277.4	288.6	303.6	257.1	12.7
1990	532.5	239.2	348.3	286.7	410.4	456.9	404.7	206.1	252.4	137.6	100.9	214.2
1991	117.5	142.1	167.6	N/D	465.2	332.1	790.8	294.8	202.2	135.8	254.6	N/D
1992	84.2	203.6	324.9	439.5	320.6	250.1	577.7	220.9	464.4	171.1	193.2	83.7
1993	113.8	374.9	359.7	363.3	320.6	406.8	582.7	309.2	464.4	171.1	245.9	158.4
1994	213.0	469.1	355.7	426.4	327.0	572.0	214.1	273.0	169.8	N/D	N/D	271.8
1995	116.0	60.2	93.1	146.1	N/D	341.3	292.9	176.1	236.0	193.7	155.0	122.9
1996	152.4	N/D	117.7	279.4	N/D	269.7	305.4	190.6	249.5	128.7	170.9	102.8
1997	136.2	333.7	274.4	270.6	463.4	306.6	204.9	210.1	156.6	N/D	N/D	N/D
1998	136.2	186.8	147.3	N/D	334.9	387.5	N/D	220.0	160.1	196.0	132.8	87.4
1999	223.2	190.1	211.1	409.6	159.9	329.3	117.4	180.9	215.7	120.5	171.1	169.5
2000	180.9	152.5	120.4	265.3	387.0	332.8	214.6	331.4	N/D	178.4	141.1	92.4
2001	N/D	164.0	153.5	233.2	224.3	341.1	315.6	229.9	57.7	115.1	18.0	230.6
2002	206.2	217.0	181.4	264.3	566.2	180.5	312.3	222.2	124.3	288.3	331.6	68.2
2003	90.0	243.6	187.0	N/D	162.8	196.8	195.3	178.9	170.2	172.9	197.8	130.2
2004	53.9	133.2	239.2	N/D	484.4	211.3	285.6	130.0	176.5	75.1	75.2	44.9

**Continuación...**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>2005</b>	113.4	245.0	264.5	375.5	276.7	508.8	N/D	N/D	150.9	137.4	74.8	202.5
<b>2006</b>	N/D	N/D	239.7	250.2	171.0	295.9	186.0	238.6	283.7	274.7	281.4	113.9
<b>2007</b>	110.2	192.3	286.8	451.1	232.3	452.3	216.0	287.6	245.6	150.4	209.7	290.7
<b>2008</b>	201.4	274.9	75.5	345.9	246.1	184.3	302.8	17.3	258.4	148.8	239.6	171.8
<b>2009</b>	290.6	217.2	455.3	187.6	N/D	161.7	N/D	196.6	125.3	59.2	N/D	124.1

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**HUMEDAD RELATIVA (%)**

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: PAPALLACTA    CODIGO: M188    LATITUD: 002154 S    LONGITUD: 78084 W    ELEVACION: 3150 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	91	N/D	92	92	91	92	92	90	91	91	90	N/D
1988	91	92	91	91	91	91	90	89	91	90	91	91
1989	93	91	N/D	92	91	91	91	91	90	89	N/D	83
1990	90	88	90	90	N/D	N/D	90	90	89	87	89	N/D
1991	88	88	93	93	94	N/D	93	92	90	90	92	N/D
1992	90	91	N/D	92	N/D	92	N/D	92	N/D	N/D	N/D	N/D
1993	N/D	N/D	N/D	95	93	93	91	92	92	91	93	93
1994	93	93	93	93	92	93	93	93	92	91	N/D	92
1995	N/D	89	90	N/D	92	93	92	92	N/D	93	N/D	N/D
1996	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	92	N/D	N/D	92	N/D	N/D	N/D
<b>Periodo 1997-2002</b>			<b>Información no disponible</b>									
2003	N/D	N/D	90	89	91	N/D	91	92	90	86	87	87
2004	81	89	92	88	91	91	91	88	88	85	86	85
2005	85	90	91	90	85	91	86	88	88	87	84	84
2006	85	87	90	87	89	88	88	88	84	82	86	87
2007	89	79	89	89	86	N/D	87	88	88	75	69	88
2008	89	91	90	89	90	90	91	89	87	87	84	86

Continuación...

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	91	88	88	N/D	87	89	88	88	85	87	83	87

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

## INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

### HUMEDAD RELATIVA (%)

SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL CHACO INECEL    CODIGO: M201    LATITUD: 002000 S    LONGITUD: 774000 W    ELEVACION: 1570 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	89	92	N/D	N/D	87	89	87	89	86	N/D	N/D	85
1988	85	88	87	89	91	N/D						
1989	N/D	N/D	N/D	N/D	91	91	88	89	86	86	85	77
1990	93	89	88	87	88	93	86	89	N/D	86	88	87
1991	87	88	88	93	92	92	95	92	91	N/D	N/D	N/D
1992	N/D	N/D	N/D	90	90	90	92	91	90	89	84	88
1993	87	88	90	90	89	91	90	90	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>Periodo 1994-2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**HUMEDAD RELATIVA (%)**

SERIES MENSUALES DE DATOS  
METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL REVENTADOR      CODIGO: M203      LATITUD: 002518 S      LONGITUD: 7758 00 W      ELEVACION: 1145 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1988	85	88	87	89	91	N/D						
1989	92	90	90	90	92	92	90	86	84	88	88	86
1990	90	N/D	N/D	89	91	91	N/D	87	84	85	87	N/D
1991	N/D	88	91	91	92	92	92	87	85	85	90	88
<b>Periodo 1992-2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**HUMEDAD RELATIVA (%)**

SERIES MENSUALES DE DATOS  
METEOROLOGICOS

NOMBRE: RIO SALADO-INECEL      CODIGO: M208      LATITUD: 001200 S      LONGITUD: 7739 00 W      ELEVACION: 1310 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	N/D	N/D	N/D	N/D	87	85	86	84	82	81	81	84
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1989	N/D	89	84	87	N/D	N/D	87	89	83	85	N/D	78
1990	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1991	N/D	N/D	N/D	N/D	91	92	91	92	86	87	N/D	87
1992	88	87	89	88	89	90	90	94	93	91	89	86
<b>Periodo 1993-2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)



**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**TEMPERATURA MENSUAL (°C)**

SERIES MENSUALES DE DATOS  
METEOROLOGICOS

NOMBRE: PAPALLACTA      CODIGO: M188      LATITUD: 002154 S      LONGITUD: 7808 41 W      ELEVACION: 3150 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	10.5	N/D	11.1	10.3	10.7	10.4	9.6	9.7	10.3	10.9	11.3	N/D
1988	10.6	10.6	10.2	10.6	10.2	10.0	8.8	9.3	9.8	10.4	10.5	10.5
1989	9.8	9.6	N/D	10.1	10.0	9.5	9.1	9.5	10.3	10.3	N/D	11.9
1990	10.8	11.1	10.6	10.9	10.0	9.7	9.3	9.1	10.4	11.1	11.1	11.0
1991	10.8	10.9	11.1	10.6	10.8	10.4	9.4	8.6	10.3	10.4	10.8	11.2
1992	11.3	11.2	N/D	11.2	N/D	10.4	N/D	9.5	N/D	N/D	N/D	N/D
1993	N/D	N/D	N/D	11.2	10.8	10.1	9.8	9.5	10.0	10.8	11.1	11.1
1994	10.6	10.2	10.5	10.6	10.8	9.7	9.3	9.2	10.1	11.0	N/D	11.0
1995	N/D	11.4	11.4	N/D	10.9	10.5	10.1	10.4	N/D	10.8	N/D	N/D
1996	11.0	10.5	11.1	11.3	11.3	10.6	9.2	9.4	10.7	11.5	11.9	11.1
1997	11.3	9.9	11.2	10.7	10.3	10.4	9.1	9.2	10.4	10.6	11.0	10.5
1998	10.8	11.6	10.9	11.4	10.5	9.5	8.5	8.0	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>1999-2002</b>			Información no disponible									
2003	N/D	N/D	10.3	10.7	10.3	N/D	9.0	9.5	10.1	11.0	11.1	10.6
2004	11.6	10.1	10.5	10.7	10.8	9.2	9.0	9.1	9.7	11.0	11.2	11.2
2005	11.1	11.1	10.6	11.0	11.2	10.1	9.6	9.6	10.1	10.7	11.2	10.9
2006	10.7	10.9	10.3	10.7	10.6	9.7	9.3	9.6	10.1	11.5	10.9	10.9

Continuación...

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	10.6	11.1	10.2	10.8	11.2	N/D	9.3	9.2	9.3	11.7	12.7	10.5
2008	10.3	9.8	10.0	10.6	10.1	9.7	9.0	9.1	9.8	10.5	11.3	10.8
2009	10.1	10.2	10.7	N/D	10.5	10.0	9.7	10.1	10.1	10.9	11.7	10.9

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

## INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

### TEMPERATURA MENSUAL (°C)

#### SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL CHACO INECEL

CODIGO: M201

LATITUD:  
002000 S

LONGITUD:  
774000 W

ELEVACION:  
msnm

1570

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	18.7	18.5	N/D	N/D	19.1	18.4	18.3	18.1	18.9	N/D	N/D	19.0
1988	19.0	19.6	18.9	19.0	19.0	N/D						
1989	N/D	N/D	N/D	N/D	18.3	17.4	17.5	17.5	18.3	18.8	20.0	20.7
1990	18.2	19.4	18.6	18.8	18.5	17.9	16.9	16.6	N/D	18.8	18.3	18.3
1991	18.3	17.8	18.7	17.8	18.3	18.0	16.7	16.2	17.5	N/D	N/D	N/D
1992	N/D	N/D	N/D	18.1	17.9	17.4	16.2	16.4	17.2	17.2	18.6	18.5
1993	18.1	17.8	17.4	18.3	18.5	17.5	17.2	17.0	N/D	N/D	N/D	N/D
1994-2009			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**TEMPERATURA MENSUAL (°C)**

SERIES MENSUALES DE DATOS  
METEOROLOGICOS

NOMBRE: EL REVENTADOR      CODIGO: M203      LATITUD: 002518 S      LONGITUD: 7758 00 W      ELEVACION: 1145 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	19.5	18.7	18.2	18.8	19.1	19.6	19.5	19.2
1989	18.4	18.5	18.8	18.5	17.9	18.0	17.6	18.3	18.8	18.7	19.5	19.7
1990	18.5	N/D	N/D	19.2	18.4	17.9	N/D	18.0	18.9	19.6	19.1	N/D
1991	N/D	18.9	18.7	18.4	18.7	18.2	17.4	17.4	18.7	18.4	18.6	19.0
<b>1992-2009</b>	Información no disponible											

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**TEMPERATURA MENSUAL (°C)**

SERIES MENSUALES DE DATOS  
METEOROLOGICOS

NOMBRE: RIO SALADO-INECEL CODIGO: M208 LATITUD: 001200 S LONGITUD: 7739 00 W ELEVACION: 1310 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	N/D	N/D	N/D	N/D	20.9	20.1	19.5	19.8	20.2	20.9	20.7	19.9
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1989	N/D	19.2	20.4	19.2	15.6	19.1	18.9	19.1	20.1	20.3	21.2	22.5
1990	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1991	21.5	21.0	16.2	20.6	20.2	19.9	18.9	18.7	20.4	19.4	211.3	21.1
1992	20.5	20.5	20.7	20.7	20.3	19.7	18.5	18.4	19.3	20.0	20.7	21.0
<b>1993-2009</b>			Información no disponible									

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**TEMPERATURA MENSUAL (°C)**

SERIES MENSUALES DE DATOS  
METEOROLOGICOS

NOMBRE: BAEZA                                      CODIGO: M215                      LATITUD: 003734 S                      LONGITUD: 775152 W                      ELEVACION: 1960 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	16.7	16.1	N/D	16.9	17.7	16.7	16.4	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1988	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1989	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1990	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	16.1	15.8	15.8	16.6	17.6	17.3	17.3
1991	17.6	16.8	17.5	16.8	17.1	16.8	15.8	15.3	16.9	16.1	16.7	17.4
1992	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1993	17.2	17.1	16.7	17.2	17.8	16.3	16.2	16.3	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>1992-2009</b>	Información no disponible											

Fuente: (INAMHI, 1987-2009)



## ANEXO 4. INFORME DE RESULTADOS



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTALES**

**LABFGEMPA**  
**INFORME DE RESULTADOS**

Clase: FUNDICIÓN Dirección: P.O. 85 Teléfono: 2400 614 Ubicación: Alta Cuesta	Número de informe: 12-008 Fecha de informe: 13-05-08 Recop. Laboratorio: 13-05-08 Nº de muestras entregadas: 3 Suelo y 1 Agua
--	--

**5. RESULTADOS ANALÍTICOS:**

Identificación de la muestra:		SRI-1			
Parámetro	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fecha de ensayo	
				Inicial	Final
* Pb	mg/kg	3284 0.15	EE/5/01 Ref. EPA 408.1	13-05-08	13-05-08

Identificación de la muestra:		SRI-2			
Parámetro	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fecha de ensayo	
				Inicial	Final
* Pb	mg/kg	1687 0.15	EE/5/01 Ref. EPA 408.1	13-05-08	13-05-08

Identificación de la muestra:		SRI-3			
Parámetro	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fecha de ensayo	
				Inicial	Final
Pb	mg/kg	1400 0.15	EE/5/01 Ref. EPA 408.1	13-05-08	13-05-08

Identificación de la muestra:		NDA-1			
Parámetro	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fecha de ensayo	
				Inicial	Final
Pb	mg/L	400 0.15	EE/5/01 Ref. EPA 408.1	13-05-08	13-05-08

Los ensayos realizados con (\*) se realizaron en el laboratorio de identificación del país.  
 (\*) Metodología:  
 El presente informe está sujeto a los estándares establecidos en el método. Muestra detallada según especificación del cliente.  
 No se responsabiliza el cliente de los análisis de las muestras recibidas en el laboratorio.  
 Documento validado y emitido con el sello de la institución. © LABFGEMPA es responsable de la información presentada en este informe.

**A. RESPONSABLE DEL ANÁLISIS:**



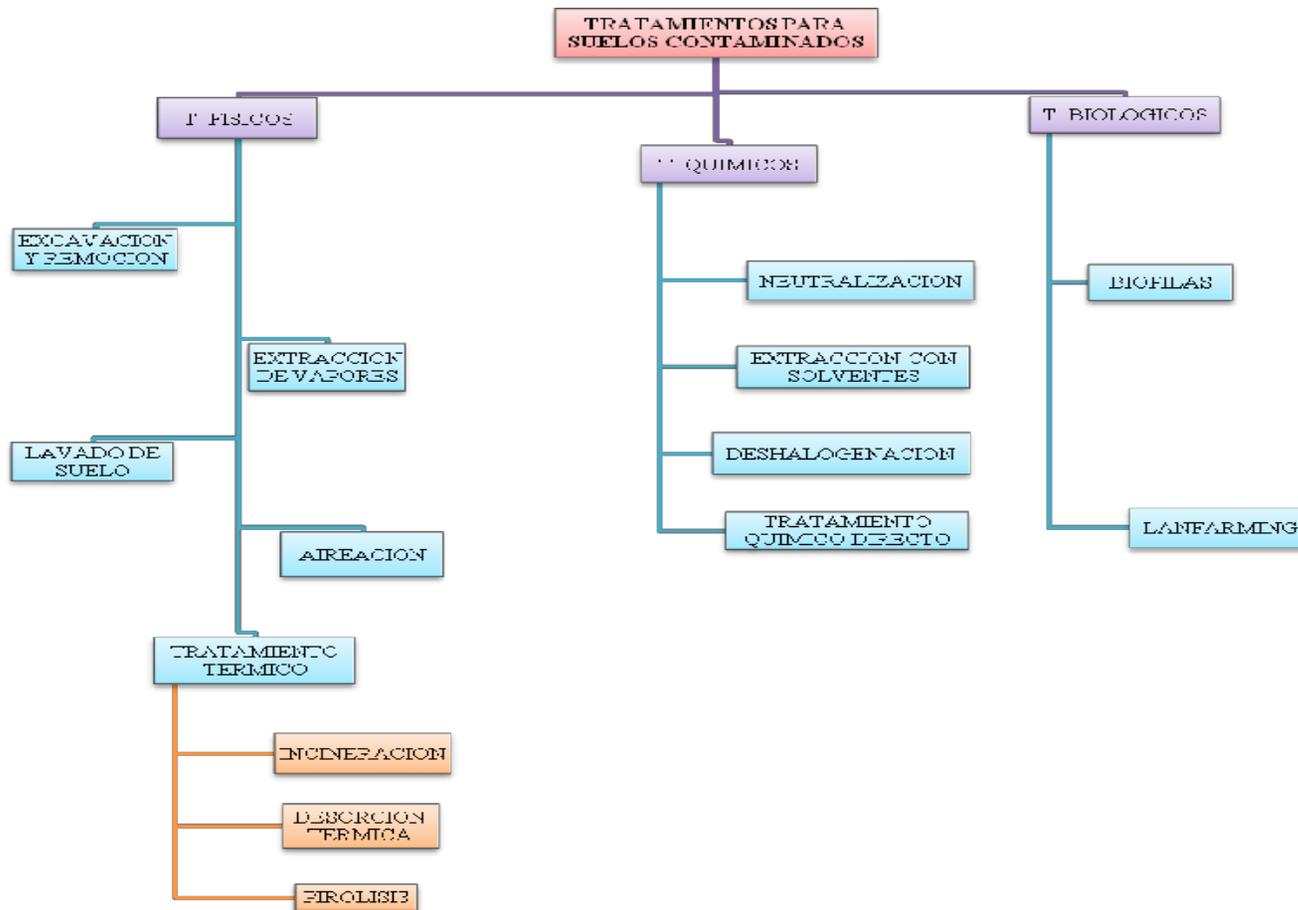
Gen. GABRIEL OVALE GONZALEZ  
 Director Encargado LABFGEMPA

---

Ciudad Universitaria - Corchero Lasso y Av. La Gaceta - Cuenca 81214 - Telf: 2429-474 2400-720  
 Fax: 2400-304 2400-735 - E-mail: documentos\_gempas@ucel.edu.ec - Quito-Ecuador



## ANEXO 5. TIPOS DE TRATAMIENTOS PARA SUELOS CONTAMINADOS



Fuente: Adaptado por Irina Cuesta S. de (MAE, 2003)

## ANEXO 6. SISMICIDAD ANUAL

### PROVINCIA DE NAPO

FECHA	TIEMPO	LAT.	LONG.	PROF.	Mag.	CIUDAD DE REFERENCIA
04/03/1987	20:54:00	0.070N	77.640W	11.0	6.1	TENA
05/03/1987	23:10:00	0.120N	77.8	13.0	6.9	TENA
15/07/1988	22:00:08Z	0.8155S	78.0791W	69.6	4.0	TENA
29/07/1988	01:55:45Z	1.0593S	78.1833W		4.0	TENA
26/11/1988	12:18:53Z	1.039S	77.1876W	2.4	4.0	TENA
11/12/1988	05:25:50Z	0.312S	78.0871W		4.3	TENA
08/02/1989	11:35:43Z	0.7318S	78.0987W	9.6	4.1	TENA
19/02/1989	23:18:01Z	1.0829S	78.0985W	5.9	4.1	TENA
02/03/1989	14:10:21Z	0.6999S	77.35W		5.0	TENA
25/03/1989	23:24:36Z	0.3201S	77.5352W	9.4	4.0	TENA
16/09/1989	01:34:05Z	0.5579S	77.3852W	3.3	4.1	TENA
16/09/1989	01:49:14Z	0.6031S	77.3115W	0.1	5.3	TENA
17/09/1989	17:27:35Z	0.6143S	77.3006W	0.1	4.1	TENA
06/10/1989	21:15:40Z	0.5626S	77.3675W	3	4.5	TENA
29/10/1989	17:46:42Z	1.0554S	78.1625W	4.2	4.6	TENA
02/11/1989	10:48:00Z	0.7042S	77.4471W	20.6	4.0	TENA
16/11/1989	09:21:58Z	1.1181S	77.9934W	1.1	4.1	TENA
03/12/1989	19:27:39Z	0.7735S	78.1603W	0.7	4.2	TENA
21/12/1989	23:16:12Z	1.0666S	78.1986W	5	4.0	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
06/02/1990	18:19:32	1.00S	77.94W	5	4.1	TENA
02/03/1990	16:50:04	0.84S	77.47W	17	4.1	TENA
13/03/1990	15:19:11	1.08S	77.84W	3.9	4.2	TENA
16/03/1990	20:55:16	0.41S	77.65W	12.3	4.1	TENA
16/04/1990	19:32:05	1.10S	78.16W	13.5	4.1	TENA
30/04/1990	17:05:31	0.99S	78.13W	12.3	4.0	TENA
29/07/1990	12:06:15	1.61S	76.03W	37.3	4.8	TENA
08/08/1990	21:53:15	1.86S	76.14W	45.3	4.2	TENA
12/09/1990	15:49:03	1.17S	77.66W	49.2	4.0	TENA
13/05/1991	19:58:08	1.17S	78.12W	25.7	4.3	TENA
23/06/1991	21:27:40	0.72S	77.99W	92.5	5.0	TENA
06/07/1991	12:23:11	0.93S	77.78W	25.5	5.3	TENA
12/07/1991	6:25:11	0.66S	77.94W	2	4.0	TENA
29/08/1991	11:13:25	1.26S	77.77W	248.4	4.1	TENA
17/05/1992	9:53:32	1.55S	76.42W	55.7	4.2	TENA
15/10/1992	15:39:50	0.90S	78.12W	12.8	4.0	TENA
26/12/1992	15:29:33	1.00S	78.11W	24.3	4.3	TENA
26/12/1992	16:50:39	1.01S	78.13W	13.7	4.1	TENA
26/12/1992	17:16:07	1.02S	78.20W	21.6	4.9	TENA
26/12/1992	17:57:05	1.02S	78.12W	20.4	4.4	TENA
26/12/1992	18:37:04	0.99S	78.15W	17.1	4.0	TENA
27/12/1992	13:35:16	1.00S	78.17W	18.8	4.4	TENA
28/12/1992	0:16:41	0.99S	78.11W	26.2	4.0	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
28/12/1992	1:41:02	0.98S	78.08W	21.5	4.0	TENA
28/12/1992	6:36:10	0.98S	78.12W	24.8	4.0	TENA
29/12/1992	14:47:39	1.01S	78.13W	25.6	4.0	TENA
31/12/1992	4:20:42	0.98S	78.09W	10.1	4.2	TENA
01/01/1993	5:05:02	0.59S	77.91W	5.6	4.0	TENA
02/01/1993	19:21:34	1.01S	78.13W	10.7	4.1	TENA
03/01/1993	8:46:39	0.98S	78.07W	10.9	4.0	TENA
09/02/1993	19:56:25	1.36S	77.00W	25.9	5.1	TENA
12/02/1993	17:37:10	0.99S	78.07W	7.8	4.3	TENA
25/02/1993	6:23:00	0.95S	78.06W	2.7	4.3	TENA
25/02/1993	13:14:04	1.14S	78.21W	14.6	4.0	TENA
11/03/1993	2:59:07	0.97S	77.86W	18.5	4.5	TENA
11/03/1993	18:54:18	1.11S	78.22W	10.4	4.2	TENA
17/04/1993	4:08:07	0.99S	78.12W	15	4.0	TENA
18/05/1993	4:36:46	0.99S	78.08W	5.6	4.3	TENA
22/05/1993	8:28:37	0.99S	78.13W	11.4	4.0	TENA
24/05/1993	18:53:34	0.97S	78.12W	7.1	4.3	TENA
31/08/1993	8:11:12	1.12S	78.19W	10	4.4	TENA
09/09/1993	17:44:28	0.98S	78.14W	9.8	4.2	TENA
06/03/1994	19:57:30	0.71S	77.40W	3.8	4.9	TENA
21/03/1994	0:39:02	1.08S	78.21W	7	4.0	TENA
22/03/1994	14:37:18	1.05S	78.17W	48.8	4.2	TENA
02/04/1994	22:37:33	1.19S	78.09W	19.4	4.0	TENA
03/04/1994	9:01:03	17.66S	64.79W	30	5.3	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
09/04/1994	20:17:18	0.74S	77.51W	18.9	4.2	TENA
29/05/1994	14:23:34	0.96S	78.12W	10.2	4.2	TENA
14/06/1994	21:55:22	1.18S	78.14W	9.6	4.3	TENA
16/06/1994	18:41:31	15.18S	70.34W	225	6.1	TENA
20/10/1994	18:49:29	1.03S	78.05W	11.7	4.0	TENA
08/12/1994	4:59:20	1.24S	77.79W	9.1	4.5	TENA
21/07/1995	8:18:02	1.12S	78.07W	49	4.6	TENA
12/10/1995	7:21:09	0.97S	78.09W	8.9	4.2	TENA
16/11/1995	5:17:05	1.10S	78.04W	4.7	4.5	TENA
01/04/1996	23:01:40	0.47S	77.44W	24	4.0	TENA
26/07/1996	7:33:34	1.09S	78.19W	12	4.1	TENA
25/03/1997	9:24:12	1.04S	77.76W	9.4	4.0	TENA
27/03/1997	21:38:46	0.82S	77.62W	15.8	4.2	TENA
09/04/1997	15:24:08	0.44S	77.44W	22.7	4.4	TENA
23/11/1997	4:46:32	0.80S	77.75W	28.4	4.1	TENA
24/11/1997	2:18:23	0.44S	77.63W	12	4.1	TENA
24/02/1998	23:03:02	0.39S	77.51W	3.7	4.0	TENA
02/04/1998	12:57:12	1.13S	77.97W	10.6	4.1	TENA
08/05/1998	1:19:00	1.19S	77.80W	11.9	4.3	TENA
12/06/1998	6:53:03	1.03S	78.21W	14	4.4	TENA
10/08/1998	16:19:52	0.62S	78.03W	3.3	4.3	TENA
11/12/1998	14:10:16	0.76S	77.48W	26.9	4.6	TENA
01/04/1999	6:16:00	1.32S	77.44W	274.2	4.3	TENA
15/09/1999	1:44:13	1.24S	77.64W	236.7	4.0	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
04/10/1999	3:02:12	0.83S	77.65W	18.1	4.1	TENA
07/10/1999	6:53:16	0.46S	77.86W	9.7	4.6	TENA
13/11/1999	4:04:21	1.01S	77.68W	8.6	4.2	TENA
20/03/2000	01:15:40Z	0.4537S	77.4128W	5.2	4.1	TENA
07/05/2000	13:03:39Z	1.2075S	78.1802W	7.4	4.0	TENA
18/05/2000	09:01:14Z	1.3099S	77.9583W	11.4	4.0	TENA
26/06/2000	19:43:10Z	1.5023S	77.3985W	5.4	4.2	TENA
24/07/2000	19:29:29Z	0.4004S	77.5611W	2.6	4.1	TENA
16/09/2000	16:11:53Z	1.5807S	77.7819W	10.4	4.2	TENA
06/11/2000	14:48:59Z	0.5619S	77.902W	7.4	4.1	TENA
06/11/2000	16:57:31Z	1.5666S	78.1484W	5.9	4.1	TENA
06/11/2000	21:54:11Z	1.1115S	78.1707W	5.3	4.1	TENA
23/01/2001	7:16:18	1.13S	77.82W	12.1	4.0	TENA
05/03/2001	14:14:07	0.43S	77.59W	24	4.0	TENA
16/05/2001	10:39:07	1.17S	77.40W	13.8	4.0	TENA
30/07/2001	14:37:45	1.12S	78.19W	3.2	4.0	TENA
08/08/2001	5:57:09	0.38S	77.51W	12.1	4.3	TENA
08/09/2001	14:46:23	1.23S	77.79W	13.4	4.1	TENA
19/02/2002	12:44:12	1.26S	77.49W	48	4.4	TENA
14/04/2002	13:59:12	1.22S	77.79W	10	4.2	TENA
11/07/2002	5:30:04	1.14S	78.20W	6	4.0	TENA
20/11/2002	23:39:47	1.01S	78.04W	14.2	4.0	TENA
29/11/2002	8:21:04	0.55S	77.41W	14	4.1	TENA
24/02/2003	13:52:02	1.31S	77.40W	238.5	4.0	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
11/06/2003	23:48:32	1.16S	77.79W	12.1	4.2	TENA
15/07/2003	3:48:42	1.30S	77.63W	12.4	4.4	TENA
16/12/2003	6:24:54	0.38S	77.54W	11.5	4.4	TENA
30/12/2003	0:05:02	0.72S	77.97W	12.4	4.0	TENA
08/01/2004	0:03:00	0.44S	77.92W	8.6	4.5	TENA
21/03/2004	20:11:03	1.17S	77.79W	25.3	4.1	TENA
27/03/2004	22:26:40	1.17S	77.80W	14.3	4.0	TENA
10/06/2004	14:20:07	0.79S	77.65W	14	4.0	TENA
17/06/2004	4:23:21	1.01S	78.04W	10.9	4.4	TENA
13/11/2004	7:00:08	0.53S	77.52W	12	4.1	TENA
07/08/2005	9:52:49	1.02S	78.02W	12.2	4.1	TENA
31/08/2005	9:22:29	1.27S	77.36W	35	4.0	TENA
19/09/2005	7:45:00	1.04S	78.22W	14.8	4.2	TENA
11/10/2005	6:08:21	1.33S	77.57W	245	4.0	TENA
24/10/2005	17:35:27	0.47S	77.89W	12	4.8	TENA
09/11/2005	11:33:09	1.11S	77.30W	276.7	5.3	TENA
31/12/2005	19:57:30	0.90S	77.52W	6.5	4.3	TENA
06/01/2006	2:58	1.016S	78.087W	12	4.0	TENA
23/01/2007	3:57	0.591S	77.921W	12	4.5	TENA
30/03/2007	19:08	0.977S	77.802W	14.4	4.0	TENA
02/04/2007	4:29	1.027S	77.478W	16.8	4.2	TENA
26/10/2007	15:25	0.552S	77.944W	7.5	4.3	TENA
26/10/2007	15:26	0.537S	77.971W	10.1	4.2	TENA
26/10/2007	16:31	0.542S	77.951W	11.1	4.0	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
27/10/2007	15:38	0.564S	77.958W	11	4.7	TENA
27/10/2007	15:44	0.548S	77.961W	10.7	4.2	TENA
28/10/2007	2:20	0.552S	77.978W	12	4.1	TENA
30/10/2007	16:03	0.578S	77.961W	8.9	4.0	TENA
23/11/2007	0:14	0.983S	77.788W	20.3	4.2	TENA
26/01/2008	00:32:08Z	0.6327S	77.5605W	3.3	4.0	TENA
01/02/2008	06:02:58Z	1.5396S	77.5599W	4	4.3	TENA
09/06/2008	07:31:47Z	1.3875S	77.4894W	2.5	4.6	TENA
03/07/2008	03:14:36Z	0.6859S	77.6073W	1.8	4.0	TENA
04/07/2008	06:02:46Z	1.4761S	77.8362W	2	4.8	TENA
06/08/2008	04:53:19Z	1.3964S	78.0069W	2.5	4.0	TENA
18/08/2008	00:19:27Z	1.5503S	77.7815W	2.2	4.1	TENA
18/08/2008	00:41:27Z	1.0717S	78.1684W	1.4	4.9	TENA
19/11/2008	23:57:56Z	1.2348S	78.1956W	2.4	4.1	TENA
08/12/2008	02:42:34Z	1.5858S	77.891W	2.7	4.0	TENA
06/01/2009	05:12:29Z	0.6488S	77.4997W	4.4	4.2	TENA
09/03/2009	23:15:32Z	1.5673S	77.9383W	2.1	4.1	TENA
16/03/2009	02:42:36Z	0.3203S	77.5343W	2.5	4.0	TENA
24/03/2009	17:41:10Z	0.4237S	77.5123W	3.2	4.1	TENA
07/05/2009	06:07:08Z	1.5293S	77.7903W	1.7	4.3	TENA
09/10/2009	18:11:35Z	0.9957S	77.9627W	5.6	5.1	TENA
07/11/2009	12:43:33Z	1.4808S	77.8416W	1.8	4.3	TENA
29/11/2009	11:22:00Z	1.2753S	78.042W	3.6	4.1	TENA
29/11/2009	11:36:04Z	1.2697S	78.0211W	2.4	4.5	TENA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
05/01/2010	19:07:14Z	1.2037S	77.7839W	2.5	4.0	TENA
22/01/2010	15:48:38Z	0.7997S	77.3178W	2.7	4.0	TENA
06/02/2010	08:56:55Z	1.1629S	77.5174W	5	4.4	TENA
14/02/2010	00:39:15Z	1.3195S	77.7903W	3.6	4.3	TENA
26/02/2010	20:06:15Z	1.547S	78.1687W	4.1	4.6	TENA
05/03/2010	06:12:29Z	1.513S	78.0949W	3.5	4.0	TENA
25/05/2010	10:22:41Z	0.4546S	77.389W	2.1	4.3	TENA
17/08/2010	09:31:09Z	1.2891S	77.6096W	4.2	4.0	TENA
29/09/2010	18:53:38Z	0.5483S	77.4478W	1.7	4.1	TENA
06/10/2010	09:06:22Z	1.3954S	77.8042W	3.1	4.0	TENA
07/10/2010	21:28:44Z	1.0849S	77.554W	2.2	4.1	TENA
14/10/2010	17:25:54Z	1.4839S	77.4655W	4.1	4.1	TENA
25/10/2010	14:22:56Z	1.5085S	78.1958W	1.8	4.1	TENA
19/01/2011	00:33:51Z	1.5963S	77.823W	199.6	4.2	TENA
20/03/2011	11:39:43Z	0.3588S	77.8498W	7.1	4.1	TENA
20/03/2011	11:43:31Z	0.35S	77.8514W	7.5	4.0	TENA
22/03/2011	20:22:38Z	0.341S	77.8699W	12	4.0	TENA
10/08/2011	17:49:48Z	1.2979S	77.1431W	305.5	4.2	TENA

**Fuente:** Adaptado por Irina Cuesta S. de (IG EPN, 2013)

PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

FECHA	TIEMPO	LAT.	LONG.	PROF.	Mag.	CIUDAD DE REFERENCIA
25/03/1989	23:24:36Z	0.3201S	77.5352W	9.4	4.0	N_LOJA
26/03/1989	09:59:43Z	0.2193S	76.851W	7.7	4.5	N_LOJA
15/08/1989	02:56:12Z	0.0234S	77.6912W	9.4	4.2	N_LOJA
24/09/1989	17:43:25Z	0.3212N	77.4607W	0.9	4.1	N_LOJA
30/12/1989	13:31:10Z	0.9575N	77.5771W	5.2	4.0	N_LOJA
03/02/1990	9:55:44	0.00N	77.47W	9.8	4.0	N_LOJA
09/09/1990	1:59:10	0.22N	77.05W	49.1	4.0	N_LOJA
10/09/1990	5:26:16	0.85N	76.90W	10.4	4.6	N_LOJA
23/10/1990	9:15:27	3.76N	72.79W	46.3	5.3	N_LOJA
14/04/1991	21:50:01	0.11N	77.25W	27.5	4.1	N_LOJA
11/05/1991	17:58:10	0.04S	77.19W	17.3	4.5	N_LOJA
26/05/1991	4:32:03	1.49S	74.47W	38.1	4.7	N_LOJA
22/12/1991	12:41:00	0.44S	77.38W	23.5	4.3	N_LOJA
05/05/1992	21:58:29	0.03S	77.39W	8.6	4.0	N_LOJA
06/12/1992	0:41:44	2.53N	74.12W	29.1	6.0	N_LOJA
23/01/1993	17:28:00Z	0.3837N	77.2904W	3.8	4.1	N_LOJA
29/04/1993	20:36:57Z	0.0939N	77.3385W	5.5	4.1	N_LOJA
25/11/1993	20:50:28Z	1.1177N	77.6819W	10.8	4.0	N_LOJA
30/11/1993	20:43:29Z	1.0717N	77.3118W	10	4.0	N_LOJA
11/12/1994	15:17:22	0.51S	77.31W	21.9	4.0	N_LOJA
19/01/1995	15:06:42	4.48N	73.31W	30.3	6.5	N_LOJA
19/12/1995	17:47:07	1.80N	75.82W	0.1	4.6	N_LOJA
01/03/1996	19:33:05	0.36N	77.30W	4.5	4.6	N_LOJA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
26/03/1996	5:54:31	2.87N	73.99W	55	5.2	N_LOJA
07/06/1996	5:29:46	0.23N	77.30W	12	4.0	N_LOJA
17/06/1997	9:35:04	0.18S	77.38W	8.9	4.7	N_LOJA
23/06/1997	17:24:16	0.45S	77.35W	11.7	4.1	N_LOJA
19/07/1997	7:54:00	0.06N	77.35W	13.3	4.0	N_LOJA
15/08/1997	19:02:41	0.39S	77.38W	11	4.0	N_LOJA
03/10/1997	13:21:05	0.02N	77.32W	21.1	4.1	N_LOJA
28/10/1997	14:27:04	1.61S	75.62W	52	4.1	N_LOJA
23/05/1998	3:01:34	0.07N	77.32W	15.3	4.0	N_LOJA
14/01/1999	11:47:28	0.07N	77.37W	6.3	4.0	N_LOJA
21/04/1999	11:29:20	0.32S	77.45W	11.2	4.6	N_LOJA
25/05/1999	0:24:20	0.23N	77.39W	10	4.0	N_LOJA
26/07/1999	2:02:36	1.15N	76.64W	33.1	4.1	N_LOJA
20/03/2000	01:15:40Z	0.4537S	77.4128W	5.2	4.1	N_LOJA
24/07/2000	19:29:29Z	0.4004S	77.5611W	2.6	4.1	N_LOJA
30/07/2000	14:35:39Z	1.1771N	77.4749W	5.7	4.4	N_LOJA
14/11/2000	20:54:21Z	0.9128N	77.3978W	4.9	4.7	N_LOJA
19/11/2000	23:23:00Z	0.0066S	77.4353W	2.4	4.8	N_LOJA
03/06/2001	12:45:46	3.07S	73.69W	63.1	4.7	N_LOJA
16/06/2001	0.642372685	2.58S	74.25W	32.1	4.5	N_LOJA
27/07/2001	14:13:22	0.28S	77.36W	7	4.1	N_LOJA
27/10/2001	6:39:07	0.59S	77.16W	21.4	4.2	N_LOJA
12/12/2001	18:21:38	0.31N	77.18W	3.1	4.1	N_LOJA
06/04/2002	11:01:43Z	0.5961N	77.697W	4.3	4.0	N_LOJA

**Continuación...**

<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>LAT.</b>	<b>LONG.</b>	<b>PROF.</b>	<b>Mag.</b>	<b>CIUDAD DE REFERENCIA</b>
06/10/2002	19:56:13Z	0.1116S	77.6968W	2.3	4.1	N_LOJA
17/04/2003	12:58:04	0.81N	76.78W	33.3	4.0	N_LOJA
18/04/2003	1:01:43	0.05S	77.28W	14.9	4.1	N_LOJA
07/11/2003	20:35:06	0.21S	77.10W	14.3	4.1	N_LOJA
18/02/2004	6:44:00	0.33S	77.43W	7.2	4.0	N_LOJA
07/01/2005	07:48:48Z	0.543N	77.6231W	3.2	4.2	N_LOJA
09/05/2005	20:21:20Z	0.9419N	77.623W	4.9	4.2	N_LOJA
21/08/2005	02:43:54Z	1.2103N	77.3206W	3.5	4.0	N_LOJA
21/08/2005	05:02:58Z	1.2029N	77.359W	2.9	4.1	N_LOJA
28/07/2006	2:18	0.683N	76.985W	3.3	4.5	N_LOJA
09/11/2006	10:32	0.076N	77.439W	19.8	4.3	N_LOJA
06/07/2007	17:37	0.287S	77.569W	8	4.0	N_LOJA
08/07/2007	19:05	0.283S	77.555W	8.1	4.0	N_LOJA
13/11/2008	04:06:36Z	0.4041N	77.1483W	2.2	4.1	N_LOJA
28/11/2008	02:19:05Z	0.6514N	77.435W	2	4.1	N_LOJA
16/03/2009	02:42:36Z	0.3203S	77.5343W	2.5	4.0	N_LOJA
21/03/2009	05:20:36Z	0.9492N	77.7381W	4.5	4.1	N_LOJA
24/03/2009	17:41:10Z	0.4237S	77.5123W	3.2	4.1	N_LOJA
22/03/2010	07:33:26Z	0.4287N	77.0815W	2.9	4.1	N_LOJA
22/03/2010	08:24:59Z	0.3939N	77.146W	2	4.0	N_LOJA
29/04/2010	08:48:32Z	0.0643N	77.408W	1.6	4.7	N_LOJA
25/05/2010	10:22:41Z	0.4546S	77.389W	2.1	4.3	N_LOJA
01/02/2011	11:35:08Z	0.7635N	77.0577W	12	4.3	N_LOJA

**Fuente:** Adaptado por Irina Cuesta S. de (IG EPN, 2013)

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
1.1    Línea Base .....	3
1.1.1    Ubicación Geográfica.....	3
1.1.2    Marco Geográfico Físico.....	5
1.1.3    Suelos .....	10
1.1.4    Clima.....	12
1.1.5    Biodiversidad .....	16
1.1.6    Demografía.....	17
1.1.7    Etnias de la Amazonía.....	23
1.2    Marco Conceptual .....	29
1.2.1    El Petróleo.....	29
1.2.2    Sistema de Transporte de Petróleo.....	31
1.2.3    Derrame de Petróleo y Pasivos Ambientales .....	35
1.2.4    Matriz de Importancia .....	37
1.3    Marco Legal .....	41
3.4.1    Constitución de la República del Ecuador .....	41
3.4.2    Convenios Internacionales - Ecuador.....	41
3.4.3    Leyes Nacionales .....	43
3.4.4    Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas .....	46
3.4.5    Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio Del Ambiente (TULSMA).....	47

<b>CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES .....</b>	<b>48</b>
2.1 Caracterización .....	48
2.2 Metodología de Campo .....	49
2.2.1 Parámetro de Análisis (TPH) .....	49
2.2.2 Elección del punto de muestreo .....	51
2.2.3 Muestreo.....	54
2.2.4 Instrumentos y material para muestreo .....	57
2.2.5 Plan De Muestreo .....	58
2.3 Metodología de Laboratorio .....	59
2.4 Actividades en Campo Evaluación del Pasivo Ambiental PK 110 .....	60
2.4.1 Actividades en Campo .....	60
2.4.2 Actividades en Laboratorio .....	65
2.5 Análisis de Resultados de Laboratorio .....	72
2.5.1 Pasivo Ambiental PK110 Estación El Salado N°03 .....	72
2.5.2 Alternativa de Remediación para el pasivo Estación El Salado N°03 .....	78
<b>CAPÍTULO 3: PLANES DE MANEJO ANTE RIESGOS NATURALES .....</b>	<b>85</b>
3.1 Descripción de Amenazas y Vulnerabilidad .....	85
3.2 Definición de Escenarios Posibles en la Zona De Estudio.....	86
3.3 Descripción de Amenazas .....	88
3.3.1 Amenaza Sísmica .....	88
3.3.2 Amenaza Volcánica .....	89
3.4 Descripción de Vulnerabilidades.....	92
3.4.1 Población.....	92
3.4.2 Estructuras.....	93
3.4.3 Ecosistemas .....	94

3.5	Análisis de Riesgo .....	95
3.6	Plan De Manejo Ante Riesgos Naturales .....	98
3.6.1	Plan de Manejo Ante Riesgos Naturales Destinado a la Población .....	99
3.6.2	Plan de Manejo Ante Riesgos Naturales Destinado a Estructuras .....	106
3.6.3	Plan de Manejo Ante Riesgos Naturales Destinado a Ecosistemas ...	111
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>114</b>
	Conclusiones .....	114
	Recomendaciones.....	116
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>118</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>124</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Ubicación Geográfica .....	4
Figura 2. Terremotos con Intensidades Superiores a VII en el Ecuador (1541-1998).....	7
Figura 3. Tuberías de Oleoducto y Poliducto Interrumpida por Flujos de Escombros.....	8
Figura 4. Población y Tasa de Crecimiento de Napo.....	17
Figura 5. Ocupaciones de los Habitantes de Napo.....	18
Figura 6. Porcentaje de Analfabetismo en Napo.....	18
Figura 7. Servicios Básicos en Napo.....	19
Figura 8. Ubicación centros de salud en el cantón El Chaco .....	19
Figura 9. Población y Tasa de Crecimiento de Sucumbíos.....	20
Figura 10. Ocupación de los Habitantes de Sucumbíos .....	21
Figura 11. Porcentaje de Analfabetismo en Sucumbíos .....	21
Figura 12. Servicios Básicos en Sucumbíos .....	22
Figura 13. Ubicación centros de salud cantón Gonzalo Pizarro .....	22
Figura 14. Pueblo Kichwa de la Amazonia.....	25
Figura 15. Nacionalidad A'ICOFAN.....	26
Figura 16. Nacionalidad Shuar.....	27
Figura 17. Nacionalidad Huaorani .....	28
Figura 18. Composición de Hidrocarburos .....	29
Figura 19. Clasificación del Petróleo en Función de los Grados API.....	30
Figura 20. Clasificación del Petróleo en Función del Contenido de Hidrocarburos.....	30
Figura 21. Mapa de Transporte de Petróleo .....	34
Figura 22. Ubicación de los Pasivos Ambientales Cercanos al Proyecto Coca Codo Sinclair .....	36
Figura 23. Etapas de caracterización del suelo .....	48
Figura 24. Mapa de la Ubicación Geográfica Pasivo Ambiental Elegido .....	54
Figura 25. Muestreo Puntual PK110.....	55
Figura 26. Esquema de planta PK110.....	56
Figura 27. Muestras Compuestas, Descripción de Profundidades por Horizontes .....	56
Figura 28. Ubicación de los puntos muestreados en el plano cartesiano .....	75
Figura 29. Valores de Concentración Estimados .....	76

Figura 30. Determinación del alcance del contaminante .....	77
Figura 31. Alternativa de Remediación del Pasivo ambiental Estación El Salado N°03	82
Figura 32. Etapas de planta de tratamiento de aguas .....	82
Figura 33. Modelo de planta de tratamiento de agua con hidrocarburo ex situ .....	84
Figura 34. Componentes de la amenaza.....	85
Figura 35. Componentes de la vulnerabilidad.....	86
Figura 36. Escala de Amenaza .....	86
Figura 37. Escala de Vulnerabilidad .....	86
Figura 38. Zona de evaluación de riesgos .....	87
Figura 39. Eventos en el Volcán El Reventador .....	89
Figura 40. Eventos en el Volcán Antisana .....	90
Figura 41. Riesgo global en zona de estudio.....	97
Figura 42. Brigadas de emergencia.....	101
Figura 43. Ubicación centros de salud cantón El Chaco.....	102
Figura 44. Ubicación centros de salud cantón Gonzalo Pizarro .....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado De Estaciones Meteorológicas .....	12
Tabla 2. Precipitación Media Anual (mm) (1987-2009).....	13
Tabla 3. Humedad Relativa (%) (1987-2009).....	14
Tabla 4. Temperatura Media Anual (°C) (1987-2009) .....	15
Tabla 5. Coordenadas de limitantes del tramo .....	35
Tabla 6. Escala de Intensidad (I).....	37
Tabla 7. Escala de Área de Influencia (AI).....	38
Tabla 8. Escala Plazo de Manifestación (PZ) .....	38
Tabla 9. Escala de Permanencia del efecto (PE).....	38
Tabla 10. Escala de Reversibilidad (R ).....	39
Tabla 11. Escala de Sinergia (S) .....	39
Tabla 12. Escala de Acumulación (AC).....	39
Tabla 13. Escala de Relación causa- efecto (RCE).....	39
Tabla 14. Escala de Regularidad de Manifestación (RM) .....	40
Tabla 15. Escala de Recuperabilidad (RE) .....	40
Tabla 16. Matriz de Evaluación .....	40
Tabla 17. Tabla 6: Límites Permisibles.-para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.....	50
Tabla 18. Inventario de pasivos ambientales por hidrocarburos en el tramo de estudio .	53
Tabla 19. Matriz de Evaluación Calificada.....	53
Tabla 20. Ubicación de Pasivo Ambiental PK 110.....	54
Tabla 21. Instrumentos y Material para Muestreo .....	57
Tabla 22. Plan de Muestreo.....	58
Tabla 23. Anexo 5: Métodos Analíticos para Suelo .....	59
Tabla 24. Ubicación del Pasivo Ambiental Estación El Salado N°03 .....	60
Tabla 25. Registro de Muestras de Suelo Pasivo Ambiental Estación El Salado N°03 ..	74
Tabla 26. Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Remediación In Situ y Ex Situ .....	78

Tabla 27. Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Remediación Clasificadas de Acuerdo con el Tipo de Tratamiento .....	80
Tabla 28. Matriz de Amenazas.....	91
Tabla 29. Matriz de Vulnerabilidad .....	95
Tabla 30. Matriz de Riesgos.....	96
Tabla 31. Población por cantones .....	99
Tabla 32. Nivel de pobreza en función de las necesidades insatisfechas.....	100
Tabla 33. Albergues por Cantón en la provincia de Napo .....	103
Tabla 34. Albergues en el por cantón en la provincia de Sucumbidos .....	103
Tabla 35. Kit de Emergencia.....	104

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 1. Ubicación del pasivo ambiental Estación El Salado N°03 .....	60
Fotografía 2. Pasivo ambiental Estación El Salado N°03 .....	61
Fotografía 3. Manchas de hidrocarburo en suelo pasivo ambiental Estación El Salado N°03 .....	61
Fotografía 4. Pasivo ambiental Estación El Salado N°03 .....	62
Fotografía 5. Obra de Captación del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair.....	62
Fotografía 6. Técnica de Contención para el pasivo ambiental Estación El Salado N°03 .....	63
Fotografía 7. Pasivo ambiental Estación El Salado N°03 .....	63
Fotografía 8. Lugar de muestreo .....	64
Fotografía 9. Recolección y transporte de muestras .....	64
Fotografía 10. Lugar de muestreo, muestra de control .....	65
Fotografía 11. Muestras recolectadas.....	66
Fotografía 12. Homogenización de las muestras recolectadas.....	66
Fotografía 13. Muestras previo secado .....	67
Fotografía 14. Muestras previo secado .....	67
Fotografía 15. Muestra seca y mortero de laboratorio .....	68

Fotografía 16. Muestra tamizada.....	68
Fotografía 17. Muestras identificadas .....	68
Fotografía 18. Determinación de porcentaje de peso seco.....	69
Fotografía 19. Peso de la muestra y de compuestos en la balanza analítica .....	70
Fotografía 20. Tetracloroetileno.....	70
Fotografía 21. Sistema de Digestión por Microonda .....	71
Fotografía 22. Filtrado de muestras .....	71
Fotografía 23. Extracto de las muestras .....	72
Fotografía 24. Equipo IR.....	72
Fotografía 25. Pasivo ambiental PK 110 Estación El Salado N°03 .....	79
Fotografía 26. Afección de cultivos por caída de ceniza volcánica.....	92
Fotografía 27. Tubería de Oleoducto .....	93
Fotografía 28. Cascada de San Rafael.....	94

## **ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1. IMPORTANCIA (IM).....	40
Ecuación 2. CALCULO DE RIESGO .....	95