

3.0 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA (LÍNEA BASE)

El proyecto Tiputini y Tambococha aprobado con el Estudio de Impacto Ambiental realizado por la consultora Energy en el 2011, ha sufrido cambios de ubicación de la plataforma Tiputini, así como también de ubicaciones independientes para el CTP y campamento temporal, sin embargo que las ubicaciones están dentro del área de influencia del estudio original, se actualiza la línea base biótica y social para las actividades que sufre una reubicación. Sin embargo se mantiene la línea base del estudio global aprobado y aplicable para el proyecto que no sufre cambios.

Por lo expuesto la caracterización de la línea base se basó en el Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Desarrollo y Producción de los Campos: Tiputini y Tambococha elaborado por Energy Consulting (2 011).

En este capítulo se analizan y describen las condiciones generales actuales del área de influencia directa e indirecta del proyecto de Desarrollo y Producción de los campos Tiputini y Tambococha.

La investigación comenzó con la búsqueda y revisión de información y estudios realizados en el área, así como información de otras instituciones públicas y privadas, que hayan ejecutado investigaciones en la zona actual donde se va a desarrollar el proyecto. Una de las fuentes principales de información constituye el EIA/PMA desarrollado por Energy Consulting en el 2011.

Para actualizar y verificar la información, se ejecutó una fase de campo donde se realizó un reconocimiento del área de influencia directa e indirecta del proyecto y se establecieron los puntos de muestreo de cada componente en el área de influencia directa.

La fase de campo consistió en campañas para recopilación de la información. La salida de campo se realizó del 30 de noviembre al 09 de diciembre del 2013, para la caracterización biótica y física. Para la investigación de campo de cada uno de los componentes, se utilizaron metodologías y técnicas de investigación que han sido desarrolladas y probadas en proyectos similares, en general se trata de metodologías que permiten procesos de

obtención de resultados con niveles aceptables de confiabilidad en períodos cortos de investigación.

Posteriormente, con la información de campo y laboratorio se procedió a caracterizar los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos.

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE FÍSICO

Para actualizar y verificar la información, se ejecutó una fase de campo donde se realizó un reconocimiento puntual del área de influencia directa e indirecta de los sitios donde se implantarán la infraestructura del proyecto. No obstante, gran parte de información y/o datos, se basan en las muestras, análisis y resultados de laboratorio realizados por Energy en el 2011, debido a que la dinámica de cambio de los factores del componente físico es casi constante en el tiempo, una caracterización de un área como la del proyecto es valedera a menos que haya una intervención antrópica que determine un cambio radical en las características de la zona.

Posteriormente, con la información de campo y laboratorio se procedió a caracterizar los factores climatológicos, geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, edafológicos, hidrológicos y de calidad del aire; lo que permite la identificación y calificación de los potenciales impactos, para finalmente formular medidas para el Plan de Manejo Ambiental.

A continuación se detalla la caracterización de la línea base presentada en el Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Desarrollo y Producción de los Campos: Tiputini y Tambococha elaborado por Energy Consulting en el 2011.

3.1.1 Geología Regional

La caracterización geológica se la realizó, en base a la información existente de los diferentes mapas geológicos del Ecuador, entre ellos, aquel del año 1993 a escala 1:1.000.000, realizado por la Misión Británica de Asistencia Técnica en conjunto con la

ex-Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico, Codigem; la publicación Cuenca Oriente: Geología y Petróleo (Baby et al, 2004): la publicación paisajes del Ecuador; así como las observaciones de campo.

Por el nivel científico y su enfoque sintético se han escogido afirmaciones de Rivadeneira y Baby, publicaciones en 1999, en las que se indica que: El Oriente ecuatoriano, es parte de una gran cuenca pericratónica que se extiende entre los Andes y el Cratón Guayanés Brasileño. La Cuenca Oriente se formó por esfuerzos transpresivos a partir del Cretácico Terminal, lo que hizo que emerja la Cordillera Real y se formara la cuenca de trasarco (Baldock, 1982; Dahswood y Abbotts, 1990). Pero existe una etapa anterior de importancia petrolífera, la cual empezó en el Turoniano, con esfuerzos compresivos la que marca la inversión tectónica de un sistema extensivo Permo-Triásico y Jurásico (Rivadeneira y Baby, 1999).

Se debe señalar que la cobertura vegetal de la selva en toda la cuenca y en especial en la zona, no permite tener mayor acceso a afloramientos de roca, por ello la información geológica de la zona es limitada fundamentalmente a cortes de afloramientos observables en las orillas de los ríos. Tal información sirve de base para los demás aspectos físicos, que incluye la geomorfología, hidrología, edafología o suelos y geotecnia.

FIGURA 3.1.1.- MAPA DE UBICACIÓN DE LA CUENCA ORIENTE EN LOS ANDES CENTRALES Y SEPTENTRIONALES



Fuente: Energy Consulting (Campana de campo Febrero 2011).

La geología de la cuenca Amazónica en el Ecuador está conformada por una secuencia de depósitos de origen sedimentario y volcánico, cuyo inicio se remonta al Paleozoico y se extienden hasta el Cuaternario. La secuencia se asienta sobre el sustrato precámbrico del escudo Guayano-Brasileño (Texeira et al., 1989).

3.1.1.1 Estratigrafía

La Cuenca Oriente se caracteriza por una serie de depósitos de origen sedimentario y volcánico, sobre un sustrato precámbrico y que se extienden desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. Que se pueden observar y verificar mediante afloramientos en las estribaciones de la Cordillera Real o Subandino, en sus levantamientos o cordilleras y depresiones tanto al norte al centro y al sur, las diferentes formaciones geológicas de la Cuenca Oriente depositadas por millones de años sobre un basamento granítico y/o metamórfico (Pre-Cámbrico) relacionado con el Escudo Guayano-Brasileño, y que han sido sujeto de muchos estudios geológicos científicos por su potencial hidrocarburífero

➤ Formación Pumbuiza (Silúrico-Devónico)

Junto con la posterior formación Macuma, forman una cuña sedimentaria dirigida hacia el este. Esta formación está compuesta de pizarras grises a negras y en algunos lugares grafitica, areniscas cuarcíticas duras de grano fino y conglomerados de color gris con clastos subangulares a subredondeados muy compactos en matriz silícea, el ambiente de depósito se considera marino. Esta unidad ha sido afectada por fuerte deformación (plegamiento y fallamiento) (Rivadeneira y Baby, 1999).

➤ Formación Macuma (Carbonífero-Pérmico?)

De edad Carbonífero Superior (Bristow y Hoffstetter, 1997) y alcanzando probablemente el Pérmico, esta unidad está constituida por estratos de caliza bioclástica, con

intercalaciones de pizarras, margas y areniscas finas. (Tschopp, 1953) la separa en dos miembros.

Miembro inferior.- Contiene calizas silíceas muy fosilíferas, dispuestas en capas delgadas de color gris azulado oscuro alternando con pizarras y esquistos arcillosos de color negro

Miembro Superior.- Potente secuencia de calizas gris oscuras intercalada con arcillas pizarrosas. Las arcillas son silíceas variando a margas y arcillas no calcáreas hacia el tope.

En el levantamiento Cutucú se observa que la formación Macuma sobreyace discordantemente a la formación Pumbuiza, esta particularidad también es observada en secciones sísmicas.

➤ **Permo – Triásico**

No se reconocen afloramientos para este período, sin embargo podría constituir el relleno de los semigrabens que se encuentran en el dominio oriental de la cuenca (conglomerados del semigraben de Tiputuni), siendo equivalente a la formación Mitu en el Perú (Rivadeneira y Baby, 1999).

➤ **Formaciones Sacha – Santiago (Triásico Superior – Jurásico Inferior)**

La formación Sacha fue identificada en el pozo Sacha Profundo-1 (Rivadeneira y Sanchez, 1989). Los estudios palinológicos dan una edad triásica a estas capas que sobreyacen a la formación Macuma, por otro lado serían el equivalente continental de la formación Santiago, definida por Tschopp (1953) en el levantamiento Cutucú. Se conserva en los grabens y semi-grabens erosionados y sellados por la formación Yaupi.

➤ **Formaciones Chapiza – Yaupi – Misahuallí (Jurásico Medio – Cretácico Temprano)**

Las capas rojas de la formación Chapiza son observadas en el levantamiento Cutucú y consiste de una sucesión de sedimentos clásticos de origen continental y fueron depositadas en ambiente seco o desértico, con limitadas incursiones marinas (Rivadeneira

y Baby, 1999). Su espesor varía entre 600 y 4500 m. Considerada de edad Jurásico Medio a terminal. Tschopp (1953) la divide en tres subunidades.

Chapiza Inferior (Chapiza Roja o Gris).- Consiste de intercalaciones de lutitas y areniscas gris, rosadas y violetas con presencia de evaporitas.

Chapiza Medio.- Lutitas y areniscas de color rojizo intercaladas. No existen evaporitas.

Chapiza Superior.- Compuesta de lutitas, areniscas y conglomerados de color rojo además de areniscas feldespáticas, tobas grises, verdes y violetas, areniscas brechas y basaltos. Este miembro es considerado como formación en base a la información sísmica y a la correlación observada en el pozo Sacha Profundo-1, asignándole el nombre de Yaupi en la parte norte de la cuenca (Rivadeneira y Baby, 1999). La datación de esta formación la ubica en el Jurásico Superior – Cretácico Inferior (Hall y Calle, 1982; Canfield et al., 1982). En el pozo Sacha Profundo-1 está representada por tobas intercaladas con limolitas y arcillas multicolores.

➤ **Formación Misahuallí**

Aparentemente restringida a la zona subandina, es un equivalente lateral de los miembros inferior y medio de la Formación Chapiza (Jaillard, 1997) y probablemente de la formación Yaupi. La formación comprende masivos y gruesos depósitos volcánicos que forman parte de un potente arco magmático que corre desde el norte del Perú hasta en norte de Colombia (Rivadeneira y Baby, 1999). Otras dataciones dan edades de Liásico Tardío – Jurásico Superior Temprano (Aspden et al., 1990, 1992; Romeuf et al, 1995).

➤ **Formación Hollín (Aptiano Superior – Campaniano)**

Esta formación fue definida por Wasson & Sinclair (1927) en función de afloramientos ubicados a lo largo del Río Hollín. Tiene un espesor medio de 150 m (Tschopp, 1958) y descansa discordantemente sobre el sustrato precámbrico o en concordancia sobre la Formación Yaupi (Rivadeneira & Baby, 1999). Según Jaillard (1997), los sectores más gruesos (parte inferior) de las areniscas fueron depositados en ambiente continental, mientras que las areniscas más finas estarían relacionadas a un medio marino litoral.

La litología de la formación comprende una arenisca cuarzosa gruesa, blanca y porosa, mostrándose masiva o con estratificación cruzada. Además se puede encontrar intercalaciones de capas de guijarros, lutitas, limonitas y arenas negras impregnadas de asfalto.

➤ **Formación Napo (Albiano Inferior – Campaniano Medio)**

Descrita inicialmente por Wasson y Sinclair (1927). La Formación Napo tiene un espesor medio de 350m y se extiende desde la Cordillera Real hacia el Este a lo largo de toda la Cuenca Oriente. Descansa concordantemente sobre la Formación Hollín, se divide en tres miembros según lo menciona Tschopp (1958).

Napo Inferior.- Comprende lutitas arenosas de color gris verdosas a gris oscuras con nódulos, lentes y capas de arenisca glauconítica y menor cantidad de caliza.

Napo Medio.- Constituida principalmente por calizas masivas y estratificadas de espesor relativamente constante, con contenido de gran cantidad de fósiles.

Napo Superior.- Lutitas color gris verdosas, gris oscuras y negras.

Observación: Jaillard (1997) da a la formación la categoría de grupo y la divide en cuatro miembros, Napo Basal, Napo Inferior, Napo Medio y Napo Superior.

➤ **Formación Tena (Maastrichtiano Inferior – Paleoceno)**

Esta formación de “redbeds”, llamada así por Kappeler (1939), debido a los numerosos afloramientos encontrados cerca de la Ciudad de Tena.

Esta formación se caracteriza por un cambio litológico importante en afloramientos observados en el Subandino y evidencias mostradas por secciones sísmicas de la parte occidental de la cuenca, en las que se reconoce una superficie erosional sobreyacida por areniscas o conglomerados de Tena Basal, esta discordancia va desapareciendo al extenderse hacia el este (Rivadeneira & Baby, 1999).

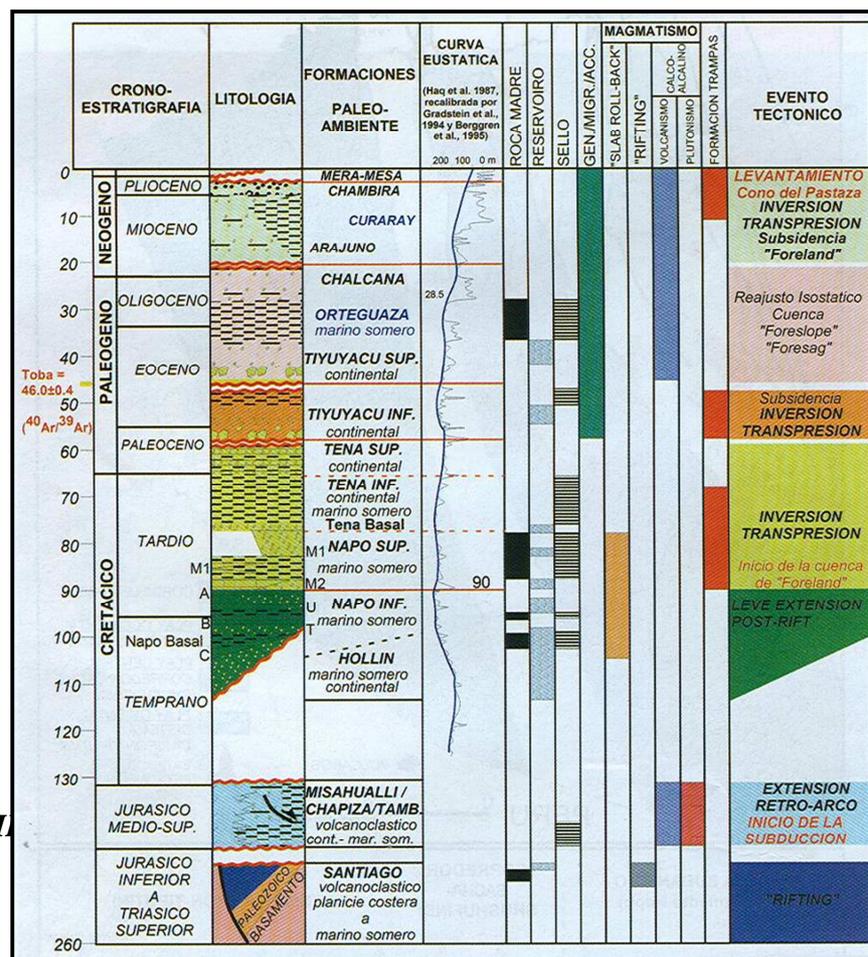
La Formación Tena está constituida por arcillas multicolor pero principalmente de color rojo pardusco, especialmente en la parte media de la secuencia y observándose variaciones en su contenido con la presencia de areniscas en las partes superior e inferior del conjunto. Las arcillas se muestran finamente laminadas y más o menos arenosas, además se ha encontrado arcillolitas silíceas e intercalaciones esporádicas de chert variando entre verde y café.

En el sector del Levantamiento Napo se tiene un espesor de entre 0.5 – 12 m, pero hacia el Sur los espesores son mayores alcanzando por ejemplo en el Levantamiento Cutucú un espesor de 200m. (Tschopp, 1958). Jaillard (1997), divide a esta formación en los miembros:

Tena Inferior.- Descansa sobre Tena Basal y contiene limonitas y areniscas rojas continentales de grano fino.

Tena Superior.- Comprende limonitas y areniscas de grano más grueso que el miembro inferior.

FIGURA 3.1.2.- COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA CUENCA ORIENTE CORRESPONDIENTE AL POST-CRETÁCICO



Fuente: Energy. Febrero- Marzo 2011
Fuente: Energy. Febrero- Marzo 2011

➤ **Formación Tiyuyacu (Eoceno Medio – Oligoceno)**

Llamada así por Hess (1939), se encuentran afloramientos a lo largo y casi en forma continua en el Levantamiento Napo. Esta formación consiste de conglomerados, areniscas y arcillas que muestran contacto erosivo con la Formación Tena (Marocco et al., 1997; Valdez, 1997) y tiene un espesor de entre 100 y 500m (Rivadeneira & Baby, 1999). Las arcillas son rojo-verde en la parte inferior y rojo-café- azul-amarillento en la parte superior (Rivadeneira & Baby, 1999), además los conglomerados contienen clastos centimétricos especialmente de cuarzo lechoso, rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias (redbeds), formando paleo-cauces.

La formación Tiyuyacu es subyacente a la formación Chalcana. En el nororiente del Ecuador la formación Tiyuyacu incrementa marcadamente su espesor, y la transición a la formación Chalcana está ocupada por lutitas cafés y grises de la formación Orteguaza que aparece en Colombia, pero que no aflora en el Ecuador

Se estima que Tiyuyacu se formó en un paleo-ambiente continental con material acarreado desde La Cordillera de los Andes, medios de tipo fluvial, que corresponden a ríos proximales intermitentes o con larga estación seca (Maroco et al., 1997).

➤ **Formaciones Orteguaza – Chalcana (Eoceno Medio – Oligoceno)**

Formación Orteguaza.- Se encuentra entre las formaciones Tiyuyacu Superior y Chalcana. Compuesta por areniscas grises y verduzcas, además de lutitas gris verdosas a negras de origen marino somero. En afloramientos ha sido encontrada únicamente en el río Aguarico en el Subandino. Los datos sísmicos muestran al límite Tiyuyacu Superior y Orteguaza

como un fuerte reflector que marca el paso de ambiente continental a marino. Dataciones (LABOGEO, 1996) de esta formación la ubican en el Eoceno Medio – Oligoceno.

Formación Chalcana.- En la base comprende el equivalente continental de la formación Orteguaza. Comprende arcillolitas rojas con muñecos calcáreos y esporádicas intercalaciones de areniscas conglomeráticas (Rivadeneira & Baby, 1999).

➤ **Formación Curaray (Mioceno Superior)**

Presente en la geología de la zona de estudio. Está constituida por materiales detríticos fines depositados. La Chambira por tres estratos de areniscas de grano medio a grueso, arcilla y grava. La formación Mesa, presenta relieves tabulares con ligeras inclinaciones hacia el este y sureste; depósitos aluviales que poseen materiales transportados por los ríos formando valles y terrazas, con agudas pendientes entre el 25 y 70 por ciento.

➤ **Formaciones. Mesa - Mera (Plioceno)**

Se trata de depósitos de conos aluviales de tipo volcano-fluviátiles, correlacionados con el pie de monte de la parte más oriental de la Cordillera Real. Estos depósitos cubren amplias zonas que contienen unidades más antiguas (Tschopp, 1958).

Esta unidad comprende varias terrazas escalonadas entre los 1460 y 450m de altura, de las cuales las más antiguas y altas se conservan en los primeros 20km al este de los Andes como mesas aisladas sobre los escarpes andinos.

➤ **Depósitos aluviales Qa–Qt (Holoceno)**

Las formaciones litológicas aflorantes pertenecen a depósitos aluviales del Holoceno, y son Depósitos Aluviales. Holoceno (Qt – Qa), que constituyen lentes de gravas (generalmente fragmentos blandos), arenas y limos, en estratificación cruzada. Los depósitos antiguos conforman terrazas que se presentan como planicies de altura mayor que la de los depósitos recientes, en este tipo de terrazas se localiza el área de proyecto en estudio, sin embargo hay que anotar que en el sitio donde se localizará el proyecto no se han registrado

inundaciones a pesar de estar localizada dentro de la terraza aluvial del Río Napo y Tiputini.

3.1.1.2 Tectónica

La división tectónica del oriente ecuatoriano se divide en dos los dominios: Subandino y Oriental o de Plataforma, se basa originalmente en la expresión topográfica de las estructuras (Tschopp, 1953).

La mayor parte de la zona Subandina consiste de cadenas montañosas de dirección Norte – Sur, en las cuales afloran estratos de rocas del Paleozoico superior y más jóvenes, cortados por fallas inversas de alto grado de buzamiento. En la zona oriental se observa un terreno de bajo relieve, en la cual las estructuras del subsuelo se manifiestan localmente por pendientes superficiales de muy bajo grado, y por suaves alineamientos del drenaje.

Los perfiles sísmicos con buena resolución, muestran que la mayor parte de las estructuras de la Cuenca Oriental se enmarcan dentro de un conjunto de fallas dispuestas en un arreglo “en echelon”. Las fallas emergen del basamento cortando a varios niveles de la cubierta sedimentaria, afectando a ésta de diversas maneras. Las fallas del basamento ocupan dos sub-dominios geográficamente distinguibles:

En el primer sub-dominio que comprende la parte Norte de la Cuenca y que se encuentra ubicado entre el sector del río Curaray (río Indillamayacu) y el río San Miguel, las fallas presentan una dirección preferencial Nor-Noreste y continúan con esta dirección hacia la Cuenca del Putumayo en Colombia.

En el segundo sub-dominio que comprende la parte Sur de la cuenca y que se ubica desde el sector del río Curaray hasta el río Tigre en el Perú, las fallas presentan una dirección dominante Norte-Sur.

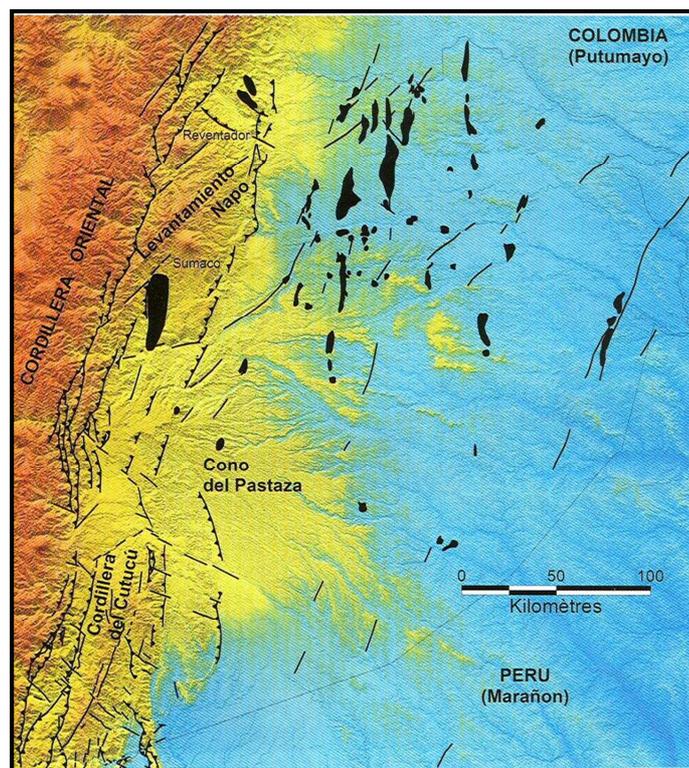
Las direcciones de las fallas, de los dos sub-dominios de la cuenca oriental, son aproximadamente paralelas a las tendencias estructurales de los levantamientos Napo y

Cutucú. En general, se puede inferir que las tendencias regionales se disponen de acuerdo al arreglo del basamento.

La zona de transición entre estos dos sub-dominios donde las fallas cambian de dirección, se extiende desde la depresión del Puyo en la zona Subandina, siguiendo de forma paralela al río Curaray hacia el Este. En esta zona de transición, las estructuras se salen del esquema regional de los dos sub-dominios presentando una dirección Noroeste-Sureste.

Se puede notar también, que algunas fallas han soportado una inversión tectónica, de sistemas de esfuerzos de extensión en el basamento, a sistemas de esfuerzos de compresión en el paquete sedimentario.

FIGURA 3.1.3.- MAPA MORFO-ESTRUCTURAL DE LA CUENCA ORIENTE (DATOS SRTM, RESOLUCIÓN 90 M) Y UBICACIÓN DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS PETROLÍFERAS (BABY ET. AL., 2004)



Fuente: Energy, 2011

3.1.1.3 Geología Estructural

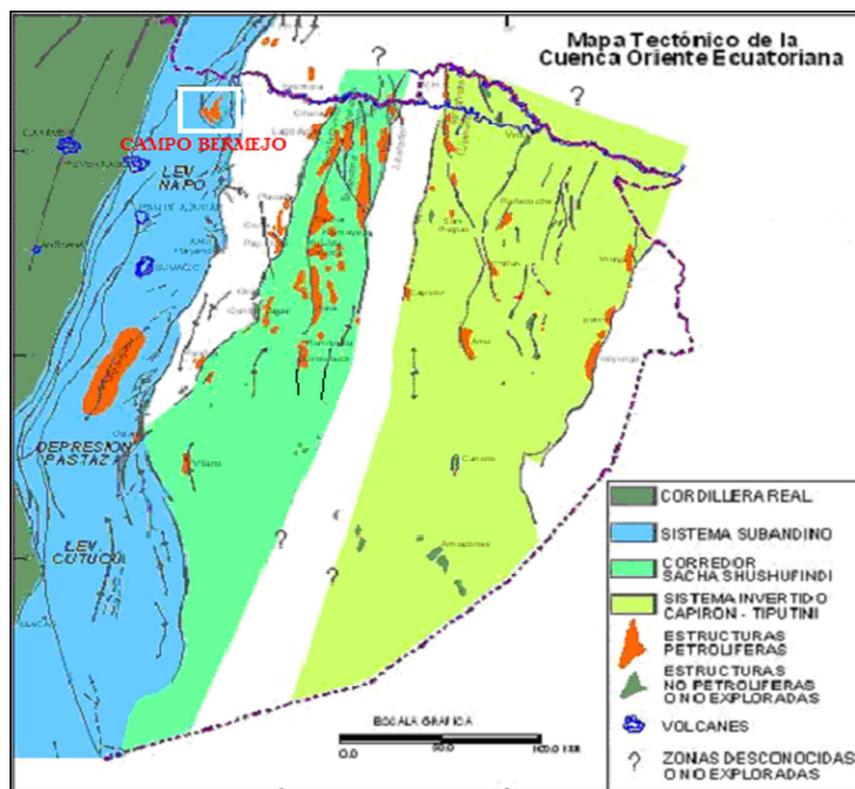
Gracias a estudios de sismica y de datos estructurales tomados en campo la Cuenca Oriente ha sido dividida en tres dominios estructurales principales (Rivadeneira & Baby, 1999) los mismos que están controlados por mega-fallas de rumbo orientadas NNE-SSW (Figura 3.1.4):

Domino Occidental.- Sistema Subandino, que comprende el Levantamiento Napo; principalmente estructuras en flor positivas (Harding, 1985), la Depresión Pastaza que es una zona de transición entre el levantamiento Napo y el levantamiento Cutucú y el Levantamiento Cutucú (Rivadeneira & Baby, 1999), que se interpreta también como una estructura en flor.

Domino Central.- Corredor Sacha – Shushufindi, deformado por mega – fallas de rumbo, que se verticalizan en profundidad, pudiendo evolucionar a estructuras en flor hacia la superficie.

Domino Oriental.- Sistema Invertido Capirón – Tiputini, con estilo de deformación de estructuras oblicuas en echelón, verticalizándose en superficie.

FIGURA 3.1.4.- MAPA TECTÓNICO DE LA CUENCA ORIENTE (MODIFICADO DE RIVADENEIRA & BABY, 1999).



Fuente: Energy. Febrero- Marzo 2011

➤ **Sistema Subandino**

El Sistema Subandino corresponde a la parte aflorante de la Cuenca Oriente y permite observar el estilo de las últimas deformaciones. En los afloramientos, se observan fallas inversas de alto a bajo ángulo, con marcadores cinemáticos que evidencian una tectónica transpresiva con movimientos dextrales. Este dominio tectónico se levantó y deformó principalmente durante el Plioceno y el Cuaternario (lahares cuaternarios se encuentran levantados). La morfología y las series sedimentarias implicadas en la deformación conducen a diferenciar, de norte a sur, tres zonas morfo-estructurales: el Levantamiento Napo que corresponde a un inmenso domo alargado en orientación NNE-SSO, limitado al Este y al Oeste por fallas transpresivas; la Depresión Pastaza donde las fallas se vuelven más cabalgantes al contacto Zona Subandina-Cordillera Oriental; la Cordillera del Cutucú, la cual se caracteriza por un cambio de orientación de las estructuras, de N-S a NNO-SSE. Según Baby et al. (1999) esta cordillera parece corresponder a la continuación Suroeste del corredor central Sacha-Shushufindi.

➤ **Corredor Sacha – Shushufindi**

El Corredor Sacha-Shushufindi abarca los campos petrolíferos más importantes del Ecuador (Sacha Shushufindi, Libertador). Está deformado por mega-fallas de rumbo en transpresión orientadas en dirección NNE-SSO, que se verticalizan a profundidad y pueden evolucionar a estructuras en flor hacia la superficie. (Baby et al., 1999).

Esas mega-fallas de rumbo se han reactivado e invertido (transpresión dextral) durante el Cretácico Superior, Terciario y Cuaternario. Están asociadas durante el Cretácico Superior a la extrusión de cuerpos volcánicos (Barragán et al, 1997). Aunque la parte sur del

Corredor Sacha-Shushufindi no está bien definida, parece prolongarse hacia el suroeste y aflorar en el Levantamiento Cutucú.

➤ **Sistema Capirón – Tiputini**

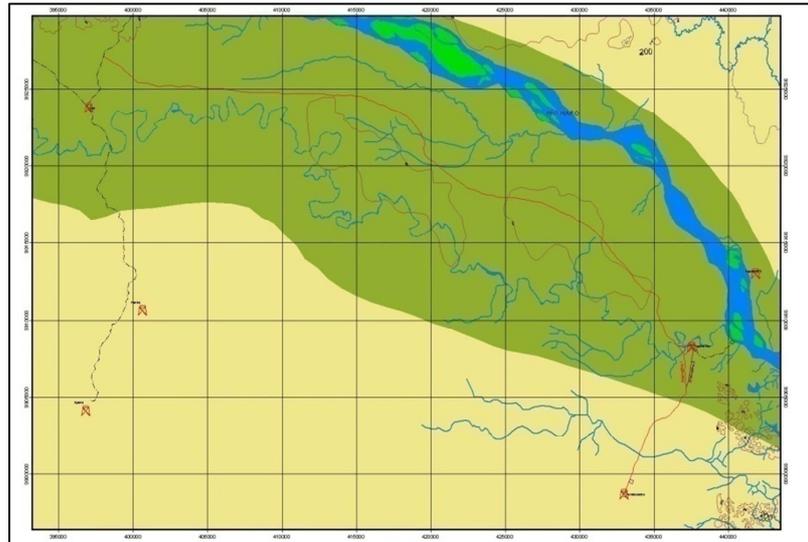
El área de estudio se encuentra dentro del Sistema Capirón-Tiputini (Play oriental), el cual corresponde a una cuenca extensiva, actualmente invertida, estructurada por fallas lístricas que se conectan sobre un nivel de despegue horizontal (Balkwill et al., 1995; Baby et al., 1999).

3.1.2 Geología Local

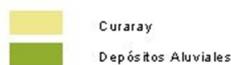
El objetivo del análisis geológico fue proveer una descripción detallada de la geología que aflora en la zona de estudio. La información recopilada en este capítulo se utilizó como base para el análisis de algunos de los aspectos físicos, tales como: geomorfología, suelos, geotecnia e hidrología.

Se efectuaron observaciones de campo para identificar y caracterizar las formaciones litológicas existentes en la zona del proyecto, su composición, ubicación en el tiempo geológico, eventos a los que han sido sometidos y su estado actual en la superficie, a continuación se describen los aspectos geológicos que caracterizan dicha zona.

FIGURA 3.1.5.- GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO



LEYENDA TEMÁTICA



Fuente: Energy. Febrero- Marzo 2011

3.1.2.1 Formación Curaray

Esta formación cubre el sector centro sur del Mapa Geológico, las plataformas Nenke y Apaika se localizan en esta unidad litológica. En los afloramientos observados predominan potentes arcillolitas de colores rojizos, con intercalaciones de limolitas y areniscas tobáceas de colores habanos. Localmente son frecuentes lentes de conglomerados, de hasta 15 cm de diámetro, de cuarzo lechoso, sílices amorfa, de colores marrón y gris y rocas intrusivas.

El conjunto presenta un buzamiento casi horizontal, con una ligera inclinación al Este donde se presentan en estratos gruesos, con espesores entre 1,5 a 3 m.

Regionalmente, la formación consiste de una serie potente de arcillas rojas, verdosas y azuladas bien estratificadas, localmente se encuentra yeso, alternando con horizontes de areniscas de grano fino; horizontes tobáceos y carbonáceos ligníticos son comunes. La Formación Curaray contiene una abundante fauna (*Anomocytheridae*, *Cyclocypris*, *Perissocytheridae*, *Gomphocythere*) que indican un depósito de agua dulce y

ocasionalmente salobre y una edad Mioceno Superior, la secuencia tiene por lo menos 750 m. de espesor y representa un ambiente entre lacustre y de estuario.

➤ **Depósitos Aluviales**

Identificados en las terrazas del Río Napo y de los drenajes principales, se presentan como bancos poco potentes de arenas en matriz limo arcillosas, con bajo porcentaje de rodados de origen sedimentario. Esta unidad consiste de terrazas aluviales medianas casi planas, que rodean los bordes del Río Napo. Estas terrazas están moderadamente disectadas con cárcavas empinadas, y no se inunda comúnmente.

Ver Mapa Geológico, Anexo Cartográfico.

3.1.3 Geomorfología

3.1.3.1 Unidades Geomorfológicas y Paisajes de la Amazonía Ecuatoriana

La Región Oriental del Ecuador se divide en 2 grandes subregiones:

- Relieves Subandinos.
- Amazonía Periandina o Piedemonte distal.

Para nuestra zona de estudio comprende la segunda.

➤ **Región Amazónica Periandina, Piedemonte Distal**

Esta región se distribuye formando un amplio abanico-glacis, distante de la fuente. La región está influenciada por la morfodinámica del Río Napo y sus afluentes. La Región

Amazónica Ecuatoriana es el inicio de la gran Cuenca Amazónica, superficialmente desarrollada sobre materiales arcillo-limosos de edad Terciaria y origen continental, cubiertos por depósitos Cuaternarios de origen torrencial, constituidos por conos de esparcimiento del piedemonte andino.

En su parte distal, la Cuenca Amazónica presenta 2 sistemas de paisajes:

- Las llanuras aluviales de esparcimiento
- Las colinas

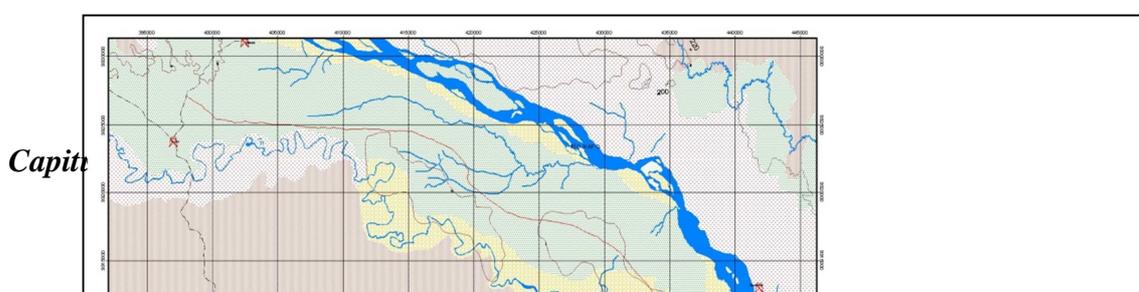
La primera contiene llanuras de esparcimiento de diferentes niveles, aluviones, terrazas y llanuras de inundación, mientras que la segunda incluye un sistema de colinas de control estructural con diferentes grados de disección, intercalada por pantanos.

El ambiente de depositación aluvial torrencial se ha formado por la influencia morfodinámica del Río Napo, que deposita sedimentos provenientes del arco volcánico dentro de un amplio abanico en el tramo medio y distal de la fuente, sobre un escalonamiento de planicies aluviales, con cotas que varían entre 220 y 340 msnm.

Donde se tiene los Piedemontes sin Cenizas y estos a su vez las gradas alejadas del segundo piedemonte: llanuras, terrazas y cordones arenosos. Esencialmente, se tratan aquí de las amplias llanuras de divagación y de modelado fluvial.

El área de influencia del proyecto propuesto está ubicada en una zona de la Llanura de Esparcimiento Periandina Distal. El principal agente modelador es de origen hídrico, que ha desarrollado preferentemente ambientes aluviales, diluviales y palustres los cuales, en varias etapas, fueron esparciendo, depositando, retrabajando, disectando y meteorizando materiales clásticos, formando varios niveles de llanuras, terrazas y diferentes formas de terreno colinado.

FIGURA 3.1.6.- MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA





Fuente: Energy, 2011.

➤ **Geomorfología y Paisajes de la Zona**

Este estudio geomorfológico nos da una idea clara sobre el conocimiento de las unidades geomorfológicas y los procesos geomorfológicos que conforman el paisaje en el área de trabajo; y, proporcionar una base cartográfica-temática de utilidad práctica para el análisis ambiental y del riesgo geomorfológico relacionado al proyecto.

Varios tipos de geomorfologías se han reconocido en la zona y muy especialmente en el área de estudio. Estas se describen a continuación.

Llanuras, terrazas y cordones arenosos

Se reconocen principalmente en los bordes externos de la cuenca, a lo largo del río Napo. Se forman por el desplazamiento lateral de los cauces, ocasionando por fuertes variaciones en la carga del río. Se tradujeron también en represas y capturas, cuyas huellas a lo largo del río.

Los materiales constitutivos tienen su origen principalmente en las formaciones andinas y volcánicas de la cordillera, debiendo pasar por procesos previos antes de ser depositadas en las zonas de esparcimiento. Estos sitios forman una transición entre las formas colinares de baja altura más internas y al complejo fluvial y pantanos. En los depósitos predominan las arenas y limos, en menor cantidad guijarros y arcillas.

Los paisajes son llanos y generalmente bien drenados, aunque a veces poseen depresiones inundables (Winckell et al., 1997). Los suelos poseen características más o menos ferralíticos y ándicos, además de ser blandos, moderadamente ácidos y poco lixiviados. Son buenos suelos de cultivo pero no para la ganadería ya que se dañan por acción del pisoteo directo.

Colinas bajas (Cb)

Son las geoformas más comunes en la región, siendo de acuerdo a la literatura tal vez las más características de la Amazonía ecuatoriana. Se caracterizan por mostrar bajos relieves de bajo desnivel (< 20 m) y muy baja pendiente de formas más bien dómicas. Estas colinas se muestran relativamente uniformes en su altitud y formas.

Los suelos son principalmente rojos, ferralíticos y pseudoferralíticos, perácidos perdistricos y peraluminotóxicos (Winckell et al., 1997).

En la zona de estudio la mayor parte de estos paisajes están cubiertos de vegetación correspondiente a bosque húmedo, denso y virgen. Sin embargo la colonización ha avanzado especialmente en sitios aledaños a ríos navegables como el Napo y el Tiputini donde ahora se puede observar la presencia de cultivos tales como yuca, plátano y cacao principalmente, además de pastizales que es una de las causas de la degradación del suelo.

Valles con terrazas no diferenciadas

Se presentan principalmente a lo largo del río Tiputini, constituyendo terrazas más elevadas que los niveles medios de los ríos y capas acuíferas, sin embargo permanecen en zonas que pueden ser inundables aun cuando esto no es usual. La subida de las capas, el desborde de las aguas fluviales y acumulación de las aguas de escorrentía sobre las superficies periféricas no están drenadas.

Los suelos más altos han tenido tiempo para ser homogenizados, meteorizados, acidificados, lixiviados, degradados mineralógicamente, impermeabilizados y gleyzadas (en caso acumulación de agua). Estos suelos más altos y antiguos, que yacen junto a las

colinas no afectadas por aguas fluviales pero frecuentemente cubiertas por aportes de las colinas o lluvias. La fertilidad en estos suelos es baja.

Dentro de esta unidad también se incluyen las terrazas y los pantanos.

Los Pantanos con palmas: los “mauretales” (P)

Esta unidad se caracteriza por presentar extensiones homogéneas de palmares pantanosos, donde los “mauretales” son los más típicos. Ocupan principalmente las grandes depresiones interfluviales pero se individualizan a veces en los bordes de los valles más anchos.

Son planicies mal drenadas, permanentemente inundadas y cauces abandonados, el suelo es orgánico, fibroso, inundado desarrollado encima de limos arcillosos gleyzados de color gris-azul, impermeables en avanzado estado de meteorización. Éste es un ambiente favorecido por la descomposición anaeróbica de los restos de vegetación, los cuales dan lugar a lodos orgánicos. También son planicies mal drenadas pantanosas y cauces abandonados, siendo característica la presencia de las palmas denominadas moretales, además lo que destaca es la presencia de profundos suelos orgánicos del tipo Pt, edafológicamente pertenecientes al orden de los histosoles.

Vistos desde el aire, los mauretales revelan sus rasgos principales. El terreno es plano, con depresiones. La red hidrográfica es difusa. Las cimas de las palmas están niveladas y no se juntan: la luz y la vista penetran hasta el suelo y el subpiso vegetal tampoco se constituye en un obstáculo para ello. En período de aguas altas, se percibe perfectamente el reflejo del sol en las aguas superficiales. Son fácilmente reconocibles en fotos aéreas ya que contrasta fuertemente con el aspecto copioso, “coliflor”, del bosque denso común.

Los mauretales están demarcados por las colinas, por los diques limosos de las orillas fluviales y a veces también por los cordones arenosos detríticos que representan el último avance de las formaciones de piedemonte hacia la parte baja. Este confinamiento limita su drenaje, los aleja del aluvionamiento. Sus cuencas vertientes se reducen a los relieves adyacentes, generalmente colinarios, en donde la erosión es escasa y de donde salen

solamente pequeñas cargas aluviales. Sólo las crecidas mayores que rebasan los diques de riberas invaden las cuencas e introducen cargas aluviales provenientes de la parte alta.

➤ **Tipo de Formaciones y Depósitos**

En el área de estudio se encuentra incluida dentro de una zona en la cual no existen cambios litológicos a gran escala, debido a su corta extensión, por consiguiente se observó la influencia de la Formación Curaray conformada por (arcillas, lutitas tobáceas, yeso) del Mioceno y Depósitos Aluviales y de Pantano Cuaternarios (arcillas, limos, arenas), cerca de la mayoría de los cursos de grandes ríos debido a la presencia en la zona del Río Napo, es la formación que más aflora en nuestra zona de estudio según los mapas geológicos del área, a continuación una breve descripción de las Formaciones existente en la zona evaluada.

Formación Curaray (Mioceno Superior)

Corresponde fisiográficamente a una serie de colinas estructurales con alturas bajas, medias y altas, muy disectadas, que afloran principalmente al sur del Río Tiputini. Esta Formación es el equivalente hacia el este de las formaciones Arajuno y Chambira (Schopp, 1953: Baldock, 1982: Baby et al., 1999 a), la cual se localiza hacia los extremos distales de los depósitos aluviales del Río Napo los cuales conforman específicamente el área de estudio.

Regionalmente se la define como una serie potente de arcillas, bien estratificadas de color verde-azul o rojizo, localmente contienen yeso, alternando con areniscas de grano fino a medio. Son comunes, en su parte superior, mezclas tobáceas, vetas de lignito y arcillas carbonosas negras. Esta formación se compone de areniscas con estructuras de marea, donde se encontró también una fauna marina (Bristow & Hoffstetter, 1977). Esta fauna y las estructuras sedimentarias permiten interpretar la formación Curaray como resultado de ambientes costeros, en donde predominan areniscas con estructura de marea, arcillas, lutitas tobáceas y yeso.

La Formación está levemente plegada, y la alteración es fuerte, superficialmente. Está cubierta de potentes suelos residuales rojos. El ambiente de depositación sugiere influjos de aguas salobres en un ambiente generalmente de agua dulce. Su edad no es más antigua que el Mioceno. De acuerdo con su relación estratigráfica y con los microfósiles encontrados, se la ha ubicado en el Mioceno Superior.

Formación Chambira (Mioceno Superior – Plioceno)

Comprende la llanura de esparcimiento, formada al sur del Río Napo. Superficialmente, en el sector, esta formación comprende una potente alternancia de estratos de arcillas y finos estratos de arenas no consolidadas. Su conformación es principalmente de lutitas verdosas y amarillento-rojizas, interestratificadas con areniscas arcillosas y algunos horizontes de conglomerados en matriz arenosa, guijarros bien redondeados que son de cuarzo, roca metamórfica y volcánica con diámetros de hasta 4 cm.

El ambiente de depositación es continental y consiste de un abanico de pie de monte y sedimentos fluviales depositados durante una fuerte erosión de la cordillera Real.

Se ha estimado que esta formación tiene entre 1.000 y 1.500 m de espesor. Es una formación no fosilífera y, de acuerdo a estudios fotogeológicos, se la interpreta como pos-Curaray. Por descansar sobre la Formación Arajuno, se la considera perteneciente al Plioceno (R. Bristow et R Hoffstetter, 1997).

Depósitos aluviales Qa–Qt (Holoceno)

El estudio sedimentológico de los depósitos aluviales neógenos de la Cuenca Oriente demuestra que el sistema fluvial evolucionó, desde una llanura aluvial (Fm. Chalcana), hasta un sistema de abanicos aluviales de piedemonte (Fm. Chambira y Mera). Al mismo tiempo, el drenaje cambió desde un drenaje esencialmente longitudinal, a un drenaje transversal. Este tipo de evolución demuestra que la Cuenca Oriente pasó de una cuenca de antepaís sub-alimentada a sobre-alimentada (Sensu Jordan, 1996).

En el sector se han identificado depósitos y terrazas aluviales del Río Napo que son los más relevantes. Estos sedimentos son distales, de granulometría media a fina; son potentes depósitos de arenas limosas y limos arenosas. Su potencia sobrepasan los 15 m. cerca de las riberas del río.

Estos depósitos aluviales en el Río Tiputini son de origen autóctono, de menor potencia y generalmente de granulometría fina, limos y arcillas. Estos depósitos aluviales son pequeñas terrazas, que se presentan como bancos poco potentes de arenas en matriz limo arcillosas, con bajo porcentaje de rodados de origen sedimentario.

Depósitos de Pantano (Holoceno)

Mediante la interpretación de imágenes satelitales y observaciones de campo, se ha delimitado extensos sectores como depósitos de pantanos. Éstos se forman debido al drenaje deficiente, especialmente en sectores bajos, donde el agua superficial se esparce inundando amplias zonas. También son comunes entre las vaguadas del sector colinado. Estas pasan inundadas la mayor parte del año y en el lugar son denominadas moretales, por la presencia de una vegetación característica de palmas de morete.

Biológicamente, éstas son zonas de vida con características peculiares. Superficialmente, predominan suelos de tonalidades oscuras, de alto contenido de material orgánico. Estos depósitos son muy potentes, y el substrato más superficial que los contiene es impermeable.

3.1.4 Amenazas Naturales de Origen Geológico

En el Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Desarrollo y Producción de los Campos: Tiputini y Tambococha elaborado por Energy Consulting (2011), se tomó en cuenta la presencia de posibles riesgos relacionados a procesos naturales

de origen geológico como son riesgo de tipo: volcánico, sísmico, inundaciones, morfodinámico y de origen antrópico.

3.1.4.1 Amenaza Sísmica

El Ecuador al estar localizado en el margen occidental de América del Sur, forma parte del denominado “Cinturón del Fuego del Pacífico”, región geográfica, donde es liberada la mayor parte de energía sísmica y volcánica del planeta.

De manera más específica, la geodinámica ecuatoriana está influenciada por el límite donde convergen por un lado la placa de origen oceánico de Nazca y por otro la placa de origen continental Sudamericana y que se caracteriza por la subducción o introducción de la placa oceánica bajo la continental. El proceso de subducción constituye por sí mismo el elemento más influyente y motor de los procesos tanto sísmicos como volcánicos en el Ecuador continental. La subducción de la placa Nazca transmite un porcentaje de esfuerzos a la placa continental, dando como resultado la formación y actividad de fallas conocidas como de intraplaca (dentro de una placa).

En la zona de estudio no se han reconocido estructuras activas, entendiéndose por activas a aquellas que presentan rasgos o características de actividad durante los 1.6 Ma, sin embargo se debe mencionar que existen fallas activas a lo largo de Subandino y varios de los segmentos del Sistema Dextral Mayor (Soulas, 1999). Estas estructuras, aunque no causarían efectos directos de importancia, los productos secundarios del evento, como son deslizamientos, represamientos pueden representar un cierto grado de peligro para la zona de estudio. Esto debido desfogues o aluviones producidos en la Cordillera Real o Subandino, las cuales pueden dirigirse por el río Napo originando aumentos importantes del caudal.

Sismicidad histórica.- como se mencionó previamente las fuentes son distantes a la zona de estudio. En el estudio de la sismicidad histórica (Egred, 2000), se han descrito dos eventos que tuvieron origen en la zona nororiental del país:

Abril, 1541.- Se reporta la destrucción de un pueblo de unas 60 casas en la falda oriental de la Cordillera Real y también fue sentido en Quito

5 de marzo, 1987.- Ocurrieron dos fuertes terremotos de magnitud 6.1 y 6.9 respectivamente, en la provincia de Napo en el sector del volcán El Revenador y donde se presentaron los mayores efectos destructores. También hubo serios daños en ciudades y poblaciones de las provincias de Imbabura Sucumbíos, Pichincha y el este del Carchi. Viviendas rurales colapsaron por completo y muchas otras quedaron seriamente cuarteadas o parcialmente destruidas. En las otras provincias mencionadas sufrieron daños de consideración las construcciones de adobe y tapia. En la naturaleza los estragos fueron cuantiosos, ya que los terrenos que se encontraban saturados de humedad por las intensas lluvias, dieron origen a voluminosos deslizamientos especialmente en los taludes de los ríos, lo cual causó represamientos de las aguas. Resultaron afectadas instalaciones de la industria petrolera y el oleoducto, lo cual obligó a suspender el bombeo de petróleo por aproximadamente 6 meses. Quedaron interrumpidas las carreteras de acceso a la región oriental, dificultando la ayuda a los damnificados y problemas a los sectores comerciales, agrícola y ganadero. El impacto económico para el Estado y los damnificados fue de grandes porciones.

En la Tabla 3.1.1 se muestra datos de sismos históricos con magnitud mayor a 4 en la Escala de Richter que se ubicación en la Cuenca Oriente.

TABLA 3.1.1.- DATOS DE SISMOS HISTÓRICOS OCURRIDOS EN LA CUENCA ORIENTE.

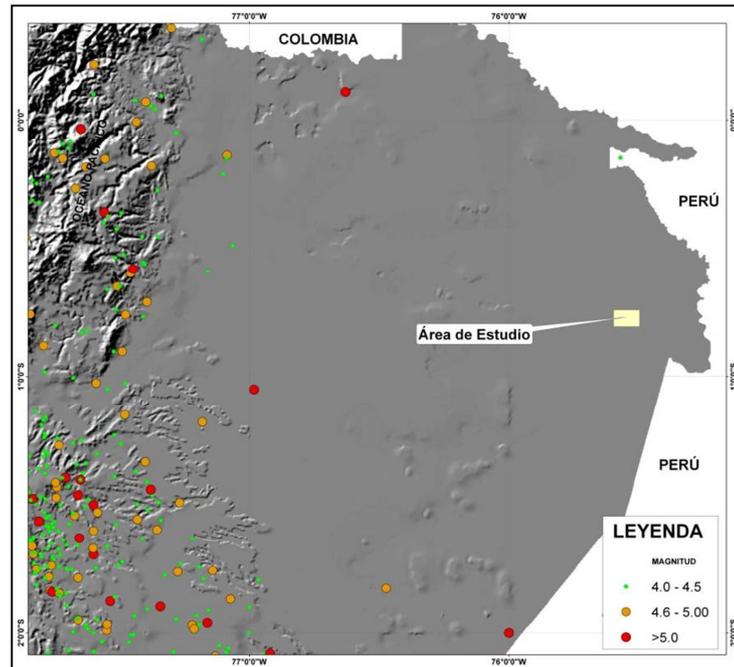
Año	Mes	Día	Hora	min	seg	Latitud	Longitud	Prof.	Mag.	Dist.	Ciudad ref.
1995	2	16	9	36	1	-2,90	-77,20	-51,0	5,4	122,41	MACAS
1996	1	9	23	45	11	-2,27	-77,95	-16,0	4,6	20,76	MACAS
1996	12	27	15	8	0	-5,44	-77,48	-12,0	5,8	222,92	ZAMORA
1996	10	17	4	48	35	-2,88	-77,98	-10,0	7,8	65,47	MACAS
1997	6	17	9	35	4	-0,18	-77,38	-8,9	4,7	62,45	N_LOJA
1997	6	16	9	25	18	-1,47	-77,88	-218,7	5,1	12,79	PUYO
1997	5	2	7	30	34	-1,55	-78,00	-189,8	5,2	6,58	PUYO
1997	10	28	6	16	27	-3,61	-77,35	-79,8	6,5	168,15	MACAS
1998	8	20	22	22	14	-2,75	-78,01	-10,0	4,7	50,59	MACAS
1998	12	30	3	32	35	-1,76	-77,98	-182,7	5,0	29,97	PUYO
1999	4	21	11	29	20	-0,32	-77,45	-11,2	4,6	77,72	N_LOJA
1999	10	7	6	53	16	-0,46	-77,86	-9,7	4,6	66,21	TENA
1999	8	28	12	40	1	-1,36	-77,91	-197,7	5,8	16,71	PUYO
2000	11	19	23	23	0	-0,01	-77,44	-19,6	4,8	61,74	N_LOJA
2000	11	10	19	5	27	-4,54	-77,70	-50,0	4,8	146,88	ZAMORA

Año	Mes	Día	Hora	min	seg	Latitud	Longitud	Prof.	Mag.	Dist.	Ciudad ref.
2000	9	10	4	37	38	-2,61	-78,17	-12,0	5,0	33,74	MACAS
2000	6	3	11	56	0	-4,68	-77,79	-29,0	5,0	144,78	ZAMORA
2001	8	18	5	36	20	-3,07	-77,67	-26,7	5,5	97,99	MACAS
2001	11	17	16	31	14	-4,28	-77,84	-130,0	5,5	124,37	ZAMORA
2002	7	14	14	44	12	-4,95	-79,26	-13,3	5,1	103,87	ZAMORA
2003	1	31	16	55	24	-2,76	-77,18	-130,0	5,1	116,89	MACAS
2004	10	20	0	1	6	-4,67	-77,15	-12,0	4,6	210,05	ZAMORA
2004	1	4	16	14	7	-3,54	-77,55	-225,0	5,3	151,65	MACAS
2005	10	24	17	35	27	-0,47	-77,89	-12,0	4,8	64,81	TENA
2005	1	24	15	2	9	-3,75	-77,92	-12,0	4,9	118,39	ZAMORA
2005	11	9	11	33	9	-1,11	-77,30	-276,7	5,3	58,54	TENA
2005	12	23	21	47	22	-1,56	-77,77	-225,0	5,4	25,44	PUYO
2006	11	23	17	26	0	-1,74	-78,16	-187,1	4,6	33,40	PUYO
2006	10	6	18	42	0	-2,92	-78,08	-18,0	4,9	68,20	MACAS
2006	8	11	0	19	0	-1,83	-76,47	-25,0	4,9	172,50	PUYO
2006	3	5	0	28	0	-4,86	-76,03	-12,0	5,4	334,10	ZAMORA
2007	12	2	22	9	0	-1,60	-77,74	-218,5	4,7	31,00	PUYO
2007	10	27	15	38	0	-0,56	-77,96	-11,0	4,7	56,20	TENA
2007	6	10	22	57	0	-2,52	-76,94	-133,5	4,8	134,40	MACAS
2007	3	28	15	57	0	-1,56	-77,81	-206,4	4,8	21,50	PUYO
2007	6	10	19	19	0	-3,83	-78,96	-107,9	5,2	26,80	ZAMORA
2007	2	13	9	56	0	-1,50	-78,04	-191,5	5,3	5,90	PUYO
2007	11	15	22	12	0	-2,85	-77,98	-154,7	5,9	62,80	MACAS

Fuente: Energy, 2011 (Página web del Instituto Geofísico, www.igeqn.edu.ec).

Sismicidad Instrumental.- de acuerdo a los reportes sísmicos basados en los datos recopilados por la instrumentación de la Red Nacional de Sismógrafos (RENSIG) y publicados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG/EPN), y que comprenden eventos de magnitud mayor o igual a 4 en la escala abierta de Richter, se nota que la sismicidad (período 1990-2009) en la zona que se encuentra alrededor del proyecto es muy baja. La mayor parte de eventos se concentran hacia la región occidental, asociados a las fallas activas del Subandino y segmentos del Sistema Dextral Mayor. Las magnitudes más frecuentes se encuentran en el rango de 4 a 5 y se tienen pocos eventos de magnitud mayor a 5. En cuanto a la profundidad, la mayor parte de eventos son de tipo superficial es decir localizados entre 0-33 km, en segundo lugar se tienen eventos entre 70 y 300 km (profundidad media) y cuya fuente son los esfuerzos acumulados en la placa Nazca que se encuentra en subducción. Se debe notar que existe la probabilidad de que la placa en subducción genere eventos de fuerte magnitud (similar al sismo del 12 de agosto de 2010 de magnitud 7.2), cuyo epicentro (Proyección del evento sísmico en superficie) se encuentre alrededor de la zona de estudio, pero por la gran profundidad de la zona fuente y por la atenuación que sufren las ondas sísmicas, los efectos no sean de consideración.

FIGURA 3.1.7.- MAPA DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA REGISTRADA INSTRUMENTALMENTE EN LA ZONA NORORIENTAL DEL ECUADOR. FUENTE: INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.



Fuente: Energy, 2011

3.1.4.2 Amenaza Volcánica

La actividad volcánica está relacionada a los cinturones móviles de los Andes ecuatorianos. La mayoría de los volcanes activos del Ecuador se encuentran en las cordilleras Occidental y Real, normalmente entre los 110 y 150 kilómetros de la zona de Benioff, con excepción del eje: Cerro Hermoso-Sumaco-Pan de Azúcar – Reventador, se encuentran entre 170 y 180 kilómetros de esta zona, (Woodward – Clyde, 1980), este eje se emplaza en el sector subandino.

El volcanismo contemporáneo en el Ecuador se manifiesta desde fines del Terciario hasta la actualidad, siendo los principales productos las emisiones de material de caída o piroclastos además de la emisión de productos lávicos, con composiciones que varían desde andesitas a rolitas. En el territorio continental ecuatoriano se han reconocido 10 volcanes potencialmente activos (volcanes con erupciones dentro de los últimos 10000 años) y 8 centros de emisión activos (volcanes con actividad dentro del período histórico) (IG-EPN), debiendo mencionar que en los últimos 10 años 4 volcanes (Guagua Pichincha, Tungurahua, Reventador y Sangay) han tenido procesos eruptivos.

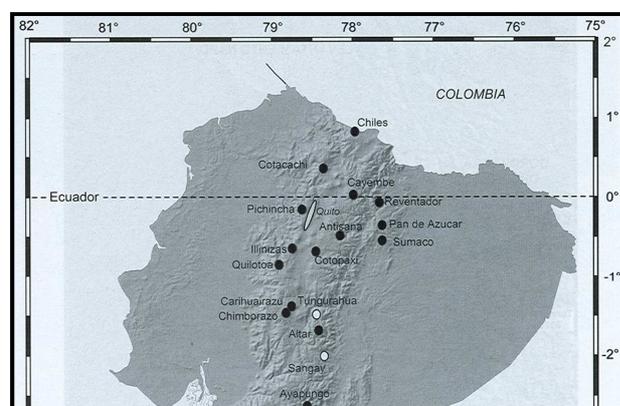
Actualmente la zona más oriental del país no presenta actividad volcánica, sin embargo se debe entender que en ocasiones los volcanes emiten grandes masas de material particulado (ceniza) que por la dirección y velocidad de los vientos pueden alcanzar distancias considerables (decenas a cientos de kilómetros). Es así como, para la zona de estudio se estima que podría presentarse algún tipo de afectación a causa de caídas de ceniza transportada por los vientos. Se debe notar también que los vientos en alturas donde se generan estos productos están dirigidos hacia el occidente, por lo que la probabilidad de caída de material particulado de origen volcánico sea baja. (Tabla 3.1.2)

TABLA 3.1.2. VOLCANES ACTIVOS DEL ECUADOR (MODIFICADO HALL & BEATE, 1991)

Volcán	Última erupción importante	Recurrencia
Cotopaxi	1877 DC	100 años
Tungurahua	1916 – 18	100 años
Guagua Pichincha	1660 DC	500 a 600 años
Antisana	1700 DC	
Quilotoa	900 AP	15000 años
Reventador	1976 DC	30 años
Sangay	Activo continuamente	Permanente
Sumaco	Histórica	?
Cuicocha	3000 - 3100 AP	?
Pululahua	2300 AP	8000 años
Cayambe	1785 –1786	600 - 1000*
Chimborazo	5000 AP	?
Imbabura	143007 AP	?
Mojanda	34007	?
Ninahuilca	2400 AP	?
El Soche	9760 AP	?
Caldera de Chacana	Histórica	
Chachimbiro	Volcanes que al parecer han experimentado actividad durante los últimos 10000 - 40000 años y requieren estudios en detalle	
Cerro Negro		
Iliniza		
Píllato		
Puñalica		
Putzalahua		
Rasayacu		
Tulabugl Aulabug		
Calpi		

Fuente, Energy, 2011

FIGURA 3.1.8.- UBICACIÓN DE LOS VOLCANES ACTIVOS DEL ECUADOR (SAVANE IRD)



Fuente, Energy, 2011

3.1.4.3 Amenaza de Inundaciones

Dentro de la zona de estudio se pudo observar llanuras ligeramente disectadas y entre las cañadas de los paisajes de colinas amplios sectores que pasan la mayor parte del año inundados, debido a que son bajos topográficos o en su defecto son zonas mal drenadas donde se esparcen las aguas de los drenajes superficiales, generando alto riesgo para las comunidades que viven cerca de estas zonas.

3.1.4.4 Amenaza Morfodinámica

El análisis y valoración de factores tales como: pendiente del terreno, textura de los suelos; tipo de rocas, cubierta vegetal, uso actual del suelo, tectónica, sísmica y precipitación, permiten definir si existen zonas estables o zonas afectadas por inestabilidad geomorfológica.

La inestabilidad geomorfológica se expresa con la presenta de fallas normales (gravitatorias) del tipo lítricas sintéticas. Que da lugar a los deslizamientos basculantes que no son más que movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Su activación depende tanto de factores naturales o de factores antrópicos, y aspectos que se deben considerar como el relieve, los componentes del terreno, la erosión, etc.

De acuerdo con este análisis, en el área de estudio no existen riesgos de inestabilidad geomorfológica potenciales, teniéndose que el riesgo es de carácter Bajo. Los movimientos en masa que se podrían presentar estarán restringidos a la capa superficial del suelo y serán de pequeña magnitud en áreas ligeramente onduladas y colinada o hacia los pequeños drenajes existentes, fenómenos que se asocian con los períodos de altas precipitaciones.

3.1.5 Amenaza de Origen Antrópico

Este riesgo antrópico está ligado principal y exclusivamente a la actividad humana que se desarrolla en una determinada área o espacio físico. En este caso la intervención humana como la deforestación para sembríos, las construcciones civiles como accesos, entre otras actividades, son las principales causas que originan este riesgo y provocan la formación de zonas que son muy vulnerables a la erosión, causando pérdida del suelo fértil e inestabilidad en el terreno.

Considerando dos únicas vías de acceso, vía aérea y fluvial para ingresar al área del proyecto, el riesgo se presenta como moderado por la presencia de actividad agropecuaria (pastizales) y agronómica (cultivos), localizadas generalmente hacia las riberas del río Napo extendiéndose decenas de metros en dirección a zonas de llanuras.

3.1.6 Paisaje Natural

Según Energy (2011), el paisaje natural hace referencia a la apariencia del terreno, incluyendo su forma, textura, colores, y a la apreciación del mismo que pueda tener el observador. También se refiere a la forma en la cual, estos componentes se combinan para crear patrones específicos y cuadros que son distintivos para localidades en particular.

El propósito de este análisis es la compilación de todos los componentes físicos y biológicos en el área de estudio, que abarcan el paisaje natural. Estos componentes incluyen: geología, geomorfología, suelos, hidrología, vegetación, fauna, uso de terreno, y arqueología.

Para esta descripción es necesario tomar en cuenta variables, que indiquen el estado del paisaje natural en el área de estudio, que pueden ser las siguientes variables:

Estado Natural – Medida que evalúa la cercanía de cada componente al estado natural, sin cambios antrópicos. Alta significa que virtualmente no hay cambios antrópicos significativos. Media significa que ha habido algunos cambios antrópicos significativos. Baja significa que este componente ha estado radicalmente alterado.

Escasez – Medida que evalúa la rareza de un componente estético, dentro del contexto del ambiente donde ocurra. Alta significa que el componente estético no es común en la Región Amazónica. Media significa que el componente estético está presente, y no es raro. Baja significa que el componente estético es común.

Estética – Es una medida del valor visual para cada componente. Alta significa que el valor visual es considerado muy atractivo. Media significa que el valor visual es considerado atractivo. Baja significa que el valor visual no tiene un valor especial para el observador.

Importancia para Conservación – Medida de la conservación de la zona, incluyendo su importancia: turística, histórica, arqueológica, ecológica o de interés arquitectónico. Alta significa que es un área muy importante para la conservación (como parques nacionales, reservas, bosques protectores). Media significa que es un área importante para la conservación (como pantanos y bosques maduros). Baja significa que son áreas intervenidas.

3.1.6.1 Estado Natural

La geología, geomorfología e hidrología presentan un buen estado natural y no están afectadas por actividades humanas. Por lo tanto, el valor es alto.

La fisiografía del área en estudio se caracteriza por presentar dos tipos de paisajes bien definidos: el de colinas muy bajas y bajas, y llanuras ligeramente onduladas, paisajes de terrazas y pantanos.

El uso del suelo tiene un valor del estado natural alto, porque la mayoría es bosque maduro.

No hubo sitios monumentales, apenas pocos restos de ollas de cerámica muy esporádicos, por lo que el componente arqueológico no se verá afectado por las actividades del proyecto.

3.1.6.2 Escasez y Estética

La geología está presente en la superficie al sur del Río Tiputini. Por lo tanto, la escasez está clasificada como media. La estética está considerada como media para geología, geomorfología, e hidrología. Las características superficiales presentes en el área, son comunes de la Cuenca Oriente del Ecuador, por tal motivo no es un componente estético raro, al encontrarse en buenas condiciones, sin embargo no deja de ser un atractivo por su condición selvática y natural. Esta condición explica la existencia de un medio a alto endemismo biótico, donde las especies se han conservado desde finales del Pleistoceno (entre 22 a 13 mil años atrás), por tal razón constituye un refugio de mucha importancia como un centro de especiación y dispersión de la flora y fauna.

Los tipos de geomorfología e hidrología son comunes, excepto por los brazos muertos del Río Tiputini y los pantanos de moretal. Por lo tanto, la escasez está clasificada como media.

El uso del suelo tiene un valor de escasez bajo, ya que hay dominancia de un tipo de vegetación inalterada en el área de influencia del proyecto. El uso del suelo tiene un valor estético medio.

3.1.7 Suelos

Según Energy, 2011, la caracterización de los suelos para el proyecto propuesto se hizo utilizando la información secundaria disponible del área en estudio e información recolectada en el campo.

Ademas se efectuó una salida de campo se efectuó en el cual se tomaron muestras, el listado de las muestras de suelos empleados para la investigación se encuentra en la siguiente tabla:

TABLA 3.1.3.- MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN LA ETAPA DE RECONOCIMIENTO DE CAMPO.

Código	Coordenadas		Hora	Descripción	Fecha	Tipo de Análisis		
	X	Y				AG	MEC	QUI
2201-S2	400062,88	9926673,79	12:35	Superficie plana suelo firme, 1 a 2 cm de la capa de suelo vegetal orgánico de color negro (humus) limo-arcilloso medio a grueso, capa o estrato A de 10 cm aprox. de arcilla media a fina color naranja a marrón o café claro, suave plástico moldeable, capa o estrato B de casi 10 cm arcilla fina de color gris claro a ploma blanquecina, suave moldeable plástica como plastilina, filtración de agua posible por la lluvia.	30/01/2011	X	X	X
2201-S1	400373,88	9928750,79	11:45	Sitio media alta de bosque, suelo firme y seco, cerca canal pequeño seco con una diferencia de altura considerable 2 a 3m más abajo, un solo estrato de 35 cm aprox. Color café oscuro (chocolate), limo-arcilloso grueso a medio y fino hacia abajo, plástico, orgánico presencia de raíces grandes hasta el fondo.	31/01/2011	X	X	
2201-S3	405966,55	9928412,19	11:30	Zona de bosque alta, plana y firme tierra seca, suelo orgánico vegetal café oscuro un solo estrato 40cm, limo-arcilloso grueso a medio, presencia de raíces.	02/02/2011	X	X	
2201-S4	409941,88	9925664,79	16:20	Sector plano de inundación en invierno posiblemente suelo firme y poco húmedo, 1 o 2 cm de capa vegetal negra (humus), estrato A 40cm tierra color café oscuro (chocolate), bastante orgánico abundantes raíces.	03/02/2011	X	X	X
2201-S6	420750,76	9920595,16	10:00	Zona semiplana, terreno firme y seco, capa o estrato inferior de 60 a 65cm medido desde la superficie del agua de arenisca media a gruesa café con manchas naranjas o rojas de Óxidos de Hierro, estrato de 40 a 45 cm de limo y arcilla media café claro un pintas de óxidos de hierro rojas a naranjas, siguiente estrato 20 a 25cm superior arcilla media a fina color crema y gris ploma con pintas naranjas de óxidos de Fe plástica, y capa superior cobertera limo arcilloso medio y fino café oscuro.	05/02/2011	X	X	X

Código	Coordenadas		Hora	Descripción	Fecha	Tipo de Análisis		
	X	Y				AG	MEC	QUI
2201-S7	422902,79	9919079,80	13:40	Sitio semiplano medio alto de bosque primario, tierra firme y seca, suelo limo-arcilloso medio y fino color café oscuro como en la mayoría, 3 a 5 cm de capa orgánica vegetal (humus), capa A de 10 a 12 cm de transición de color arcillo-limosa, abundantes raíces, capa B de 20 cm de arcilla media café clara, plástica con puntos rojos naranjas óxidos de hierro.	06/02/2011	X	X	
2201-S9	431394,88	9916422,79	13:45	Lugar de altura media, suelo firme y seco, fina capa limo arcillosa de 1 a 3cm negra orgánica (humus), capa A arcillo limosa de 10 a 13 cm café oscuro a negro, capa B arcilla de 10 a 12 cm café clara. Presencia de raíces gruesas.	08/02/2011	X	X	X
PTC-001	434854,05	9902834,56	12:00	Zona de bosque alta, plana y firme, tierra seca, el material es arcilloso, color café claro, se encuentra también restos de hojas y raíces, 1 o 2 cm de capa vegetal negra.	01/Feb/2011	X	X	X
PTC-002	432813,88	9898002,58	11:30	Sector de bosque alto, plana y firme, tierra húmeda por lluvia, suelo orgánico vegetal color negro 2cm, suelo arcilloso, presencia de raíces.	02/Feb/2011	X	X	X
PTC-003	432330,88	9897398,58	14:15	Sector de bosque alto, zona plana y firme tierra seca, el material es arcilloso, color café oscuro, se encuentra también restos de hojas y raíces, 1 o 2 cm de capa vegetal negra.	02/Feb/2011	X	X	
PTC-004	432968,88	9899103,58	16:50	Sector de bosque alto, zona inundable, el material es arcilloso, color gris oscuro. Posible lugar de abastecimiento de sal para animales.	02/Feb/2011	X	X	X
PTC-006	433020,27	9899661,93	11:50	Zona de inundación en invierno posiblemente suelo firme y húmedo, 2 cm de capa vegetal negra, estrato arcilloso color café oscuro con hojas y raíces.	05/Feb/2011	X	X	
PTC-007	433988,70	9899563,82	10:50	Zona de inundación en invierno posiblemente suelo firme y húmedo, se encuentran 4 esteros temporales, 2 cm de capa vegetal negra, estrato arcilloso color café oscuro con hojas y raíces.	06/Feb/2011	X	X	X
PTC-008A	434117,28	9899664,58	12:20	Zona de bosque alto, plana y firme tierra seca, el material es arcilloso, color café claro, se encuentra también restos de hojas y raíces, 1 o 2 cm de capa vegetal negra.	08/Feb/2011	X	X	
PTC-009A	432617,43	9899527,52	17:20	Bosque alto, zona de inundación, material mojado por la lluvia, composición arcilloso, color café oscuro, se encuentra también	08/Feb/2011	X	X	

Código	Coordenadas		Hora	Descripción	Fecha	Tipo de Análisis		
	X	Y				AG	MEC	QUI
				restos de hojas y raíces, 2 cm de capa vegetal negra.				
M-01	37296,00	9907967	12:30	Piscina Tiputini, plana, ángulos <math><5^{\circ}</math> Algunos drenajes temporales PEA	30/01/2011		X	X
M-02	437299,08	9907966,95	12:30	Piscina Tiputini, plana, ángulos <math><5^{\circ}</math> Algunos drenajes temporales PEA	30/01/2011		X	X
M-03	437296,00	9907964,21	12:30	Piscina Tiputini, plana, ángulos <math><5^{\circ}</math> Algunos drenajes temporales PEA	30/01/2011		X	X
M-04	439697,00	9907852,00	14:30	Zona estable, se encuentran pastos presentes en el área	30/01/2011		X	
M-05	439704,45	9907844,89	14:30	Área de suelo firme, arcilloso de color café claro	30/01/2011		X	
M-06	435511,00	9908950,00	11:00	Bosque alto de zona inundable que se encuentra a 2cm de la capa vegetal	31/01/2011	X	X	
M-07	399720,42	9926039,25	11:00	Bosque alto, zona de inundación, color café oscuro, a 2 cm de capa vegetal negra.	01/02/2011	X	X	
MS-01	441444,58	9907158,79	12:00	Bosque alto, zona de inundación, material mojado por la lluvia, composición arcilloso, color café oscuro, se encuentra también restos de hojas y raíces, 2 cm de capa vegetal negra.	11/02/2011	X	X	X
MS-04	430634,79	9913426,95	15:00	Zona inundable a 1 cm de la capa vegetal se encuentra el suelo	11/02/2011	X	X	
MS-07	439504,88	9910614,79	11:00	Bosque alto, zona de inundación, material mojado por la lluvia.	12/02/2011	X	X	X

Fuente: Energy, 2011

Es importante aclarar que las muestras fueron recolectadas en el área de influencia directa e indirecta, para definir correctamente las unidades de suelos. La información adquirida en el campo también se utilizó para evaluar la capacidad y el uso de los suelos y su viabilidad en referencia a obras civiles, tomando en cuenta las características geomorfológicas y que a la vez sean representativas de las condiciones del suelo con el objeto de tener resultados que caractericen las unidades de suelos y su relación con la morfología en la zona de influencia.

La capacidad de uso de suelo se determinó considerando las propiedades físico-químicas del suelo e incluye una descripción de su potencial para sostener actividades agrícolas.

Para la evaluación de la viabilidad de los suelos se consideró la construcción de infraestructura de desarrollo. Para esto se analizó la dureza del suelo, su estabilidad, la pendiente de la zona, el patrón de drenaje y la susceptibilidad a inundación.

FIGURA 3.1.9.- MAPA DE SUELOS



Fuente: Energy, 2011

3.1.7.1 Descripciones de las muestras de suelo In Situ

Geológicamente la mayoría de las muestras corresponden a la Unidad de Depósitos Aluviales y de Pantano. Y fisiográficamente se ubican en colinas medias a bajas, llanuras de esparcimiento, terrazas indiferenciadas y niveles aluviales bajos o pantanos. Las muestras obtenidas y etiquetadas se realizaron de la siguiente manera:

Código: PTC-001 Zona de bosque alta, plana y firme, tierra seca, el material es arcilloso, color café claro, se encuentra también restos de hojas y raíces, 1 o 2 cm de capa vegetal negra.

Código: PTC-002 Sector de bosque alto, plana y firme, tierra húmeda por lluvia, suelo orgánico vegetal color negro 2cm, suelo arcilloso, presencia de raíces.

Código: PTC-003 Sector de bosque alto, zona plana y firme tierra seca, el material es arcilloso, color café oscuro, se encuentra también restos de hojas y raíces, 1 o 2 cm de capa vegetal negra.

Código: PTC-004 Sector de bosque alto, zona inundable, el material es arcilloso, color gris oscuro. Posible lugar de abastecimiento de sal para animales.

Código: PTC-006 Zona de inundación en invierno posiblemente suelo firme y húmedo, 2 cm de capa vegetal negra, estrato arcilloso color café oscuro con hojas y raíces.

En anexos ver mapa de ubicación de muestras de suelo.

3.1.7.2 Análisis de Laboratorio

Se analizó un total de 25 muestras de suelos en laboratorio, las mismas que se enviaron a 3 diferentes laboratorios para determinar los diferentes parámetros agronómicos, mecánica de suelos y químicos. Las muestras se utilizaron para establecer información de línea base y clasificar los suelos, por lo que fueron analizadas en cuanto a las propiedades agronómicas y mecánica de suelos y determinar la viabilidad de los suelos en cuanto a actividades de construcción. Las muestras fueron utilizadas para determinar posibles áreas de contaminación análisis químico, para lo cual se analizó el contenido de metales pesados e hidrocarburos.

Los parámetros agronómicos fueron analizados en el Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas del INIAP, mientras que las características geotécnicas se determinaron en el Laboratorio Mecánica de Suelos Ensayo de Materiales de la EPN, y los químicos para hidrocarburos y metales en el de Química Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCE. Todos estos laboratorios están localizados en Quito, Ecuador.

3.1.7.3 Clasificación física de los suelos

El comportamiento de los suelos es bastante complejo y depende de la naturaleza granular y la coexistencia de partículas sólidas con fluido intersticial que están contenidos en el suelo y que tienen naturaleza líquida como gaseosa. El entendimiento actual del comportamiento de los suelos ha evolucionado a través del siglo XX.

En este caso, para la clasificación se usará el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS (IRAM 10509 y ASTM D 2487 y 2488), que es el de uso más extendido en la práctica geotécnica. Fue inicialmente propuesto por Arthur Casagrande en 1932, tentativamente adoptado por el Departamento de ingeniería de los EEUU en 1942 y definitivamente presentado a la ASCE en 1948 (Casagrande 1932, 1948). La U.S. Army Corps of Engineers comenzó a emplearla en 1953 en tanto que la U.S. Bureau of Reclamation lo hizo en 1974.

El sistema de clasificación está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos.

Para este caso es de importancia, la separación por el contenido de materiales finos, definido como el correspondiente a partículas de diámetro equivalente menor a 0,075 mm o partículas que pasan por el tamiz #200. Si menos del 50% en peso del suelo pasa el tamiz #200, entonces el suelo es “grueso” y se subclasifica en arena o grava usando el tamiz #4. De otro modo, el suelo es “fino” y estos materiales se subclasifican en limo o arcilla, usando los criterios de los límites de plasticidad y que son determinados en laboratorio. La figura 3.1.10, presenta un esquema simplificado del SUCS.

FIGURA 3.1.10.- ESQUEMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS). TOMADO DE NARSILIO Y SANTAMARINA

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)				
División Principal.	Símbolo.	Criterios de Clasificación		Descripción
		Requisitos Suplementarios		
GRANO FINO: Más del 50% en peso menor que el tamiz 200 (0,074mm).	BAJA COMPRESIBILIDAD: L.L. < 50	ML	Bajo la línea A. L.L. < 50	Limos , arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas, Limos micáceos.
		CL	Sobre la línea A. L.L. < 50	Arcillas de baja plasticidad, arcillas Arenosas o Limosas.
		OL	Bajo la línea A. L.L. < 50. Olor o color a sustancia orgánica.	Limos orgánicos y arcillas de baja plasticidad.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)				
DIVISIÓN PRINCIPAL.	SÍMBOLO	CRITERIOS DECLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
		REQUISITOS SUPLEMENTARIOS		
GRANO FINO: Más del 50% en peso menor que el tamiz 200 (0,074mm).	ALTA COMPRESIBILIDAD: L.L. > 50	MH	Bajo la línea A. L.L. > 50.	Limos micáceos. Limos de diatomeas. Cenizas volcánicas.
		CH	Sobre la línea A. L.L. > 50.	Arcillas muy plásticas. Arcillas arenosas.
		OH	Bajo la línea A. L.L. > 50. Olor o color a sustancia orgánica.	Limos orgánicos. Arcillas de alta plasticidad.
SUELOS CON MATERIA ORGÁNICA FIBROSA	Pt	Materia orgánica fibrosa; se carboniza, quema o se pone incandescente		Turba. Turbas arenosas. Turbas arcillosas.

Fuente: Energy, 2011

Los resultados obtenidos del ensayo geotécnico se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 3.1.4.- RESULTADOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN SUCS, PARA LAS MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN LA ETAPA DE RECONOCIMIENTO DE CAMPO.

Muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Tamiz # 4 (%)	Tamiz # 40 (%)	Tamiz # 200 (%)	Pasa # 200 (%)	Índice Plástico (%)	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	SUCS
2201-S1	0,35	39,4	0,1	0,7	6,4	88,0	29	70	42	OH
2201-S2	0,30	42,8	0,0	0,5	8,4	85,7	17	47	29	OL
2201-S3	0,45	29,3	0,1	0,4	8,1	86,4	29	64	35	OH
2201-S4	0,50	33,8	4,6	3,2	8,7	67,0	23	55	32	OH
2201-S6	1,50	41,6	0,2	23,2	4,9	50,1	31	62	31	CM-MH
2201-S7	0,40	41,6	2,3	2,0	3,8	84,0	26	57	31	MH-CH
2201-S9	0,35	31,3	0,1	0,9	2,3	92,9	24	59	36	OH
PTC-001	0,50	51,1	6,1	3,3	2,1	71,1	9	70	61	MH
PTC-002	0,50	39,9	0,4	0,2	8,0	89,6	23	41	19	CL-OL
PTC-003	0,40	27,3	0,6	0,3	8,7	86,5	16	43	27	OL
PTC-004	0,45	50,2	0,0	0,9	13,0	83,0	20	66	46	OH
PTC-006	0,40	38,5	0,0	0,3	4,5	93,7	37	73	36	OH
PTC-007	0,50	43,2	1,5	0,4	1,3	92,3	37	78	40	OH
PTC-008	0,45	34,4	0,0	0,4	7,7	90,2	24	57	33	OH
PTC-009	0,50	53,7	0,0	0,2	5,0	94,0	30	78	47	OH
M-01	0,45	20,4	0,0	0,9	3,6	90,4	20	54	34	OH
M-02	0,50	23,8	0,0	0,4	3,3	92,1	23	54	31	OH
M-03	0,50	115,5	0,0	0,1	1,7	96,3	34	84	51	OH
M-04	0,50	49,4	0,0	0,2	5,6	92,3	37	93	56	OH
M-05	0,50	30,5	0,0	0,2	11,0	85,3	21	55	34	OH
M-06	0,50	28,6	0,0	8,0	8,8	75,5	15	40	25	CL
M-07	0,50	52,8	0,0	0,1	9,7	85,4	30	69	39	OH
MS-01	0,50	3,40	0,0	0,4	5,7	90,2	27	65	38	OH
MS-04	0,50	53,1	0,0	0,0	4,7	94,0	11	53	42	OH
MS-07	0,50	50,0	0,0	0,0	0,7	98,7	24	77	53	OH

Fuente: Energy, 2011

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre los Límites Líquidos y Plásticos de los suelos (es conocido como el Límite de Atterberg). Este índice tiene una relación inversa con la permeabilidad y compresibilidad del suelo; mientras más bajo es el valor del IP más alto son los valores de permeabilidad y compresibilidad o viceversa.

Un suelo con un IP entre 0-3 es no plástico; entre 4-15 ligeramente plástico, entre 15-30 moderadamente plástico y superior de 30 es altamente plástico.

Este parámetro en las muestras analizadas va entre los valores bajos de 9% a valores altos de 37%, lo que representa un IP ligeramente plástico a moderadamente plástico.

3.1.7.4 Clasificación SUCS

De los resultados se puede observar fácilmente que existe una uniformidad en cuanto a la clasificación de los suelos, siendo estos en su mayor parte arcillas y limos orgánicos de alta plasticidad (OH) correspondientes en su gran mayoría a las zonas de colinas bajas, que se caracterizan por tener una capa orgánica importante, además de una fuerte concentración de material fino. Estos materiales corresponden a suelos finos con contenido de materia orgánica y de alta compresibilidad.

En menor número se encuentran suelos compuestos de material fino (limos y arcillas) orgánicos de baja plasticidad (OL), entendiéndose que presentan una mejor respuesta ante la compactación, pero que se ubican en sectores muy específicos representando únicamente situaciones particulares de los sitios donde se tomaron las muestras. Adicionalmente se tienen suelos con características particulares y puntuales que estarían relacionadas a pequeñas diferencias litológicas y principalmente en el contenido de materia orgánica del suelo y en menor grado a la compresibilidad ya que esta se mantiene en la mayor parte de casos.

TABLA 3.1.5.- ENSAYO TRIAXIAL

Tipo de Ensayo: Triaxial UU S / SAT

Muestra:	M-06	Ds (cm) =	3,54	Wo (gr) =	146,95
		Dm (cm) =	3,53	Vo (cm ³) =	77,49
		Di (cm) =	3,57	W % =	26,94
		Hm (cm) =	7,88	& (gr/cm ³) =	1,896
		Ao (cm ²) =	9,83	σ_3 (kg/cm ²) =	0,5

LECT. DIAL	CARGA (Kg)			DEFORMAC (mmx10-2)	DEF. UNIT. (%)	AREA. CORR. (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0,000		0,00		0	0,00	9,83	0,00
0,035		3,57		10	0,13	9,85	0,36
0,055		5,61		20	0,25	9,86	0,57

LECT. DIAL	CARGA		DEFORMAC	DEF. UNIT.	AREA. CORR.	ESFUERZO	
0,063		6,43		30	0,38	9,87	0,65
0,071		7,24		40	0,51	9,88	0,73
0,074		7,55		50	0,63	9,90	0,76
0,083		8,47		75	0,95	9,93	0,85
0,090		9,18		100	1,27	9,96	0,92
0,097		9,89		125	1,59	9,99	0,99
0,101		10,30		150	1,90	10,02	1,03
0,111		11,32		175	2,22	10,06	1,13
0,114		11,67		200	2,54	10,09	1,16
0,122		12,44		250	3,17	10,16	1,23
0,127		12,95		300	3,81	10,22	1,27
0,134		13,67		350	4,44	10,29	1,33
0,139		14,18		400	5,08	10,36	1,37
0,143		14,59		450	5,71	10,43	1,4
0,148		15,10		500	6,35	10,50	1,44
0,156		15,91		600	7,61	10,64	1,49
0,162		16,52		700	8,88	10,79	1,53
0,168		17,14		800	10,15	10,94	1,57
0,173		17,65		900	11,42	11,10	1,59
0,177		18,05		1000	12,690	11,262	1,603

Muestra: M-06

Ds (cm) =	3,52	Wo (gr) =	146,68
Dm (cm) =	3,57	Vo (cm3) =	78,19
Di (cm) =	3,54	W % =	26,97
Hm (cm) =	7,87	& (gr/cm3) =	1,876
Ao (cm ²) =	9,94	σ_3 (kg/cm ²) =	1,00

LECT. DIAL	CARGA (Kg)		DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNIT. (%)	AREA. CORR. (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	
0,000		0,00		0	0,00	9,94	0,00
0,050		5,08		10	0,13	9,95	0,51
0,064		6,51		20	0,25	9,96	0,65
0,072		7,39		30	0,38	9,97	0,74
0,092		9,34		40	0,51	9,99	0,94
0,103		10,46		50	0,63	10,00	1,05
0,114		11,63		75	0,95	10,03	1,16
0,131		13,41		100	1,27	10,06	1,33
0,137		13,96		125	1,59	10,10	1,38
0,146		14,92		150	1,91	10,13	1,47
0,150		15,33		175	2,22	10,16	1,51
0,157		16,01		200	2,54	10,19	1,57
0,165		16,83		250	3,18	10,26	1,64
0,173		17,65		300	3,81	10,33	1,71
0,180		18,34		350	4,45	10,40	1,76
0,189		19,29		400	5,08	10,47	1,84
0,193		19,71		450	5,72	10,54	1,87
0,199		20,25		500	6,35	10,61	1,91
0,207		21,07		600	7,62	10,76	1,96
0,215		21,89		700	8,89	10,91	2,01
0,220		22,44		800	10,17	11,06	2,03
0,229		23,40		900	11,44	11,22	2,09

LECT. DIAL	CARGA		DEFORMAC	DEF. UNIT.	AREA. CORR.	ESFUERZO	
0,235		23,95		1000	12,71	11,38	2,10

Muestra: M-06

Ds (cm) =	3,58	Wo (gr) =	151,12
Dm (cm) =	3,57	Vo (cm ³) =	78,73
Di (cm) =	3,54	W % =	25,99
Hm (cm) =	7,88	& (gr/cm ³) =	1,919
Ao (cm ²) =	9,99	σ_3 (kg/cm ²) =	2,00

LECT. DIAL	CARGA (Kg)		DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNIT. (%)	AREA. CORR. (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0,000		0,00		0	9,99	0,00
0,057		5,81		10	10,00	0,58
0,080		8,15		20	10,02	0,81
0,090		9,20		30	10,03	0,92
0,106		10,82		40	10,04	1,08
0,118		12,00		50	10,06	1,19
0,148		15,05		75	10,09	1,49
0,160		16,37		100	10,12	1,62
0,171		17,47		125	10,15	1,72
0,191		19,44		150	10,19	1,91
0,205		20,87		175	10,22	2,04
0,211		21,53		200	10,25	2,10
0,222		22,63		250	10,32	2,19
0,232		23,62		300	10,39	2,27
0,238		24,28		350	10,46	2,32
0,244		24,93		400	10,53	2,37
0,252		25,70		450	10,6	2,43
0,256		26,14		500	10,67	2,45
0,267		27,24		600	10,81	2,52
0,277		28,23		700	10,97	2,57
0,285		29,11		800	11,12	2,62
0,293		29,88		900	11,28	2,65
0,300		30,65		1000	11,44	2,68

RESUMEN DE RESULTADOS

HUMEDAD:	26,6	(%)
DENSIDAD:	1,897	(gr/cm ³)
COHESION:	0,49	(kg/cm ²)
ANGULO DE FRICCION:	15,38	(°)

Fuente: Energy, 2011.

3.1.7.5 Potencial de Contracción y Expansión

Este parámetro se refiere al comportamiento de los suelos bajo condiciones de alta humedad o cuando se secan. El cambio en volumen que ocurre como resultados de la contracción y expansión se relaciona con el contenido de humedad en el suelo y el

contenido de minerales arcillosos. La cantidad de contracción y/o expansión que le ocurra al suelo afectará el desarrollo de las actividades desde el punto de vista constructivo.

➤ **Calificación de suelos para obras de infraestructura**

La calificación de los Suelos para la construcción y ampliación de vías y plataformas está basada en criterios del Servicio Forestal de los Estados Unidos (US Forest Service, USFS, 1995), donde se analizan los diferentes parámetros que determinan el grado de limitación que presentan los suelos para la realización de las actividades constructivas.

TABLA 3.1.6.- CRITERIOS DE LAS LIMITACIONES DEL SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Parámetros	Grado de Limitación		
	Levemente	Moderado	Severo
Texturas USDA	Bien gruesa (>50% retenido con cernidor #200; retiene >50% del material grueso con el cernidor #4)	Franco arcilloso arenoso, arenoso franco, franco limoso, franco arenoso, arcilloso franco, franco arcilloso	Arcilloso, arcilloso-limoso, limosos. bituminoso (orgánico)
Clasificación Unificada	GW, GP, SW, SP, GC, SC	ML, CL con IP <15% SM	CH, MH, OL, OH, Pt, CL con IP >15%
Índice de Plasticidad	< 3% (NP = no plástico)	3-15%	> 15%
Características del drenaje	Bien drenado	Moderadamente drenado	Pobremente drenado
Pendiente (%)	<25	25-45	>45
Profundidad a la roca (m)	>1.5	0.8-1.5	<0.8
Profundidad al Nivel Freático	>3m	1-3m	<1m
Alcalinidad (ESP)	<10	10-15	>15
Potencial de contracción y expansión	Bajo	Moderado	Alto
Potencial del Movimiento de Masas	Bajo	Moderado	Alto
Potencial de Erosión	Bajo	Moderado	Alto

Clasificación Unificada: GW = Gravas bien graduadas; GP = Gravas mal graduadas; GM = Gravas limosas; GC = Gravas arcillosas; SW = Arenas bien graduadas; SP = Arenas mal graduadas; SM = Arenas limosas; SC = Arenas arcillosas; ML = Limos arenosos; CL = Arcillas limosas; OL = Limos orgánicos; MH = Limos arcillosos; CH = Arcillas francas; OH = Arcillas orgánicas; Pt = Suelos altamente orgánicos; IP = Índice de Plasticidad.

Fuente: Energy, 2011.

El Grado de Limitación de los suelos son clasificados en:

Levemente Limitado: son ideales para la realización de actividades constructivas.

Moderadamente Limitado: presenta condiciones menos favorables que deben ser consideradas durante las actividades constructivas.

Severamente Limitado: presenta una o más de una condiciones desfavorables que obligan a la toma de decisiones en aspectos de localización, diseño, manejo y costo.

Los resultados de los ensayos físicos-mecánicos realizados permiten calificar el grado de limitación que presentan los suelos del área de influencia del proyecto.

TABLA 3.1.7.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA 2201-S1 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA 2201-S2 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA 2201-S3 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Limoso Arcilloso	Severo	Hor. A = Arcillas Limoso Arcilloso	Severo	Hor. A = Limos Arcillas Limosas	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OL	Severo	Hor. A = OH	Severo
Drenaje	Bien drenado	Leve	Mal drenado	Severo	Bueno	Leve
Pendiente (%)	5-10	Leve	0-5	Leve	5-10	Leve
Potencial Contracción – Expansión	Hor. A = Moderada	Moderado	Hor. A = Alto	Severo	Hor. A = Moderado	Severo
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Alto	Severo	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	1-3m	Moderado	< 1m.	Severo	> 1m	Moderado
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 29	Severo	Hor. A: 17	Severo	Hor. A: 29	Severo
Potencial de Erosión	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.8.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA 2201-S4 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA 2201-S6 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA 2201-S7 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Limos Arcilloso	Severo	Arenas Limos y Arcillas.	Moderado - Severo	Hor. B = Limos Arcillas Limosas	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = CH-MH	Severo	Hor. B = MH-CH	Severo
Drenaje	Mal drenado	Severo	Bien drenado	Leve	Moderado	Moderado
Pendiente (%)	0-5	Leve	5 -10	Leve	0-5	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Moderada	Moderado	Moderada	Moderado	Hor. B = Moderada	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Moderado	Moderado	Bajo	Leve
Compresibilidad	Baja	Leve	Baja	Leve	Baja	Leve
Nivel freático (m)	< 1m	Severo	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 23	Severo	31	Severo	Hor. B: 26	Severo

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.9.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA 2201-S9 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-001 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-002 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
------------	--------------------------	---------------------	--------------------------	---------------------	--------------------------	---------------------

PARÁMETROS	MUESTRA 2201-S9 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-001 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-002 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. B = Limoso Arcilloso	Severo	Hor. B = Limos Arcillas Limosas	Severo	Hor. A = Arcilloso Arenoso	Severo
Clasificación Unificada	Hor. B = OH	Severo	Hor. B = MH	Severo	Hor. A = CL-OL	Moderado-Severo
Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Pendiente (%)	5-10	Leve	0-5	Leve	0 - 5	Leve
Potencial Contracción – Expansión	Hor. B = Moderada	Moderado	Hor. B – Alto	Severo	Hor. A = Moderada	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado	Moderada	Moderada
Nivel freático (m)	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 24	Severo	Hor. B: 9	Moderado	Hor. A: 23	Severo

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.10.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA PTC-006 PANTANO	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-003 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-004 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Limoso Arcilloso	Severo	Hor. A = Arcillas Limos	Severo	Hor. A = Limos Arcillas Limosas	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OL	Severo	Hor. A = OH	Severo
Drenaje	Malo	Severo	Bueno	Leve	Pobre	Severo
Pendiente (%)	0-5	Leve	0 -5	Leve	0- 5	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Alto	Severo	Hor. A = Moderado	Moderado	Hor. A = Moderada.	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Moderado	Moderado	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	< 1m	Severo	1-3 m.	Moderado	< 1 m	Severo
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 37	Severo	Hor. A: 16	Severo	Hor. A: 20	Severo

Fuente: Energy 2011.

TABLA 3.1.11.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA PTC-007 (PANTANO)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-008A (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-009A (PANTANO)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Limos Arcillas Limosas	Severo	Hor. A = Limoso Arcilloso	Severo	Hor. A = Arcillas Francas.	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo
Drenaje	Pobre	Severo	Bueno	Leve	Pobre	Severo

PARÁMETROS	MUESTRA PTC-007 (PANTANO)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-008A (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA PTC-009A (PANTANO)	GRADO DE LIMITACIÓN
Pendiente (%)	0-5	Leve	5 - 10	Leve	0 -5	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Alto	Severo	Hor. A = Moderada.	Moderado	Hor. A = Moderada.	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	< 1m	Severo	1-3m	Moderado	<1m	Severo
Índice de Plasticidad (%)	Hor. B: 37	Severo	Hor. A: 24	Severo	Hor. A: 30	Severo

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.12.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA MS-01 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA MS-04 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA MS-07 (BOQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Limoso Arcilloso	Moderado Severo	Hor. A = Arcillas Limosas	Severo	Hor. A = Limos Arcillas Limosas	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo
Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Pendiente (%)	5- 10	Leve	0-5	Leve	5- 10	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Moderada.	Moderado	Hor. A = Moderada	Moderado	Hor. A = Moderada.	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	1-3m	Moderado	< 1m	Severo	1-3m	Moderado
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 27	Severo	Hor. A: 11	Moderado	Hor. A: 24	Severo

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.13.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA M-01 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA M-02 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA M-03 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Arcilloso Limoso	Severo	Hor. A = Arcilloso Limoso	Severo	Hor. A = Arcillas Limosas	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo
Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Pendiente (%)	0 -5 %	Leve	0 -5 %	Leve	0 -5 %	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Moderada	Moderado	Hor. A = Alto	Severo	Hor. A = Alto	Severo
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado

PARÁMETROS	MUESTRA M-01 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA M-02 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA M-03 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 20	Severo	Hor. A: 23	Severo	Hor. B: 34	Severo

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.14.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA M-04 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA M-05 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN	MUESTRA M-06 (PISCINA)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Arcilloso Limoso	Severo	Hor. A = Arcillas Francas.	Severo	Hor. A = Limos Arenosos Arcillas Limosas	Moderado Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = OH	Severo	Hor. A = CL	Moderado
Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Pendiente (%)	0 -5 %	Leve	0 -5 %	Leve	0 -5 %	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Moderada.	Moderado	Hor. A = Moderada.	Moderado	Hor. A = Moderada.	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Bajo	Leve	Bajo	Leve	Bajo	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado	1-3m	Moderado
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 37	Severo	Hor. A: 21	Severo	Hor. A: 15	Moderado

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.15.- CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PARÁMETROS	MUESTRA M-07 (BOSQUE)	GRADO DE LIMITACIÓN
Textura USDA	Hor. A = Arcilloso	Severo
Clasificación Unificada	Hor. A = OH	Severo
Drenaje	Moderado	Moderado
Pendiente (%)	0 -5 %	Leve
Poten. Contracción – Expansión	Hor. A = Moderada	Moderado
Riesgos de Deslizamientos	Baja	Leve
Compresibilidad	Moderada	Moderado
Nivel freático (m)	1-3m	Moderado
Índice de Plasticidad (%)	Hor. A: 30	Moderado

Fuente: Energy, 2011.

De los resultados se puede observar fácilmente que existe una uniformidad en cuanto a la clasificación de los suelos, siendo estos en su mayor parte arcillas y limos orgánicos de alta plasticidad (OH) correspondientes en su gran mayoría a las zonas de colinas bajas, que se caracterizan por tener una capa orgánica importante, además de una fuerte concentración

de material fino. Estos materiales corresponden a suelos finos con contenido de materia orgánica y de alta compresibilidad.

En menor número se encuentran suelos compuestos de material fino (limos y arcillas) orgánicos de baja plasticidad (OL), entendiéndose que presentan una mejor respuesta ante la compactación, pero que se ubican en sectores muy específicos representando únicamente situaciones particulares de los sitios donde se tomaron las muestras.

Adicionalmente se tienen suelos con características particulares y puntuales que estarían relacionadas a pequeñas diferencias litológicas y principalmente en el contenido de materia orgánica del suelo y en menor grado a la compresibilidad ya que esta se mantiene en la mayor parte de casos. Además se observa que en general se tiene un moderado potencial de contracción – expansión, y moderada compresibilidad.

Los suelos de los relieves de colinas bajas a muy bajas presentan un bajo potencial a los deslizamientos.

3.1.7.6 Capacidad de Uso de Suelo

Los suelos de acuerdo a su Capacidad de Uso fueron clasificados en base del sistema de las 8 Clases de los Estados Unidos, con adaptaciones a los patrones topográficos y climáticos de la zona de estudio. El sistema establece grupos, clases y subclases de capacidad de acuerdo a sus limitaciones de: suelos, topografía, drenaje y erosión.

Para la identificación del Uso del Suelo, el área del paisaje de Llanura de Esparcimiento (Sle) cae dentro de la categoría de Uso Factible, no es menos cierto que mientras no exista un Plan de aprovechamiento racional de uso de estos suelos, es preferible se mantenga con la vegetación natural existente, para no causar desequilibrio al medio donde se encuentra, o que su aprovechamiento se limite a actividades agrícolas, poco intensas.

TABLA 3.1.16.- DESCRIPCIONES DE LAS UNIDADES DEL MAPA DE SUELOS

Unidad del Mapa	Suelo y Composición (D – dominante I – inclusión) *		Paisaje	Ocurrencia	Pendiente	Uso Principal Potencial	Otros Usos	USDA Capacidad y Limitaciones
Sp	Hydric Haplohemist Typic Endoaquepts	D D	Suelos de pantanos dominados por vegetación de palmeras o moretales. Estos suelos ocurren en las partes bajas tales como las depresiones de la llanura aluvial, meandros antiguos de decantación bacines, paleocauces, vaguadas entre colinas y pantanos.	Entre las márgenes del Río Napo y Tiputini	0-5% plano. Depresiones cóncavas permanentemente inundadas. Partes amplias de las tierras bajas.	Hábitat de vida silvestre	Caza y pesca.	VIII - Saturados
Sle	Humic Dystrudepts Mollic Hapludalfs Oxyaquic Dystrudepts Oxyaquic Kandiudalfs Typic Endoaquepts Mollic Epiaquepts	D D D D I I	Llanuras de esparcimiento de nivel bajo y medio. Corresponde a una serie de terrazas disectadas	Domina el sector norte del Mapa de Suelos. coincidentes con la llanura de esparcimiento	0-5% plano. a levemente ondulado	Hábitat de vida silvestre. Agricultura y ganadería	Caza. pesca. agua para consumo	IV – Saturados
Slai	Typic Fluvaquents Typic Endoaquents	D I	Llanuras aluviales de inundación del Río Napo. Esta unidad es más alta y con mejor drenaje que la unidad Sp. carece del Histosol de la Sp y la estratificación aluvial de los suelos de la unidad Srp	En terrenos aluviales del Río Napo. Terrazas activas e islas del indicado río.	0-5%. las áreas más altas se encuentran de 1-2 m sobre las áreas bajas	Hábitat de vida silvestre y cultivo	Turismo. Pesca	VIII – Inundados
Slaca	Typic Fluvaquents Typic Endoaquents	D I	Llanuras aluviales de cuencas autóctonas.	En terrazas aluviales del Río Tiputini y Pinduyacu.	0-5%. las áreas más altas se encuentran de 1-2 m sobre las áreas bajas	Hábitat de vida silvestre y cultivo	Turismo. Pesca	VIII – Inundados

Unidad del Mapa	Suelo y Composición (D – dominante I – inclusión) *		Paisaje	Ocurrencia	Pendiente	Uso Principal Potencial	Otros Usos	USDA Capacidad y Limitaciones
Scb	Typic Plinthudults Typic Kandihumults Typic Hapludult	D D I	Colinas bajas disectadas, relieve de 20 a 40 m	En los sectores de las Plataformas Nenke y Apaika	15%-50%. Fuerte. 5 a 20 m de relieve.	Pastos. hábitat de vida silvestre.	Caza.	VII – Erosión
Scma	Typic Plinthudults Typic Kandihumults Typic Hapludult	D D I	Colinas medias y altas, relieve de 40 a 100 m	El sector sur oeste del Mapa de Suelos	20% a 75%. Fuerte. 20 a 40 m de relieve.	Hábitat de vida silvestre. pastos	Caza.	VII – Erosión
<p>Suelos de Pantano, Sle= Suelos de Llanuras de Esparcimiento, Slai = Suelos de Llanuras Aluviales e Islas; Suelos de Llanuras Aluviales Autóctonas; Scb = Suelos de Colinas Bajas; Scma = Suelos de colinas medias a altas.</p> <p>D= Dominante, I=Inclusión</p> <p>Fuente: Energy, 2011</p>								

➤ Suelos de Pantanos de Moretales (Sp)

Esta unidad del Mapa de Suelos se identifica en un área pantanosa con vegetación de palmas de morete. Los pantanos de moretales ocurren en las partes cóncavas bajas del terreno, tales como llanuras aluviales, meandros y paleocauces. La vegetación es dominada por la especie de palma *Mauritia flexuosa*, por lo que esta comunidad vegetal es conocida como “moretal”. La unidad está presente entre las terrazas aluviales jóvenes del Río Napo, especialmente en áreas cóncavas deprimidas. Los suelos de esta unidad se componen de material aluvial de grano fino y de grandes acumulaciones de materia orgánica. Estos suelos son profundos y tienen pendientes de 0 a 5%. El drenaje es muy pobre y se encuentran saturados o inundados por largos períodos, lo que inhibe el desarrollo de horizontes y la descomposición de la materia orgánica.

Los tipos de suelos que predominan en esta unidad del mapa son:

- Hydric Haplohemist y

- Typic Endoaquepts.

El uso de la tierra para esta unidad del mapa es pantano y hábitat de vida silvestre. Hydric Haplohemist no fue descrito dentro del área de estudio mediante perfiles de campo, pero se los encuentra normalmente en pantanos de moretal.

Hydric Haplohemist pertenece al orden de suelos Histosols (ists), los cuales son suelos orgánicos que tienen una capa orgánica de por lo menos 40 cm de espesor y están permanentemente o casi permanentemente saturados con agua. Dentro del área de estudio, estos suelos tienen una alta saturación y altos niveles de nitrógeno disponible (en forma de amoníaco), debido al alto contenido de materia orgánica. Estos suelos son ácidos por los ácidos orgánicos y el agua acidulada. La mayoría de éstos tienen una baja densidad menor a 1 g/cc y tienen una capacidad extremadamente alta de retener agua. Estos suelos orgánicos tienen una baja resistencia al esfuerzo de corte y son susceptibles a hundimientos al existir drenaje. Los hundimientos son ocasionados por la pérdida de volumen de agua y la subsecuente compactación de la columna orgánica.

Los suelos orgánicos realizan ambas funciones importantes hidrológicas y de calidad de agua. Con su alta capacidad de retener agua estos minimizan las inundaciones. El alto contenido de materia orgánica actúa como un sistema de purificación de agua, removiendo varios tipos de contaminantes.

La superficie del suelo está bajo agua la mayor parte del tiempo, por lo que existe poco oxígeno disponible para la descomposición de organismos. En la parte sumergida, los microbios que son capaces de vivir sin oxígeno, agotan los detritos orgánicos por medio de metabolismos anaeróbicos. La descomposición anaerobia es mucho menos efectiva que la descomposición aerobia, por lo que los detritos son agotados lentamente. Como resultado, la materia orgánica en el suelo de estas comunidades, a menudo se convierte en un manto grueso en la superficie del substrato.

Esta lenta descomposición y reconstrucción de la materia orgánica sirve para incrementar la acidez del agua en estas comunidades de microorganismos. Cuando la descomposición de la materia orgánica ocurre, se liberan ácidos húmicos como residuos de la

descomposición. Éstos sirven para bajar el pH (acidificar) de la superficie del agua en estas comunidades. Todo el oxígeno que es disuelto en el agua, es rápidamente descompuesto para facilitar la respiración aerobia, y el dióxido carbónico es producido como un subproducto aerobio metabólico. El dióxido de carbono es rápidamente disuelto en el agua y forma ácido carbónico. La descomposición anaerobia también produce sustancias como metano y sulfuro de hidrógeno, los cuales se disuelven en el agua para incrementar los iones de hidrógeno en la solución.

El otro suelo importante Typic Endoaquepts pertenece al orden de suelos Inceptisols (epts), los cuales muestran un desarrollo incipiente. En estos suelos están presentes pantanos de moretal más pequeños y mejor drenados que el Hydric Haplohemists. Éstos no permanecen frecuentemente saturados, tienen de moderada a alta capacidad de retener agua, y el escurrimiento es muy lento, así como la permeabilidad. Estos suelos tienen una pequeña capa orgánica, muy rica, cubriendo una subcapa poco desarrollada y muy moteada. Estos suelos tienen una alta saturación de base y un alto contenido de nitrógeno disponible en la superficie de la capa, debido al alto contenido de materia orgánica, y son ácidos por los ácidos orgánicos y el agua acidulada.

➤ **Suelos de Llanuras de Esparcimiento (Sle)**

Son característicos de áreas relativamente planas con suaves ondulaciones de pendientes que varían entre 0 y 15%, en llanuras de esparcimiento de nivel bajo a medio.

Los suelos de esta unidad se encuentran saturados e incluyen los subgrupos Humic Dystrudepts, Mollic Hapludalfs, Oxyaquic Dystrudepts y Oxiaquic Kandudalfs con Typic Endoaquepts y Mollic Endoaquepts presente como inclusiones en áreas con drenaje muy pobre. Estos suelos están moderadamente bien drenados (las inclusiones Typic Endoaquepts y Mollic Epiaquepts están pobremente drenadas), y tienen de moderada a muy alta capacidad de retención de agua. Los Endoaquepts están descritos en los suelos de pantanos.

Estos suelos se formaron (génesis) de aluviales y coluviales viejos y son empleados comúnmente en actividades agrícolas o para asentamientos humanos y colonización.

Los Oxiaquic Kandialfs son suelos que se forman en aluviales, en áreas relativamente planas. La vegetación es de bosque maduro, con un dosel bastante denso y casi cerrada, y en el suelo hay un lecho de hojas. La secuencia de horizontes es A/Bt/C. Estos suelos son bastante húmedos a través del perfil, y tienen un drenaje moderadamente bueno. La capacidad de retención de agua es alta, la escorrentía es lenta, y la permeabilidad es baja.

Los Humic Dystrudepts se presentan en pendientes suaves. Éstos son de pobremente a moderadamente bien drenados, son ricos en arcilla, y tienen de moderada a alta capacidad de retención de agua. El escurrimiento es medio y la permeabilidad es lenta. Son ácidos a lo largo de todo el perfil, y tienen suficiente nitrógeno disponible en la capa superficial y bajos niveles en la parte inferior. La mayoría de los perfiles descritos pertenecen a este tipo de suelos.

Los suelos Oxyaquic Dystrudepts están formados en aluviales, algunos de los cuales provienen de los Andes, en donde se ha originado este material, que da a los suelos una alta saturación base. Estos suelos son, de alguna manera, pobremente drenados, la capacidad de retención de agua es moderada, la escorrentía es lenta, y la permeabilidad es también moderada. Estos suelos son ácidos y bajos en nitrógeno disponible a través de todo el perfil.

El otro suelo dominante, Mollic Hapludalfs se presenta en superficies planas. Éstos son moderadamente bien drenados, son ricos en arcilla, y tienen de moderada a alta capacidad de retención de agua. El escurrimiento es lento y la permeabilidad es lenta. Son moderadamente ácidos y tienen bajo nitrógeno disponible a lo largo de todo su perfil.

➤ **Suelos de las Llanuras Aluviales e Islas (Slai)**

Los suelos de esta unidad se presentan en las llanuras aluviales activas del Río Napo. Las llanuras, incluyendo islas del Río Napo, son anchas, de planas a cóncavas, con inclinaciones de 0 a 5% y se inundan periódicamente. Sin embargo, esta llanura de inundación se encuentra generalmente entre 1 y 2 m por encima de la unidad definida como suelos de los ríos de llanuras autóctonas (Slaca). La vegetación es típica de bosque

maduro de tierras bajas y de bosque secundario. Los suelos son usados normalmente para agricultura, corte y hábitat de vida silvestre.

Los suelos identificados en esta unidad se agrupan dentro del subgrupo Typic Fluvaquents con Typic Endoaquents. Typic Fluvaquents pertenecen al orden de suelos Entisol (ents). Éstos incluyen suelos que son generalmente muy jóvenes y que carecen de desarrollo de suelo. Además incluyen los horizontes A/C1/C2/2Ab/2C. Typic Fluvaquents está presente en sitios bajos que reciben depósitos de sedimentos y el Typic Endoaquents está presente lejos del río y en sitios altos pero están lo suficientemente bajos para presentar niveles freáticos. Los suelos formados en aluviones recientes y, en parte, de los aluviones de origen volcánico de los Andes, poseen una alta presencia de material volcánico. La saturación base se extiende hasta que el complejo de adsorción del suelo es saturado con cationes intercambiables diferentes a hidrógeno y aluminio. Mientras más alta es la saturación base, mayor es la disponibilidad de cationes esenciales para las plantas.

Estos suelos son pobremente drenados y tienen una capacidad de almacenamiento de agua que va de alta a baja. El escurrimiento es lento y la permeabilidad es de moderada a alta. Éstos están estratificados y tienen un alto contenido de cieno y arena. Son neutros a moderadamente ácidos y el nitrógeno disponible es bajo en todo el perfil.

Los suelos Typic Endoaquents son inclusiones en esta unidad. Se forman sobre el aluvial del Río Napo y se encuentran en áreas planas, bajas y cóncavas, que se inundan frecuentemente. La vegetación que cubre estos suelos es típica de bosques tropicales siempre verde de áreas bajas e incluye palmas y vegetación de bosque maduro de la llanura aluvial. Los suelos son húmedos de drenaje pobre. La capacidad de retención de agua es alta, la esorrentía es lenta, y la conductividad hidráulica es muy baja. La textura varía entre franco-limosa (A) y franco-arcillosa (Bw/Bg/C).

➤ **Suelos de la Llanuras Aluviales de Cuencas Autóctonas (Slaca)**

Los suelos de esta unidad se encuentran en las terrazas planas de los ríos y en llanuras aluviales de los bacines de los ríos autóctonos con pendientes de 0 a 10. Las llanuras aluviales se inundan anualmente o cada dos años y las terrazas bajas se inundan menos

frecuentemente. La vegetación es de bosque maduro. Esta unidad es usada básicamente como cuenca y hábitat para la vida salvaje.

Los suelos Fluvaquents y Endoaquepts se presentan en llanuras de inundación y tienen texturas de finas a muy finas (35% a >60% de arcilla). Éstos son pobremente drenados y tienen una alta capacidad de retención de agua. El escurrimiento es lento y la permeabilidad es muy lenta. Estos suelos son ácidos en todo su perfil y tienen una disponibilidad de nitrógeno de moderada a alta, en la capa superficial, debido a los altos niveles de materia orgánica.

➤ **Suelos de las Colinas Bajas (Scb)**

Los suelos de esta unidad se formaron de residuos de rocas del Mioceno de las formaciones Chambira, Curaray y Mesa, las cuales están compuestas de arcillolitas, limolitas, areniscas y conglomerados. Éstos están presentes en el área de estudio en colinas con relieves de 20 a 40 m y pendientes de 10 a 30%. La vegetación es predominantemente de bosque maduro. Esta unidad es principalmente utilizada como hábitat para vida silvestre.

El suelo dominante en esta unidad pertenece a los subgrupos Typic Plinthudults, los cuales ocupan la mayoría de la unidad y Typic Kandihumults, que constituyen la mayoría de la porción remanente. El Typic Hapludults se presenta como una inclusión y está descrita en la unidad (Scma). Todos estos suelos pertenecen al orden Ultisols (ults), los cuales son suelos altamente erosionados y poseen una extensiva filtración, debido a lo cual, tienen una muy baja saturación de base.

Los suelos dominantes en esta unidad, Typic Plinthudults, son ricos en arcilla, son moderadamente bien drenados y poseen una moderada capacidad de retención de agua. La porción baja del horizonte B (horizonte Bv) en estos suelos es plintita. Plintita es rico en hierro, humus pobre en la mezcla de arcilla y cuarzo. Comúnmente se presenta como motas rojo oscuras y reducciones características gris claro. Plintita cambia irreversiblemente a una hematita muy dura ante exposiciones repetidas de humedecer y secar, si adicionalmente se expone al calor solar. El material plintita en estos suelos

probablemente se formó durante un tiempo en que el nivel freático era más alto. Posteriormente, el nivel freático descendió por la subida de tierra y la subsecuente incisión de drenajes.

El escurrimiento es de medio a rápido y la permeabilidad es muy lenta para estos suelos, éstos tienen una saturación de base relativamente alta en la capa superficial, debido a la presencia de materia orgánica, y una baja saturación de base en la parte inferior. Son ácidos a lo largo de todo el perfil debido a la extensiva filtración. Generalmente tienen suficiente nitrógeno disponible en la delgada capa superficial

➤ **Suelos de Colinas Medias y Altas (Scma)**

Los suelos de esta unidad se formaron de rocas residuales del Mioceno de las Formaciones Chambira y Curaray, las cuales están compuestas de arcillolitas, limolitas, areniscas y conglomerados. Éstos se presentan a lo largo del área de estudio, en colinas empinadas, con relieves de 40 a 100 m y pendientes del 20 al 60%. Los deslizamientos y derrumbes son comunes en este tipo de suelos. La vegetación es predominantemente de bosque maduro. Esta unidad es usada principalmente para las cuencas y hábitat de vida salvaje.

El suelo dominante en esta unidad pertenece al subgrupo Typic Plinthudults, y al orden Ultisols (ults), los cuales son suelos altamente erosionados que conducen una filtración extensiva y por eso tienen una muy baja saturación de base. La parte baja del horizonte B (horizonte Bv) en estos suelos es plintita, el cual fue explicado anteriormente en la unidad Scb. Typic Hapludults es una inclusión y está presente cuando la plintita no lo está.

El suelo dominante en esta unidad Typic Plinthudults es rico en arcilla, está moderadamente bien drenado, y tiene una moderada capacidad de retención de agua. El escurrimiento es de mediano a rápido y la permeabilidad es muy lenta. Éstos tienen una saturación de base relativamente alta en la capa superficial, debido a la presencia de materia orgánica, y una baja saturación de base más abajo. Son ácidos a lo largo de todo el perfil, debido a la extensiva filtración. Generalmente tienen suficiente nitrógeno disponible en la delgada capa superficial.

La inclusión en esta unidad Typic Hapludults es similar al de Typic Plinthudults con la salvedad de que el Typic Hapludults no tiene plintita. Históricamente, estos suelos no tenían nivel freático, y por eso la plintita no se desarrolló.

Los otros suelos, Typic Kandihumults tienen un horizonte kandic. Éste es un horizonte de la subsuperficie, con una baja capacidad de intercambiar cationes. La baja capacidad de intercambiar cationes, indica la presencia de minerales de arcilla altamente erosionados. Estos suelos son ricos en arcilla, y están moderadamente bien drenados, pues tienen una moderada capacidad de retención de agua. El escurrimiento es de medio a rápido y la permeabilidad es muy lenta. Tienen una saturación de base relativamente alta en la capa superficial, debido a la presencia de materia orgánica y una baja saturación de base más abajo. Son ácidos a lo largo de todo el perfil. Generalmente tienen suficiente nitrógeno disponible en los 50 cm superiores.

Los tipos de suelos identificados en el área de estudio se han clasificado a nivel de subgrupos y familias, y se presentan en orden alfabético en la Tabla 3.1.17. Una descripción de cada subgrupo de suelo se detalla en la descripción de las unidades de suelo.

TABLA 3.1.17.-CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Orden	Suborden	Grupo Mayor	Subgrupo	Familias	Unidad del Mapa
Alfisols	Udalfs	Hapludalfs	Mollic Hapludalfs	Fino, mixto, semiactivo, iso-hipertérmico	Sle
		Kandiudalfs	Oxyaquic Kandiudalfs	Fino, mezclado, iso-hipertérmico	Sle
Entisols	Aquepts	Fluvaquepts	Typic Fluvaquepts	Fino-franco, subactivo, mezclado, iso-hipertérmico	Slai
		Endoaquepts	Typic Endoaquepts	Fino-franco, subactivo, mezclado, iso-hipertérmico	Slai
Histosols	Hemists	Haplohemists	Hydric Haplohemists		Sp
Inceptisols	Aquepts	Endoaquepts	Fluvaquentic Endoaquepts	Fino-franco y fino. Mezclado, superactivo, iso-hipertérmico	Slaca
			Typic Endoaquepts	Fino. Mezclado, semiactivo y super activo, iso-hipertérmico	Sp Sle
		Epiaquepts	Mollic Epiaquepts	Fino-franco, mezclado, semiactivo. iso-hipertérmico	Sle
	Udepts	Eutrudepts	Oxyaquic Eutrudepts	Arenoso y fino-franco, subactivo, mezclado, iso-hipertérmico	Scb Scma
	Udepts	Dystrudepts	Humic Dystrudepts	Fino, mezclado, semiactivo, iso-hipertérmico	Scb Scma
			Oxyaquic Dystrudepts	Fino, mezclado, semiactivo. iso-hipertérmico	Sle
Ultisols	Humults	Kandihumults	Typic Kandihumults	Muy fino, kaolínico, ácido, iso-hipertérmico	Scb Scma

Orden	Suborden	Grupo Mayor	Subgrupo	Familias	Unidad del Mapa
	Udults	Plinthudults	Typic Plinthudults	Fino, kaolínico, ácido, activo, iso-hipertérmico	Scb Scma
		Hapludults	Typic Hapludults	Fino, kaolínico, ácido, activo, iso-hipertérmico	Scb Scma
Suelos de Pantano, Sle = Suelos de Llanuras de Esparcimiento, Slai = Suelos de Llanuras Aluviales e Islas; Suelos de Llanuras Aluviales Autóctonas; Scb = Suelos de Colinas Bajas; Scma = Suelos de Colinas Medias a Altas.					

Fuente: Energy, 2011.

3.1.7.7 Resumen de Suelos

Debido a que los suelos del área de estudio se formaron bajo las mismas condiciones climáticas, iguales o muy similares, el material original y la unidad controlan largamente las variaciones en los suelos. Por lo tanto, los suelos pueden ser clasificados en 4 grandes grupos:

- Suelos desarrollados de material orgánico (Sp);
- Suelos derivados de aluviales originados en los Andes (Slai, Sle);
- Suelos derivados de aluviales altamente erosionados originados en cuencas autóctonas (Slaca); y
- Suelos derivados de rocas sedimentarias del Mioceno (Scb, Scma).

Los suelos dentro de cada grupo presentan las mismas generalizaciones. Los suelos que se han derivado, en parte, de aluviales volcánicos originados en los Andes, y a lo largo del Río Napo, tienen una alta saturación de base, debido al material volcánico. Los suelos que tienen una alta saturación de base poseen una mayor disponibilidad de cationes esenciales para las plantas. Los suelos derivados de aluviales que se han originado de suelos altamente erosionados tienen, por otro lado, baja saturación de base y generalmente tienen mayor cantidad de texturas finas. Los suelos derivados de material orgánico tienen una alta saturación de base, están saturados por largos períodos de tiempo y ocupan los sitios cóncavos inferiores. Inherentemente, el material orgánico tiene una alta saturación de

base. Los suelos derivados de rocas sedimentarias, ocupan colinas y son altamente erosionados, poseen plintita, y tienen una baja saturación de base.

El grado de desarrollo de los suelos puede ser también generalizado con base en el material de origen y accidentes geográficos. La unidad más joven es la llanura aluvial, y los suelos en las llanuras aluviales (Slai), los cuales han formado aluviales jóvenes, no presentan desarrollo, y generalmente tienen textura de limos finos (18 a 35% de arcilla). La siguiente unidad más joven son las terrazas y mesetas (Slaca), y los suelos presentes en esta unidad tienen un incipiente o nulo desarrollo, y tienen texturas de fino limosas a finas (18 a 60% de arcilla). Los suelos de las llanuras de esparcimiento de nivel bajo (Sle) tienen un desarrollo de incipiente a alto y generalmente tienen texturas finas (35 a 60% arcilla). La unidad más vieja son las colinas (Scb y Scma), las cuales contienen los suelos más erosionados y extensamente lixiviados, y texturas de finas a muy finas (35 a >60% de arcilla).

3.1.7.8 Características Agronómicas del suelo

El análisis agronómico de los suelos para este tipo de proyecto tiene cada vez mayor importancia, por las intervenciones antrópicas que prolifera con rapidez en los sectores o distritos petroleros. Dentro de este estudio es importante analizar los suelos para determinar su fertilidad, su comportamiento y evolución. Para este análisis se tomaron muestras, las mismas que fueron enviada al INIAP, los resultados se presentan a continuación:

TABLA 3.1.18.- RESULTADOS AGRONÓMICOS, PARA LAS MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN LA ETAPA DE RECONOCIMIENTO DE CAMPO

No. Muest. Laboratorio	Identificación del lote	pH	Ppm			meq/100ml		
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg
84100	2201-S2	4,6 Ac RC	44,00 A	15,00 A		0,05 B	2,20 B	1,20 B
84101	2201-S1	4,7 Ac RC	30,00 B	3,40 B		0,05 B	1,20 B	1,20 B
84102	2201-S3	5,0 Ac RC	23,00 B	1,10 B		0,04 B	2,60 B	2,50 A
84103	2201-S4	4,7 Ac RC	17,00 B	7,50 B		0,04 B	0,79 B	0,68 B
84104	2201-S6	5,2 Ac RC	24,00 B	7,70 B		0,12 B	4,70 B	4,20 A
84105	2201-S7	5,2 Ac RC	14,00 B	3,20 B		0,04 B	2,80 B	2,00 M
84106	2201-S9	5,1 Ac RC	32,00 M	3,20 B		0,05 B	4,20 B	3,80 A
84108	MS-01	4,2 Ac RC	79,00 A	6,30 B		0,06 B	0,76 B	0,34 B

84111	MS-04	5,4 Ac RC	19,00 B	5,90 B		0,04 B	3,10 B	0,67 B
84114	MS-07	5,6 LAc	19,00 B	5,20 B		0,07 B	10,10 A	2,60 A
84115	PTC-001	5,3 Ac RC	13,00 B	8,40 M		0,07 B	5,90 M	4,40 A
84116	PTC-002	5,2 Ac RC	26,00 B	1,10 B		0,12 B	14,40 A	0,84 B
84117	PTC-003	4,5 Ac RC	31,00 M	2,00 B		0,06 B	1,30 B	0,37 B
84118	PTC-004	6,1 LAc	60,00 A	18,00 A		0,09 B	13,30 A	1,50 B
84120	PTC-006	4,5 Ac RC	23,00 B	2,30 B		0,06 B	1,30 B	0,46 B
84121	PTC-007	4,3 Ac RC	39,00 M	1,40 B		0,09 B	1,40 B	0,59 B
84122	PTC-008	4,4 Ac RC	27,00 B	2,30 B		0,11 B	1,20 B	0,40 B
84123	PTC-009 ^a	4,3 Ac RC	47,00 A	3,90 B		0,07 B	0,82 B	0,41 B
84006	M-06	5,7 LAc	17,00 B	4,60 B		0,05 B	5,80 M	3,50 A
84007	M-07	4,6 Ac RC	19,00 B	2,50 B		0,05 B	1,40 B	1,10 B

. Ac = ácido, N = neutro, LAc = ligero ácido, LAI = ligero alcalino, PN = prac. Neutro, Al = alcalino, B = bajo, M = medio, A = Alto, T = tóxico (boro). Metodología: Ph = suelo: agua 1:2.5; S, B = fosfato de calcio; P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn; B = Curcumina
Fuente: Energy, - Marzo 2011

De forma general los resultados muestran que los suelos que se encuentran recolectados se encuentran en el rango de ácidos a ligeramente ácidos (pH 3.1- 5.7). La descripción de los sitios de toma de muestras indican que existe una buena concentración de material fino (arcillas y limos) que aunado con los análisis SUCS, confirman esta afirmación integrando a la composición al componente orgánico en un rango apreciable. El contenido de textura arcillosa y contenido de materia orgánica, generalmente exhiben la mayor capacidad de intercambio de cationes, lo que indica una alta capacidad de absorción.

Las concentraciones más altas de macro nutrientes (N-P-K) se encuentran en los suelos superficiales, horizonte A que, a su vez, se asocian con el material orgánico. Estas concentraciones disminuyen con la profundidad, situación que se evidencia en el campo por la disminución de materia orgánica y enraizamiento de plantas y árboles.

TABLA 3.1.19.- RESULTADOS AGRONÓMICOS, PARA LAS MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN LA ETAPA DE RECONOCIMIENTO DE CAMPO

No. Muest. Laboratorio	meq/100ml			Ca+Mg/K	meq/100ml Σ Bases
	Al+H	Al	Na		
84100	6,30 T			68,00	9,75
84101	7,60 T			48,00	10,05
84102	2,60 T			127,50	7,74
84103	3,50 T			36,75	5,01
84104	2,00 T			65,83	10,02
84105	2,10 T			120,00	6,94
84106	3,30 T			160,00	11,35
84111	1,10 M			94,25	4,91
84114				181,43	12,77
84115	1,20 M			147,14	11,57
84116	5,00 T			127,00	20,36
84117	9,40 T			27,83	11,13
84118				164,44	14,89
84119				296,67	17,86
84120	14,50 T			29,33	16,32
84121	18,20 T			22,11	20,28

No. Muest. Laboratorio	meq/100ml			Ca+Mg/K	meq/100ml
	Al+H	Al	Na		∑ Bases
84122	16,00 T			14,55	17,71
84123	15,40 T			17,57	16,70
84006				186,00	9,35
84007	8,60 T			50,00	11,15

Fuente: Energy, 2011.

Acidez Total: La acidez total es muy similar a la acidez extraíble (aluminio e hidrógeno) en un suelo. Los suelos que tienen una alta acidez total presentan un alto riesgo de corrosión. Este parámetro se utilizó para la interpretación de la viabilidad de suelos en cuanto al soterramiento de las estructuras metálicas. Estos suelos presentan concentraciones moderadas a tóxicas de (Al +H).

Fertilidad Inherente del Suelo: Es un criterio utilizado para determinar el potencial de recuperación vegetal en el suelo. La calidad de las propiedades de los suelos naturales es muy importante para la viabilidad y el desarrollo de las plantas.

La agrupación de suelos en clases de capacidad, se basa principalmente en su capacidad para producir cultivos comunes y pastos, sin deteriorar el suelo por largos periodos de tiempo. El riesgo tiene que ver con la destrucción de los suelos o que las limitaciones se incrementen progresivamente de la clase I a la clase VIII.

3.1.7.9 Capacidad del Suelo

De acuerdo con el Sistema utilizado, los Grupos de Capacidad son 4, los que se subdividen a su vez en clases y subclases, así:

- Tierras apropiadas para cultivos anuales y otros usos, en los que se incluyen las clases I a la IV.
- Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pasto y aprovechamiento forestal. Se incluyen las clases V y VI.
- Tierras marginales para uso agropecuario, aptas generalmente para uso forestal. Se incluye a la clase VII.

- Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal. Áreas de protección. Clase VIII.

Las subclases de capacidad están determinadas de acuerdo con la naturaleza de las limitaciones como: Suelos (profundidad, fertilidad, textura), drenaje (dificultad del movimiento del agua a través del suelo), peligros de inundación y peligro de erosión. En el área de estudio todos los suelos presentan limitaciones por el clima muy lluvioso.

Los suelos relacionados al paisaje natural como son: Pantanos (Sp), Llanuras Aluviales Autóctonas (Slaca) y Llanuras Aluviales e Islas (Slai) han sido incluidos en la clase VIII, subclases VIIsd y VIIdi por limitaciones de drenaje (pobre a muy pobremente drenados), por el suelo (baja fertilidad, textura fina) así como por peligros de inundaciones periódicas o eventuales que ocasiona el agua de lluvia o por los ríos en creciente.

La vegetación natural en estas áreas con problemas de drenaje, están constituidas por especies vegetales de hábitat hidrófilo como los moretes cuyas características fisonómicas corresponde a la formación de bosque húmedo tropical.

Los suelos ubicados en Colinas bajas a muy bajas (Scb) y suelos de Colinas medias a altas (Scma), han sido incluidos en las clases VII, subclase VII se por limitaciones de suelos (baja fertilidad) y riesgos bajos a moderados de erosión. Los suelos correspondientes a Llanura de Esparcimiento (Sle) han sido clasificados en la clase IV, subclase IV por limitaciones de suelos, especialmente por el bajo nivel de fertilidad, así como por el clima lluvioso. Esta clase, a pesar de que ubica en el grupo de capacidad de tierras para uso agrícola, presenta muchas limitaciones para el desarrollo normal de cultivos agronómicos, los mismos que requieren de prácticas de manejo.

La mayor parte del área en estudio se encuentra dentro de dos clases: la VIII no aptas para uso agrícola ni explotación forestal, la que ocupa áreas de alta sensibilidad como la zona de Yuturi por la presencia de Lagunas naturales y alta biodiversidad, las zonas con morfologías planas a ligeramente onduladas y cóncavas con problemas de mal drenaje se encuentran dentro de la clase VII apropiada para uso forestal, en áreas de colinas bajas a muy bajas. El área correspondiente a la Llanura de Esparcimiento, presenta condiciones,

con muchas limitaciones, para el desarrollo de algunos cultivos adaptados a las características climáticas de la zona, cuyos suelos han sido clasificados en la clase IV.

3.1.7.10 Características Químicas de los suelos

Las características químicas de los suelos permiten determinar las condiciones ambientales de los suelos que se encuentran en el área de estudio para evaluarlos con respecto a los límites permisibles que la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados (TULAS) lo requiere. El objetivo de este análisis químico fue determinar las condiciones ambientales de los suelos que se encuentran en la zona de estudio, para determinar su condición antes de iniciar las actividades del proyecto (Línea Base). Considerando lo anterior, para el reconocimiento de la zona se realizaron inspecciones directas a varias locaciones representativas del área investigada.

En éstas, el criterio utilizado para identificar una posible contaminación se definió sobre la base de observaciones organolépticas (olfato, visión, tacto) y otras observaciones como el estado de la vegetación natural y de la exposición de los suelos.

Las muestras se tomaron manualmente, las mismas que se embalaron en fundas plásticas, en la que fueron mezcladas para tener una muestra homogénea y se las transportó hasta el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central en la ciudad de Quito, para ser sometidas a análisis químicos y así determinar la cantidad de hidrocarburos totales, metales pesados entre otros. Por consiguiente se escogieron 13 muestras en distintas áreas de influencia al proyecto, donde se realizó calicatas de aproximadamente 50 cm de largo, ancho y profundidad. Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 3.1.20.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

CÓDIGO	pH	CIANUROS (mg/kg)	TPH INFRARROJO (mg/kg)	NIQUEL (mg/kg)	PLOMO (mg/kg)	CROMO (mg/kg)	CADMIO (mg/kg)	VANADIO (mg/kg)	CINC (mg/kg)	COBRE (mg/kg)
2201-S1	5,2	<0,070	<70	<2	9	3	<2	<8	17	7
2201-S4	5,3	<0,070	<70	4	12	7	<2	40	36	15

CÓDIGO	pH	CIANUROS (mg/kg)	TPH INFRARROJO (mg/kg)	NIQUEL (mg/kg)	PLOMO (mg/kg)	CROMO (mg/kg)	CADMIO (mg/kg)	VANADIO (mg/kg)	CINC (mg/kg)	COBRE (mg/kg)
2201-S6	5,7	<0,070	<70	7	<9	5	<2	30	29	19
2201-S9	6,2	<0,070	<70	4	16	5	<2	21	29	22
PTC-001	5,9	<0,070	<70	3	16	4	<2	35	32	6
PTC-002	5,3	<0,070	<70	<2	11	5	<2	<8	10	3
PTC-004	5,1	<0,070	<70	8	10	4	<2	<8	25	8
PTC-007	5,4	<0,070	<70	<2	9	3	<2	18	10	7
M-01	5,6	<0,017	<70	<2	10	2,3	<2	18,6	17	8
M-02	5,8	0,053	<70	3	9	2,7	<2	15	16,5	7
M-03	5,0	<0,017	<70	5	<9	5,6	<2	<8,3	21	12,9
MS-01	6,0	<0,070	<70	<2	<9	4	<2	<8	2	3
MS-07	6,0	<0,070	<70	7	10	5	<2	44	42	24

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.21. -DATOS COMPARATIVOS DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Parámetro	Unidades	Valor Norma (TULAS) *	Valor Norma RAOH 1215	MUESTRAS						
				2201-S1	2201-S4	2201-S6	2201-S9	PTC-001	PTC-002	
Cadmio	mg/kg	< 0.5	< 2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel	mg/kg	20.00	< 50	<2	4	7	4	3	<2	<2
Plomo	mg/kg	25.00	< 100	9	12	<9	16	16	11	11
TPH	mg/kg	-	< 2500	<70	<70	<70	<70	<70	<70	<70

* Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario. Tabla 2. Criterios de Calidad de Suelos

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.22. -DATOS COMPARATIVOS DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Parámetro	Unidades	Valor Norma (TULAS) *	Valor Norma RAOH 1215	MUESTRAS						
				PTC-004	PTC-007	M-01	M-02	M-03	MS-01	MS-07
Cadmio	mg/kg	< 0.5	< 2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel	mg/kg	20.00	< 50	8	<2	<2	3	5	<2	7
Plomo	mg/kg	25.00	< 100	10	9	10	9	<9	<9	10
TPH	mg/kg	-	< 2500	<70	<70	<70	<70	<70	<70	<70

* Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario. Tabla 2. Criterios de Calidad de Suelos

Fuente: Energy, 2011.

Las tablas anteriores muestran que no hay alteraciones significativas, a las condiciones naturales del suelo y que los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos de las reglamentaciones ambientales. Por otro lado estos resultados sirven como valores base para comparaciones futuras cuando se realice una mayor actividad relacionada a la cualquiera de las etapas hidrocarburíferas.

Hidrocarburos Totales (TPH).- valores altos de TPH pueden ser perjudiciales y producir alteración de los suelos ya que los hidrocarburos son lentamente biodegradados y cancerígenos. Los valores encontrados en la zona se encuentran dentro del límite permisible.

Potencial Hidrógeno (pH).- tiene como función medir la concentración de iones hidrógenos. En general un pH de 7 indica un valor neutro, un pH menor a 7 indica acidez, y un pH mayor a 7 indica alcalinidad. Los valores están entre 5.0 y 6.3

Cadmio (Cd).- los valores de este puede incrementarse por el deterioro de las tuberías de hierro galvanizado y en la manufactura del latón.

Los valores encontrados en el suelo son menores al límite permisible.

Níquel (Ni).- es utilizado como catalizador y también como baño para dar color. Produce anomalías biológicas y alteraciones y tiende a acumularse en el organismo. Los valores encontrados en el suelo son menores al límite permisible.

Plomo (Pb).- puede causar contaminación por residuos de pinturas, soldadura, cristalería, cerámica, pigmentos, acumuladores. Tiende a acumularse en los organismos, produciendo alteraciones biológicas; tienen la facultad de reemplazar el oxígeno de la hemoglobina, produciendo la muerte de las neuronas del cerebro, es letal a bajas concentraciones, produce retraso mental en los niños. Produce gran agresividad por el contenido en la sangre, produce anemia e impermeabilidad anal también produce saturnismo. Los valores de la muestras son menores al límite permisible.

Se debe tener en cuenta que al tener valores de TPH bajos y al estar relacionados con los HAPs se identificó que dentro de las muestras tomadas no se presenta contaminación por hidrocarburos, adicionalmente el análisis se realizó con base en parámetros que caractericen el sitio para un levantamiento de la línea base.

3.1.7.11 Cobertura Vegetal

La Región Amazónica, de acuerdo a Jorgensen & León, 1999 posee el 31,7% de la diversidad vegetal que se encuentra en el país. De las 15.306 especies de plantas registradas para el Ecuador, 4.857 se encuentran en esta región. Sin embargo, la gran diversidad de la Amazonía se está perdiendo debido a la destrucción de los bosques maduros. La tasa de deforestación se estima en 3.000 km²/año, y es causada principalmente por el avance de la frontera agrícola. En las áreas de estudio, se encuentra en buen estado de conservación en lo referente a flora.

Con respecto a la tasa de deforestación que se plantea desde el Ministerio de Ambiente MAE, el mismo que efectuando un mapa histórico de deforestación manifiesta que en la amazonía entre los años 1990 al 2000 se a deforestado alrededor de 17614.6 ha/año, mientras que para el período comprendido desde el 2000 al 2008 la tasa de deforestación se ha incrementado en 19778,6 ha/año (MAE;2010), esto reflejado en porcentajes en la región amazónica se ha producido una pérdida de la cobertura vegetal entre 1990 y 2000 el -0,28% y para el año 2000 al 2008 se ha incrementado en -0,34% (MAE, 2010).

Es así que el área de estudio de acuerdo a la cobertura vegetal que se presenta a lo largo del trazado del oleoducto, plataformas, muelle y vía de acceso teniendo en cuenta un derecho de vía de 10 metros, presenta las siguientes condiciones:

TABLA 3.1.23.- COBERTURA VEGETAL PRESENTE EN EL ESTUDIO

DESCRIPCIÓN	AREA	PERIMETER
Cultivos de ciclo corto - Pastos plantados	2,202	4802,075
Pantano de Moretal	19,244	38509,783
Bosque natural	39,938	79859,518
Cuerpos de agua	0,057	137,548
Áreas Agropecuarias	1,71	3910,68

➤ **Bosque natural ligeramente intervenido**

Corresponde a la cobertura natural siempre verde formada por especies arbóreas, asociadas con algunas especies de palmas, que no han recibido intervención humana, o ésta es mínima especialmente en áreas junto a senderos. Los bosques de esta formación presentan la más alta diversidad de especies de la región amazónica, son muy heterogéneos en su composición florística. Los componentes de los bosques de colinas alcanzan gran altura, diámetro y densidad. Como consecuencia de las lluvias constantes y la escasa profundidad que alcanzan las raíces, es frecuente observar árboles del dosel desarraigados, el estrato herbáceo es menos denso que el bosque en los paisajes de llanura. La presencia de bosques maduros inundados por aguas blancas es frecuente observar, estableciendo así una zona de alta sensibilidad (intangible), que se encuentra incluida en el proyecto.

➤ **Bosque secundario**

Los bosques secundarios constituyen un tipo de vegetación que se ha desarrollado luego de una alteración causada, ya sea por el ser humano o por procesos naturales. Sin embargo, el término implica, usualmente, las alteraciones hechas por el ser humano, incluyendo la tala y limpieza del bosque maduro. También pueden considerarse como tales, aquellos bosques que se han formado sobre áreas afectadas por caídas de árboles grandes en forma ocasional. La cobertura vegetal de estos lugares está constituida por especies pioneras y de regeneración natural como: *Inga* sp. (Mimosaceae), *Cecropia herthae*. (Cecropiaceae) y *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae). En el estrato inferior son frecuentes los géneros *Gynerium*, *Heliconia*, *Costus* y *Renealmia*. Dentro del área de estudio, este tipo de vegetación se presenta mayormente cercana a las vías y caminos dentro del área de influencia al proyecto, asociadas con cultivos y pastos.

➤ **Cultivos**

Ocupan áreas donde el agricultor en su tiempo degradó el bosque natural y mediante procesos de tala y tumba ha ido creando agro sistemas de cultivos formado por cultivos de café, plátano, yuca, caña, maíz, maní, cacao, arroz y algunos frutales, para el auto consumo

y/o venta. Ocupa amplios sectores, junto a las riberas del río Napo y en áreas cercanas a los centros poblados.

➤ **Pastos**

Corresponden áreas cubiertas por especies de carácter herbáceo, introducidos por el hombre para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Las especies que más utiliza el agricultor corresponde a: dallis y marandú; en menor porcentaje existe saboya, elefante y gramalote.

3.1.8 Hidrogeología

La llanura amazónica está constituida por relieves moderados a bien marcados, generalmente muy disectados, desarrollados sobre las rocas secundarias y terciarias de la zona subandina (areniscas localmente calcáreas, calizas, arenas, conglomerados y arcillas) fuertemente deformadas y plegadas por la orogénesis andina. Las formas de relieve se caracterizan por su gran variedad. Formas estructurales como el anticlinal con eje Norte-Sur de la región del Sumaco, cuevas de areniscas cuarzosas de cobertura en toda la parte sur, chevrones a lo largo de las flexuras que delimitan el plegamiento de las capas sedimentarias al este se oponen a sectores fuertemente disectados con huellas estructurales estompeadas hacia las cordilleras orientales o en los valles encañonados de los cuerpos hídrico como el Río Napo.

Al oeste debajo de los 250 a 300 metros y hasta la línea de Protocolo de Río de Janeiro, se extiende el paisaje bastante monótono conocido como llanura amazónica está constituida por una yuxtaposición infinita de pequeñas colinas suaves convexas a convexo-cóncavas y con desniveles relativos siempre comprendidos entre 20 y 50 metros. Se trata de un verdadero mar de colinas desarrolladas sobre sedimentos arcillosos terciarios fuerte y profundamente meteorizados bajo clima tropical húmedo y cubiertas de alteraciones rojas y abigarradas ferralíticas.

La red fluvial amazónica se caracteriza por presentar dos generaciones de formas muy distintas. En la primera fase al cuaternario antiguo donde se elaboraron grandes llanuras

de divagación y esparcimiento de material arenoso de origen volcánico como el Río Aguarico en la región de Shushufindi o el Río Napo en la región de Orellana.

Por otra parte, los valles bastante anchos se componen de un sistema de terrazas escalonadas de numerosas zonas pantanosas, cauces abandonados y hoyos de decantación y desborde. Los ríos con cauce actual muy meándrico como el Río Napo, parecen a menudo inadaptados a las características de estos valles.

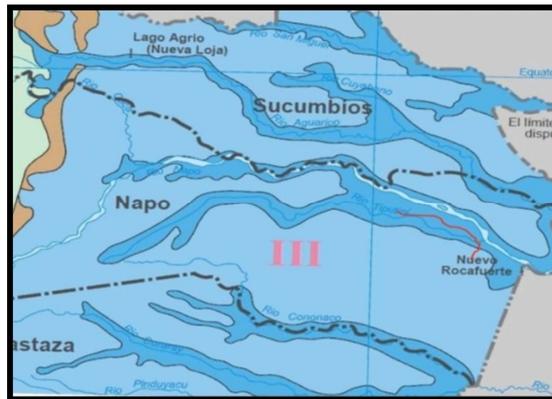
Las cuencas hidrográficas de la vertiente del Río Amazonas están formadas por la afluencia de numerosos ríos que nacen en la Cordillera Real y Cordillera Subandina de los Andes Septentrionales, se caracterizan por ser caudalosos y navegables en casi todo su curso. El área de estudio está dentro de la cuenca hidrográfica del río Napo el cual en la estación hidrológica Napo en Pañacocha código H-ZN4 para el año 2000 tiene un caudal promedio diario de 1735,15 m³/s y para el año 2001 904,51 m³/s y para el 2002 1825,82 m³/s (fuente: anuarios hidrológicos del INAMHI).

En la zona involucrada con el proyecto se pueden diferenciar dos unidades litológicas que mantienen acuíferos temporales locales o discontinuos de difícil explotación, una considerada como unidad litológica de permeabilidad media que están asociadas con sedimentos clásticos consolidados a no consolidados de edad terciaria constituidas de arcillas y lutitas con intercalaciones de areniscas de grano fino y areniscas arcillosas y algunos horizontes de conglomerados en matriz arenosa, los niveles piezométricos van de los tres a los diez metros y corresponden a acuíferos superficiales muy discontinuos de aguas meteóricas o de reciente filtración que pueden ser aprovechados mediante pozos excavados manualmente con caudales bajos de explotación menores a 0,5, litros por segundo y una segunda unidad litológica de permeabilidad media a baja que es en mayor porcentaje, constituida básicamente por sedimentos clásticos de consolidados a no consolidados, donde predominan potentes estratos de arcillas con intercalaciones de areniscas de grano fino a medio, estos estratos pueden almacenar acuíferos muy locales y o discontinuos de baja permeabilidad y de difícil explotación y que en ocasiones sobre todo en épocas de gran precipitación pueden visualizarse como vertientes de bajo rendimiento inferiores a 2 litros por segundo.

Como se dijo anteriormente esta intercalación entre valles que dependiendo de la crecida de los cuerpos hídricos se convierten en zonas inundables temporales o cauces abandonados en épocas de sequía, provocan que exista un relativo escurrimiento del área como la ubicación de las plataformas y el trazado del oleoducto que se encuentran ubicados analizando también esta particularidad de que se ubique en zonas altas, por lo que en estos bloques, terrazas o colinas descritas se espera que el nivel freático sea más profundo y por tanto con el movimiento de las tierras vinculantes por las actividades del proyecto que más bien son superficiales, se afectará exclusivamente a los depósitos de las arcillas ferralíticas y pequeños estratos combinados de arenas y tobas que al encontrarse combinadas o mezcladas desordenadamente por los depósitos de crecida del mismo cuerpo hídrico no prestan las características para la movilidad del agua subterránea.

Por las razones técnicas expuestas resulta extremadamente complicado y costoso el intentar con datos propios realizar un análisis hidrogeológico y por ello lo que se hace es interrelacionar la información referente a geología, geomorfología, hidrología, observación de perfiles y muestreo superficial de suelo para interrelacionar y adaptar la información preexistente que permita en función de correlaciones determinar estos aspectos. Físicamente es imposible con la infraestructura existente intentar movilizar en la zona equipos de sondaje o perforación para este fin, luego la perforación de cada pozo requiere de personal especializado diferente al de un estudio ambiental, equipos y tiempos más extensos para la obtención de datos, análisis litológico y compilación e interpretación de registros; por tanto inclusive a nivel regional y en gran parte del país no se dispone de esta información o de mapas que permitan tener mayores detalles para complementar datos o elaborar mapas de aguas subterráneas o de niveles freáticos, más aún como se dice de la información técnica compilada que muchos de estos estratos almacenan acuíferos locales y discontinuos, esto dificulta planear una investigación; posiblemente cuando se realicen los trabajos operativos tanto para la prospección sísmica como para la perforación de los pozos se pueda obtener estos datos y entonces elaborar un mapa de lo solicitado y cuando ya existan las facilidades operativas en las plataformas se construirá un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas para lo que si se perforarán pozos específicamente con este fin. Sin embargo y con el objeto de identificar lo expuesto en las definiciones técnicas se adjunta el mapa hidrogeológico que a la fecha el INAMHI tiene elaborado.

FIGURA 3.1.11.- ILUSTRACIÓN DE MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA



Fuente: Energy, 2011 (INAMHI, Mapa A-27 Recursos de Agua Subterránea. 2009)

Sin embargo operativamente no existe probabilidad de que se afecte los niveles freáticos por actividades vinculadas con el proyecto como la perforación de pozos puesto que no es técnica ni económicamente favorable mantener contacto o aporte de aguas subterráneas hacia el lodo de perforación, puesto que esto cambia su composición química lo que perjudicaría a la estabilidad del mismo y que cumpla su función, por ello se diseña un fluido lo suficientemente consistente que permita formar una costra en la pared del hueco para evitar el ingreso de agua al fluido o penetración del lodo hacia el acuífero para evitar pérdidas de circulación y después de una profundidad perforada se procede a colocar la tubería de revestimiento y cementar. En cuanto a derrames que podrían afectar por filtración a los acuíferos esta posibilidad es remota debido a la viscosidad del petróleo que se espera producir, misma que inclusive a temperatura ambiente tendría un choque térmico incrementando su viscosidad y reduciendo su capacidad de escurrimiento entonces la velocidad de esparcimiento de la mancha es más tardía y su porcentaje de penetración menor, puesto que la capacidad de absorción en los suelos también es baja y su permeabilidad casi nula.

3.1.9 Hidrología

La hidrología de una zona se define en función de las cuencas hidrográficas de los cuerpos hídricos o ríos principales presentes en la misma y zonas cercanas de influencia.

La caracterización del componente hídrico del área en estudio, busca determinar la calidad del agua de los cursos más representativos de las cuencas ubicadas al interior del área, colectando muestras en los diferentes cuerpos de agua para determinar sus propiedades

físicas y químicas en ausencia de las actividades del proyecto, obteniendo lecturas referenciales de su condición ambiental antes del desarrollo de las actividades y que sirvan de base de comparación con datos que se generan durante las actividades del proyecto, así como a su terminación. Para este propósito, el programa de muestreo enfatizó en lo siguiente:

3.1.9.1 Cuerpos de agua dentro del área del proyecto.

- Cuerpos de agua cercanos a comunidades.
- Cuerpos de agua localizados dentro de áreas sensibles.
- Cuerpos de agua localizados cerca de probables fuentes de contaminación.

En el sector de estudio se tiene la cuenca del río Napo, siendo ésta la más importante y la que sirve de drenaje de las cuencas asociadas a los ríos Tiputini y Yasuní. Estos cuerpos de agua están rodeados por zonas de pantanos de moretal y por las características topográficas del área (llanuras aluviales relativamente planas) son ríos de tipo meándrico, típicos del Oriente Ecuatoriano. Los tributarios ubicados al sur del Río Tiputini, drenan áreas colinadas, mientras que el Río Tiputini y sistemas de humedales al norte del sector son muy planos y drenan pantanos de moretal. La única intervención humana en el área de influencia regional del proyecto tiene que ver con fincas ubicadas a lo largo del Río Napo y en menor cantidad a orillas del río Tiputini.

➤ Cuencas Hidrográficas en el área de Estudio

La Hidrología de esta zona está dominada por la cuenca del Río Napo. Los cuerpos de agua pertenecientes a esta cuenca están rodeados por zonas de pantanos de moretal y son ríos meándrico, de gradiente bajo.

El área del proyecto se encuentra situada sobre la gran cuenca del Río Napo que a su vez es un tributario del río Amazonas. El río Napo recibe también los aportes de fuentes que

tienen su origen en las zonas más altas (Cordillera Real y Subandino) pero para el caso en estudio solo se tomará en cuenta la subcuenca del Río Tiputini.

El mayor crecimiento de estos sistemas fluviales se da entre los meses de junio a agosto, siendo en el mes junio cuando se produce la mayor subida de aguas, pudiendo ser estas desde 5 hasta 18 metros en los ríos mayores como el Napo.

Cuenca del Río Napo

El río Napo es el más grande del Ecuador, con casi 500 Km de longitud desde su inicio en la cordillera Oriental hasta Puerto Nuevo Rocafuerte. Tiene una dirección SW-NE, y su ancho promedio de 150 m., la profundidad media de 5 m.; su velocidad es de 1 m/s. Recoge las aguas de los deshielos del Antisana, Sincholagua, Cotopaxi, Quilindaña y Llanganates. En su curso superior es torrencioso y lleno de remolinos, debido a sus fuertes pendientes. En su tramo medio se junta con el río Coca y se convierte en un río de fácil navegación, tiene un gradiente muy bajo con grandes bancos de arena móviles e islas semipermanentes. Entre sus innumerables afluentes se destacan: el Misahuallí, el Coca el Aguarico, lo mismo que el Lagartococha o Zancudo; el Payamino, importante por las arenas auríferas que lleva en su lecho, entre otros. Atraviesa las provincias de Pastaza y Napo hasta Perú, y forma parte del sistema de la vertiente del Amazonas. En su trayecto forma una infinidad de islotes y amplias playas cubiertas con cantos rodados de variada granulometría.

El canal principal (Río Napo) tiene un gradiente muy bajo con grandes bancos de arena móviles e islas semipermanentes. Este río está influenciado, principalmente, por tributarios de la Sierra y, en menor grado, por la cuenca autóctona del Oriente. El río transporta grandes cantidades de sedimento que proviene principalmente de los Andes, durante el período de inundaciones. El Río Napo es usado intensamente como ruta de transporte, pesca, turismo, y fuente de agua de algunas comunidades para consumo doméstico. Sus tributarios tienen en su mayoría los mismos usos, principalmente en la parte norte del río Napo, donde se encuentran asentamientos Kichwas.

Al ser una cuenca amazónica de considerable tamaño, con varios asentamientos grandes en sus cabeceras (Papallacta, Baeza, El Chaco, Loreto, Archidona, Tena, Coca, La Joya de los Sachas,) y con instalaciones propias del desarrollo industrial petrolero, las fuentes potenciales de contaminación del agua son típicamente de origen antropogénico, siendo estas, desechos de las instalaciones petroleras, químicos agrícolas y fertilizantes, efluentes hidrocarbúricos de las embarcaciones que lo navegan, aguas servidas de las ciudades, heces fecales de animales y demás desechos producto de las actividades que se desarrollan en sus cercanías.

Sub Cuenca del Río Tiputini

La sub cuenca del Río Tiputini está localizada en el centro del área del proyecto. Este río se extiende a las estribaciones orientales de los Andes. Es un canal meándrico y de gradiente bajo, con numerosos brazos muertos, lo que indica que el canal del río está migrando, conjuntamente con su llanura de inundación. Este río marca un límite tradicional entre los Huaoranis y los Quichwas, y también se constituye en el límite norte del Parque Nacional Yasuní. Esta Cuenca es de alto rendimiento hidrológico, su régimen es íntegramente perteneciente al Tipo Oriental, es decir con temporada caudalosa de Abril a Septiembre y con la temporada de menor caudal desde Octubre a Marzo.

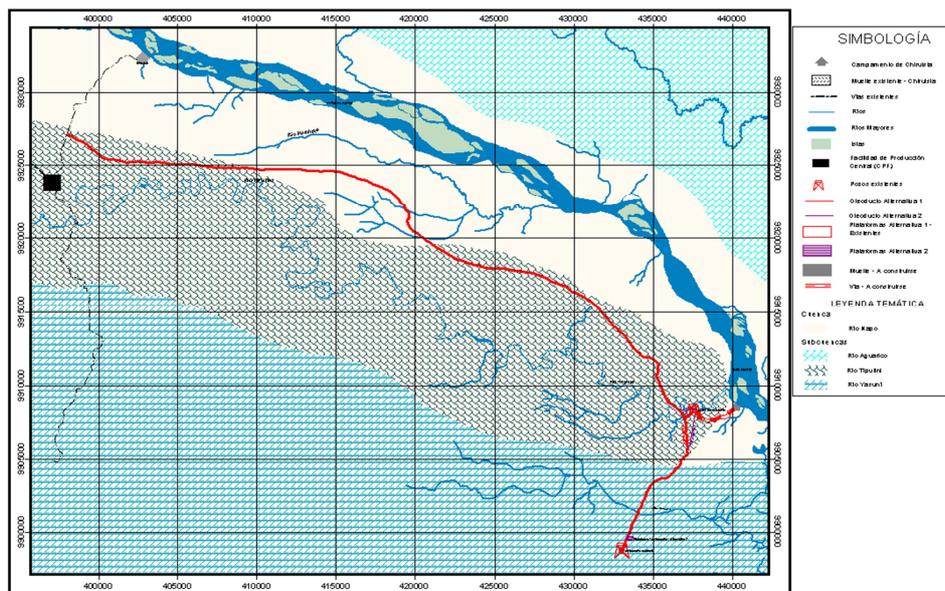
Los parámetros geomorfológicos más importantes son los siguientes: el área de drenaje en Bloque 31 es de 2620 km², la altitud media de la cuenca es de 230 m.s.n.m., la longitud total del río es de 210 km, la pendiente promedio es de 0.025 % y la densidad de drenajes de 0.08 km / km² y la profundidad es de 5.0 m.

Subcuenca del Río Yasuní

La Subcuenca del río Yasuni se encuentra limitada al Norte por la cuenca de los ríos Rumiyacu y Pindoyacu, al Sur por la Cuenca del río Ginta, al Este por la cuenca del río Napo y al Oeste por la cuenca del río Tivacuno. Ubicado en la parte central del Bloque 31,

el río fluye con dirección Oeste - Este. Sus riberas son irregulares y forman meandros acentuados, cuando se encuentra en épocas de aguas bajas su navegación se dificulta ya que existe gran cantidad de troncos de árboles en el cauce. La Subcuenca del río Yasuní al igual que la del río Tiputini es de alto rendimiento hidrológico, su régimen es íntegramente perteneciente al Tipo Oriental, es decir con temporada caudalosa de Abril a Septiembre y con la temporada de menor caudal desde Octubre a Marzo. Sin embargo, es difícil establecer una época de estiaje así como también definir claramente una estación seca y otra lluviosa. Los parámetros geomorfológicos más importantes son los siguientes: Área de drenaje en Bloque 31 es de 1152 Km², la altitud media de la cuenca es de 200 m.s.n.m., la longitud total del río es de 160 Km, con una pendiente promedio del 0.1 %, la densidad de drenaje es 0.08 km / km² y con una profundidad de 4.0 - 5.0 m .

FIGURA 3.1.12.- MAPA HIDROLÓGICO



Fuente: Energy, 2011

3.1.9.2 Análisis Químico de Agua

Se tomaron 19 muestras de agua para realizar análisis químicos de algunos elementos como: cloruros, sulfatos, fluoruros, cadmio, mercurio, níquel, selenio, cianuro libre, sulfuros de Hidrógeno, demanda bioquímica de oxígeno, fenoles, pH, conductividad, coniformes fecales, plomo, vanadio, hidrocarburos totales, entre otros. Estos datos servirán para determinar algún tipo de contaminación presente en la zona y además poder controlar

si se produce contaminación en el futuro con las actividades geofísicas. Los resultados han sido comparados con los límites permisibles del TULAS Tabla 3: Criterios de Calidad para la conservación de flora y fauna del Anexo 1y los estipulados en la Tabla 10 del RAOHE, las muestras que sobrepasan los límites permisibles en algún parámetro este se encuentra subrayado con cursiva y negrita, el análisis de los mismos se muestran a continuación:

TABLA3.1.24.- SITIOS DE MUESTREO DE AGUAS

CÓDIGO DE MUESTRA	X	Y	DESCRIPCIÓN
A-8	421407,43	9921416,18	Estero sin nombre cerca de la comunidad San Vicente, caudaloso de ancho aproximado de 2 metros y 1 metro de profundidad
LF	422549,18	9920372,39	Estero sin nombre cerca de la comunidad San Vicente, estero caudaloso de unos 0.50 cm de profundidad y 1.5 m de ancho
LH	410759,98	9926278,41	Río Huiririma tomado aguas debajo el río presente un ancho aproximado de 2 metros aguas turbias
A11	430889,94	9915225,25	Estero sin nombre cerca de Puerto Quinche
MA 01	437860,51	9908916,52	Río Tiputini caudaloso con 40 m de ancho y bastante profundo
MA 02	441490,47	9905629,46	Estero sin nombre aguas debajo de la comunidad de Puerto Miranda, poco profundo caudaloso
MA 06	431010,00	9921850,00	Río Napo (muestra tomada a la altura de la comunidad Puerto Quinche)
MA 09	440390,30	9907872,82	Estero sin nombre cerca al muelle a construirse
MA 10	439230,40	9909346,69	Río Tiputini dentro de la Comunidad Boca de Tiputini
MA 11	429941,65	9911800,08	Río Tiputini cerca de la intersección con el Río Napo
MA 12	435931,69	9908303,52	Río Tiputini cerca de la Comunidad de Yanayacu
PTC-P-001	433025,85	9898694,88	Estero sin nombre sector de Tambococha
PTC-03-003	434711,60	9901115,45	Río Salado área Tambococha
A1	432998,22	9898729,40	Piscinas Tambococha
B1	432962,60	9898650,79	Piscinas Tambococha
1	437546,00	9908321,00	Piscinas Tiputini
2	437548,00	9908313,00	Piscinas Tiputini
3	437555,00	9908309,00	Piscinas Tiputini
4	437520,00	9908132,00	Piscinas Tiputini

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.25.- RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA. RESPECTO TABLA 10 RAOHE

Ensayo Tabla 10- decreto 1215	Método de Referencia	Unidad	Valor límite permisible	Resultados				
				A-08	LF	LH	A11	MA 01
Cloruros	APHA 4500 CI-C	mg/l	<2500	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0

Sulfatos	APHA 4500-SO4 E	mg/l	<1200	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fluoruros	APHA 4500-F-D	mg/l	<5.0	<0.25	<0.25	0.28	<0.25	<0.25
Cadmio	APHA 3111 B	mg/l	<0.1	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Mercurio	APHA 3120 B	mg/l	<0.01	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Níquel	APHA 3111 B	mg/l	<2.0	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Selenio	APHA 3120 B	mg/l	<0.5	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cianuro Libre	HACH 8027	mg/l	<0.05	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros de Hidrógeno*	HACH 8131	mg/l	<0.0002	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	APHA 5210 B	mg/l	<40	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Fenoles	APHA 5530 C	mg/l	<0.15	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.26.- RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA. RESPECTO TABLA 10 RAOHE

Ensayo Tabla 10- decreto 1215	Método de Referencia	Unidad	Valor límite permisible	Resultados				
				MA 02	MA 06	MA 09	MA 10	MA 11
Cloruros	APHA 4500 CI-C	mg/l	<2500	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sulfatos	APHA 4500-SO4 E	mg/l	<1200	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fluoruros	APHA 4500-F-D	mg/l	<5.0	<0.25	<0.25	0.26	<0.25	<0.25
Cadmio	APHA 3111 B	mg/l	<0.1	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Mercurio	APHA 3120 B	mg/l	<0.01	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Níquel	APHA 3111 B	mg/l	<2.0	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Selenio	APHA 3120 B	mg/l	<0.5	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cianuro Libre	HACH 8027	mg/l	<0.05	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros de Hidrógeno*	HACH 8131	mg/l	<0.0002	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	APHA 5210 B	mg/l	<40	1.6	<1.0	1.4	<1.0	<1.0
Fenoles	APHA 5530 C	mg/l	<0.15	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.27.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA. TABLA 10 RAOHE

Ensayo Tabla 10- decreto 1215	Método de Referencia	Unidad	Valor límite permisible	Resultados				
				MA 12	PTC-P-001	PTC-03-003	A1	B1
Cloruros	APHA 4500 CI-C	mg/l	<2500	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sulfatos	APHA 4500-SO4	mg/l	<1200	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0

Ensayo Tabla 10- decreto 1215	Método de Referencia	Unidad	Valor límite permisible	Resultados				
				MA 12	PTC-P-001	PTC-03-003	A1	B1
	E							
Fluoruros	APHA 4500-F-D	mg/l	<5.0	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Cadmio	APHA 3111 B	mg/l	<0.1	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Mercurio	APHA 3120 B	mg/l	<0.01	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Níquel	APHA 3111 B	mg/l	<2.0	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Selenio	APHA 3120 B	mg/l	<0.5	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cianuro Libre	HACH 8027	mg/l	<0.05	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros de Hidrógeno*	HACH 8131	mg/l	<0.0002	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	APHA 5210 B	mg/l	<40	<1.0	<1.0	<1.0	<3.0	<3.0
Fenoles	APHA 5530 C	mg/l	<0.15	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.28.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA. TABLA 10 RAOHE

Ensayo Tabla 10- decreto 1215	Método de Referencia	Unidades	Valor límite permisible	Resultados			
				1	2	3	4
Cloruros	APHA 4500 Cl-C	mg/l	<2500	<5.0	<5.0	<5.0	7.6
Sulfatos	APHA 4500-SO4 E	mg/l	<1200	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
Fluoruros	APHA 4500-F-D	mg/l	<5.0	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Cadmio	APHA 3111 B	mg/l	<0.1	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Mercurio	APHA 3120 B	mg/l	<0.01	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Níquel	APHA 3111 B	mg/l	<2.0	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Selenio	APHA 3120 B	mg/l	<0.5	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cianuro Libre	HACH 8027	mg/l	<0.05	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Sulfuros de Hidrógeno*	HACH 8131	mg/l	<0.0002	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5*	APHA 5210 B	mg/l	<40	3.1	4.9	<3.0	28
Fenoles	APHA 5530 C	mg/l	<0.15	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.29.- RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA. RESPECTO TABLA 9 RAOHE

Ensayo TABLA 9 D. 1215	Unidad	TULAS (TABLA 3)	Límite de Cuantificación	Resultados				
				A-8	LF	LH	A11	MA 01
pH*	U. pH	6,5-9		2.78	2.71	6.48	7.39	6.49

Ensayo TABLA 9 D. 1215	Unidad	TULAS (TABLA 3)	Límite de Cuantificación	Resultados				
				A-8	LF	LH	A11	MA 01
Conductividad	μS/cm		3.0	795	866	38.0	96.8	24.9
Coliformes Fecales	NMP/100ml	200	1	108	435	>2420	31	19
Oxígeno Disuelto	mg/l		1.0	6.6	6.4	5.7	6.1	5.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l		1.0	<1.0	<1.0	1.0	<1.0	<1.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l		30	<30	33	34	<30	<30
Amonio	mg/l		0.10	<0.32	0.49	0.39	0.40	0.45
Bario	mg/l		0.500	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500
Cadmio	mg/l		0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Cromo	mg/l	0.05	0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
Níquel	mg/l	0.025	0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Plomo	mg/l		0.200	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200
Vanadio	mg/l		1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0.5	0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Fenoles	mg/l	0.001	0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/l		0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

Fuente: Energy, 2011.

**TABLA 3.1.30.- RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA.
RESPECTO TABLA 9 RAOHE**

Ensayo TABLA 9 D. 1215	Unidad	TULAS (TABLA 3)	Límite de Cuantificación	Resultados				
				MA 02	MA 06	MA 09	MA 10	MA 11
pH	U. pH	6,5-9		5.88	7.65	6.56	7.05	7.07
Conductividad	μS/cm		3.0	15.6	84.3	129.9	50.9	45.5
Coliformes Fecales	NMP/100ml	200	1	20	99	8	48	12
Oxígeno Disuelto	mg/l		1.0	<1.0	6.6	1.3	5.7	4.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l		1.0	1.6	<1.0	1.4	<1.0	<1.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l		30	<30	<30	<30	<30	<30
Amonio	mg/l		0.10	<0.32	<0.32	1.23	<0.32	<0.32

Ensayo TABLA 9 D. 1215	Unidad	TULAS (TABLA 3)	Límite de Cuantificación	Resultados				
				MA 02	MA 06	MA 09	MA 10	MA 11
Bario	mg/l		0.500	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500
Cadmio	mg/l		0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Cromo	mg/l	0.05	0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
Níquel	mg/l	0.025	0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Plomo	mg/l		0.200	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200
Vanadio	mg/l		1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0.5	0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Fenoles	mg/l	0.001	0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/l		0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

Fuente: Energy, 2011.

**TABLA 3.1.31.- RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA.
RESPECTO TABLA 9 RAOHE**

Ensayo TABLA 9 D. 1215	Unidad	TULAS (TABLA 3)	Límite de Cuantificación	Resultados		
				MA 12	PTC-P- 001	PTC-03- 003
pH	U. pH	6,5-9		6.97	7.09	6.27
Conductividad	µS/cm		3.0	47.7	85.8	20
Coliformes Fecales	NMP/100ml	200	1	29	10	60
Oxígeno Disuelto	mg/l		1.0	5.2	4.7	5.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l		1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/l		30	<30	<30	<30
Amonio	mg/l		0.10	<0.32	<0.32	0.35
Bario	mg/l		0.500	<0.500	<0.500	<0.500
Cadmio	mg/l		0.030	<0.030	<0.030	<0.030
Cromo	mg/l	0.05	0.100	<0.100	<0.100	<0.100
Níquel	mg/l	0.025	0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Plomo	mg/l		0.200	<0.200	<0.200	<0.200
Vanadio	mg/l		1.00	<1.00	<1.00	<1.00

Ensayo TABLA 9 D. 1215	Unidad	TULAS (TABLA 3)	Límite de Cuantificación	Resultados		
				MA 12	PTC-P-001	PTC-03-003
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0.5	0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Fenoles	mg/l	0.001	0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/l		0.2	<0.2	<0.2	<0.2

Fuente: Energy, 2011.

TABLA 3.1.32.- RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA. RESPECTO TABLA 4A RAOHE

Ensayo TABLA 4a RAOHE	Unidades	Límite Permisibles	Resultados					
			A1	B1	1	2	3	4
pH	U. pH	5<pH<9	6.24	6.90	5.93	5.94	6	6.05
Conductividad	μS/cm	<2500	35.6	85.40	33.0	31.5	24.5	95.3
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/l	<20	<0.2	0.6	<0.2	<0.2	<0.2	2.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	<120	<30	<30	<30	<30	<30	480
Sólidos Totales	mg/l	<1700	66	68	150	110	94	5270
Bario	mg/l	<5	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500	0.602
Cromo	mg/l	<0.5	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
Plomo	mg/l	<0.5	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200	<0.200
Vanadio	mg/l	<1	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00

Fuente: Energy, 2011.

3.1.9.3 Resultados de los análisis de aguas

Las aguas fueron tomadas en varias fuentes entre las que se cuenta ríos grandes, medianos, pequeños, esteros, aguas semirepresadas (lagunas) y en piscinas de actividades hidrocarburíferas preexistentes. Las muestras fueron analizadas en los laboratorios Annsy. De los resultados obtenidos se puede concluir:

Que los parámetros de referencia en su mayor parte están dentro de los rangos establecidos por las normas vigentes (TULAS, RAOHE) para calidad de aguas, sin embargo algunas de las muestras presentan parámetros anormales o fuera de los rangos deseables. Este es el caso de situaciones anómalas encontradas para el contenido de coliformes que es alto para las muestras LH, LF, A12, estos valores elevados pueden estar relacionados directamente

con la presencia de ganado en las zonas más altas y que permiten que las aguas de escorrentía lleven la materia fecal, producto de la ganadería en zonas cercanas a comunidades o también por mamíferos silvestres grandes en zonas de selva o bosque tropical, hasta los cuerpos de agua donde se tomaron las muestras.

Otro de los valores anormales es el potencial hidrógeno (pH) observado para las muestras LF y A-8 los dos relacionados a esteros. Estos valores de pH, son extremadamente ácidos por lo que se debería realizar un control mayor de estas aguas. Casi de la mano de un bajo pH se tiene un alto valor de conductividad para estas mismas muestras.

También para varias de las muestras se nota un bajo valor de oxígeno disuelto, que puede estar relacionada a un incremento de la materia orgánica presente en el agua y también por el lento movimiento de sus aguas en algunos casos imperceptibles y/o estancadas parcial o totalmente. Las muestras que presentan esta particularidad son MA 02, MA 08, PTC-SN-001, PTC-P-001. Existen varias muestras que están cerca del límite de oxígeno disuelto, indicando que la presencia de materia orgánica y falta de oxigenación de las aguas es importante.

Los análisis muestran un alto valor de sulfuros de hidrógeno, sin embargo se debe notar que se encuentran en el límite de detección por los que no necesariamente indican valores anormales de este parámetro.

En cuanto a contaminación por metales pesados no se encontraron anomalías muy representativas. Por lo que la calidad de las aguas en este sector se mantiene en buenas condiciones.

3.1.9.4 Índice de Calidad de Agua

El índice utilizado es el Índice de Calidad de Agua General, para el cual es un valor adimensional obtenido a partir de 23 parámetros procesados mediante ecuaciones lineales, de los cuales 9 se utilizan siempre (básicos) y 14 según su influencia en la calidad (complementarios). Los 9 parámetros básicos son: coliformes totales, conductividad, DBO, DQO, fósforos totales, sólidos en suspensión, nitratos, oxígeno disuelto y pH.

El índice de calidad general se puede expresar como:

$$ICG = \sum [F1 \cdot (Ki) \cdot F2 \cdot (Ki)]$$

En donde:

Ki: valor analítico de cada parámetro, siendo $i = 1, 2, 3, \dots, 23$

F1: función que transforma el valor analítico de cada parámetro en un valor adimensional.

Se obtiene de esta forma el nivel de calidad (Q_i).

F2: función que pondera la influencia de cada parámetro en el global del índice. Se obtiene así el peso específico de cada parámetro (P_i):

$P_i = [(1 / a_i) / \sum (1 / a_i)]$; siendo $a_i = 1$ (muy importante) hasta $a_i = 4$ (poco importante)

Por tanto, el ICG se puede expresar finalmente como:

$$ICG = \sum (Q_i \cdot P_i)$$

Un parámetro complementario se utilizará si su $Q_i < 60$, es decir, si tiene una influencia negativa alta dentro de la calidad del agua. Si algún parámetro tiene $Q_i = 0$ se considera agua contaminada.

ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

false