

METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE PUENTES NATURALES EN DERECHOS DE VÍA DE MONTAÑA

Por:

Edward Francisco Oliveros Montes

Nilton Steve Rios Riveros



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

Universidad de Manizales

Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente

Trabajo de investigación

Mayo de 2015

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	4
PALABRAS CLAVES - KEYWORDS	5
1 INTRODUCCIÓN.....	5
2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	7
3 OBJETIVOS	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos.....	8
4 MARCO TEÓRICO	9
4.1 Antecedentes	9
4.2 Entorno jurídico.....	19
4.3 Entorno ambiental en Perú	22
5 MÉTODOLOGÍA.....	23
5.1 Adopción de perspectiva teórica	23
5.2 Modelo aplicativo.....	24
5.2.1 Sector de análisis	26
6 RESULTADOS	30
6.1 Puente natural No. 1	30
6.2 Puente natural No. 2	32
7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
8 CONCLUSIONES.....	35
9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Principales etapas constructivas de un Sistema de Transporte por Ductos (STD).	10
Tabla 2. Tipos de movimientos de falla de taludes.	13
Tabla 3. Normativas de recursos naturales en Perú por actividad económica.....	21

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de movimientos de fallas de taludes. Esquemas.....	14
Figura 2. Tipos de fallas geológicas. Esquemas.	15
Figura 3. Total geological history. Elementos tectónicos de todo el mundo.	16
Figura 4. Modelo geomorfológico-Clima húmedo. Zonas tropicales.....	17
Figura 5. Jerarquía de escalas en construcción del modelo propuesto por Lada.	18
Figura 6. Ejemplo aplicación puente natural. Selva Latino América.	19
Figura 7. Distribución típica de un DdV.....	24
Figura 8. Distribución ideal de la arquitectura vegetal con formación de puentes naturales.	25
Figura 9. Localización y perfil del tramo de estudio. Escala 1:100.000.....	27
Figura 10. Aplicación escala macro. Escala 1:1'000.000.....	28
Figura 11. Aplicación escala meso o médium. Escala 1:50.000.....	29
Figura 12. Aplicación escala micro. Escala 1:50.000.....	30
Figura 13. Localización puente natural No. 1.....	31
Figura 14. Localización puente natural No. 2.....	33

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Imagen 1. Estado de puente natural no.1 en el año 2011.....	31
Imagen 2. Estado de puente natural no.1 en el año 2014.....	32
Imagen 3. Estado de puente natural no.2 en el año 2011.....	33
Imagen 4. Estado de puente natural no.2 en el año 2014.....	34

RESUMEN

El desarrollo histórico en los sistemas de transporte por ductos, para el transporte de hidrocarburos, evidencia un gran avance entre mediados del siglo pasado y la actualidad, especialmente, en los aspectos técnicos, sociales y de mercado. No obstante, el aspecto ambiental tuvo un progreso significativo solo en el siglo pasado a partir de finales de la década de 1970. El presente documento contiene una propuesta de definición de los tramos adecuados para la implementación de arquitectura vegetal y por ende, para la generación de puentes naturales en los diferentes derechos de vía construidos en zona montañosa en los Andes suramericanos. Para lo anterior, se tiene en cuenta un análisis del entorno jurídico, y ambiental, así como del aspecto geológico y geotécnico a diferentes escalas: Macro, meso o médium y micro; que permiten identificar sitios con potencial afectación de inestabilidad del terreno. A partir de esta identificación, se consideran dentro de una lista de sitios los tramos óptimos para implementar dicha arquitectura vegetal y generar los puentes naturales entre las márgenes del Derecho de Vía (DdV) para facilitar el desplazamiento de la fauna en el sector de influencia del proyecto Gas de Camisea en el Perú. Para el desarrollo de la investigación se identificaron diferentes documentos, a nivel mundial, que permitieron dar soporte a la metodología planteada. Asimismo, se contó con la posibilidad de aplicar dicha definición de tramos en un derecho de vía de un proyecto en Suramérica.

ABSTRACT

The historical development in pipeline transportation systems for hydrocarbons, evidence a breakthrough between the last century and today, especially in the technical, social and market aspects. However, the environmental aspect was an advance only since the late 70's. This paper shows a proposed definition of the sections for the implementation of plant architecture in different mountain right of ways. For this, we take into account an analysis of the legal , environmental and geological aspect at different levels: macro, meso and micro or medium; that identify sites with potential involvement of instability of the land and such identification is considered that between site and site can define sections that optimal plant architecture. To develop research different documents, worldwide, that helped to support the proposed methodology were identified. It also included the possibility of applying the definition of sections on a right of way for a project in South America.

PALABRAS CLAVES - KEYWORDS

Derecho de vía, arquitectura vegetal, geotecnia, falla geológica, puente natural.

1 INTRODUCCIÓN

A partir del año 1879, se desarrolló en Estados Unidos una nueva técnica de transporte de hidrocarburos, cuando se construyó el primer ducto para transporte de crudo de petróleo. Desde entonces, la sociedad se viene beneficiando de la explotación, transporte y distribución de hidrocarburos para el uso doméstico, comercial e industrial. No obstante, siempre se priorizó el beneficio económico, pero el tratamiento adecuado para la conservación ambiental de las franjas por donde discurren los ejes de las líneas de conducción de gas, líquidos de gas natural, petróleo, entre otros; solamente se consideró desde finales de la década de 1970 cuando se inició con la exigencia de estudios relacionados con la protección e impactos ambientales en Suramérica.

A pesar del avance obtenido durante los últimos 50 años, un tema de especial interés es el de la recomposición, arquitectura vegetal y generación de puentes naturales, en los derechos de vía, de los diferentes sistemas de transporte por ductos y específicamente en los de montaña; principalmente, porque el manejo ingenieril que se aplica está definido bajo un enfoque puntual y zonal, pero es de gran importancia, evaluar otras alternativas de análisis de la estabilidad de los derechos de vía que permitan definir tramos óptimos donde una empresa operadora de un Sistema de Transporte por Ductos (STD) pueda generar dichos puentes naturales, definida en su Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y de esta manera promover las buenas prácticas, enfocadas a la conservación, desarrollo sostenible y cuidado del medio ambiente, y por otra parte evitar sanciones, no conformidades y demás observaciones que puede llegar a emitir un ente regulador.

Dentro de las principales actividades de desarrollo de un STD, se tiene la definición y construcción del Derecho de Vía (DdV), que es la franja por donde se instalan los ductos. Al finalizar dicha instalación, se realiza la reconfiguración del DdV que incluye la reforestación y demarcación de la arquitectura vegetal y la generación de los puentes naturales.

La arquitectura vegetal se caracteriza porque a largo plazo restaura la condición inicial, previa a la construcción, del contexto ambiental y de la flora existente por donde se construye el DdV. No obstante, y en muchos casos, no se puede cumplir adecuadamente con la implementación de la

arquitectura debido a problemas externos, tales como: incidentes de tipo geotécnico, de inestabilidad de taludes y afectación por terceros. Lo anterior, impide la formación de los puentes naturales entre las márgenes del DdV.

Hasta la fecha, se tienen varios conceptos de análisis de escalas unificadas para los DdV; pero dichos análisis son especialmente para aspectos geológicos y geotécnicos, basados en las condiciones y características de los suelos presentes en los STD de montaña.

La importancia de la presente investigación se debe a que en la actualidad, a nivel mundial, no se cuenta una adecuada metodología para definir los tramos óptimos de los DdV donde se pueda implementar adecuadamente la arquitectura vegetal y por ende, la generación de los puentes naturales. Dando origen al incumplimiento de compromisos ambientales adquiridos, por parte de las diferentes empresas operadoras de STD. Por tal motivo, en esta investigación se busca, mediante la aplicación de un criterio evaluativo, establecer la importancia del análisis de la información a diversas escalas, partiendo de lo general a lo particular, a fin de tener la certeza de seleccionar posibles tramos que cumplen con una serie de pautas o condiciones que los hacen óptimos para la generación de puentes naturales. Las principales etapas que se consideran son: a) La búsqueda de información, análisis de escalas a nivel macro y meso/médium para el caso de trabajo de escritorio y b) Verificación en campo a escala micro.

Dentro de las principales contribuciones que se tienen con la presente investigación, se consideran: Establecer la importancia de evaluación de criterios a diferentes escalas para la selección de tramos óptimos para la implementación de arquitectura vegetal en un STD. Así mismo se busca sentar un precedente respecto a la forma en que se puede desarrollar el proceso de selección en procura de lograr tener bases para la elaboración de una metodología sustentada técnicamente, que promueva en las empresas operadoras el desarrollo de proyectos ambientalmente amigables y respetuosos con la normatividad ambiental. Lo anterior, facilita la inversión económica por parte de dichas empresas. Dado que la recuperación de la arquitectura vegetal es un proceso definitivo que involucra mucho tiempo y recursos, se busca que a futuro los tramos seleccionados no estarán afectados por problemas de estabilidad y se generen puentes naturales que faciliten la movilidad de la fauna presentes en las áreas de influencia de un proyecto.

Para presentar adecuadamente el desarrollo de dicha metodología, la investigación se desarrolla iniciando con la definición del problema de investigación, seguido de la presentación de una serie de antecedentes técnicos en análisis e interpretación de problemas geológicos, geotécnicos y de manejo de

información en DdV, soportados por el marco ambiental en el Perú, debido a la zona en la cual se desarrolla el proyecto. Posteriormente, se presenta la evaluación de los criterios a escala Maso, Meso y Micro para la definición de tramos óptimos para la generación de puentes naturales, tomando como base la aplicación realizada en un tramo de un DdV correspondiente a un STD localizado en Suramérica, y los resultados obtenidos a partir de dicha selección y ejecución..

2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los proyectos de sistemas de transporte por ductos generan impactos ambientales debido a las afectaciones directas sobre el terreno para la construcción del Derecho de Vía por donde transcurren los ductos. La deforestación que se genera luego de la construcción en una franja de 25 m a 30 m de ancho con grandes longitudes que impacta de manera directa: El equilibrio hidrogeológico, la estabilidad del terreno y el tránsito de la fauna. Dado que el proceso de mitigación de dichos impactos ambientales es un proceso que requiere tiempo, recursos, se requiere una planificación detallada de las zonas en donde se aplicará de manera paulatina. El problema de la aplicación de los planes de recuperación de la arquitectura vegetal y generación de puentes naturales surge de la inexistencia de directrices respecto a cuál debería ser la manera correcta para abordar el problema para priorización de sitios aptos para la intervención. Se plantea la necesidad de hacer una evaluación de los criterios Maso, Meso y Micro y a partir de ellos, lograr la identificación clara y precisa de las zonas en las cuales puede aplicarse la restauración de la arquitectura vegetal y generación de puentes naturales en STD de montaña.

El escenario ideal, luego de la construcción de un STD, es que en el mediano plazo la vegetación de la franja del derecho de vía (DdV) por donde transcurren las tuberías esté totalmente revegetalizada e integrada al entorno circundante, de manera que sea casi imperceptible detectar que hubo una intervención humana. Esto con el fin de mitigar los impactos ambientales que conlleva la pérdida de la vegetación, así sea en una pequeña franja y de esta manera, facilitar el desplazamiento de la fauna entre las márgenes del DdV.

Aun cuando puede parecer una actividad que requiere simplemente de constancia y tiempo, existen factores exógenos que imposibilitan la implementación de la arquitectura de manera progresiva a lo largo de una traza. Los principales problemas en la implementación de la arquitectura vegetal se dan cuando, por efectos del cambio de las condiciones del terreno se presentan fenómenos de remoción en masa, que son el principal aspecto de gran dificultad para los operadores de STD.

Al existir indicios de inestabilidad del terreno, se puede poner en riesgo la integridad de las tuberías y con ello, la seguridad de las personas y los bienes que las rodean, así que como medida de protección y vigilancia, las zonas que presenten evidencias de fenómenos de remoción en masa generalmente están expuestas, sin mayor cobertura vegetal que gramíneas y protegidas con obras de control de erosión a fin de facilitar las inspecciones geotécnicas.

Adicionalmente, existen diferentes situaciones dentro de la operación de un STD que hacen necesario el monitoreo constante de una zona, así como la transitabilidad por determinados sectores, problemas comunitarios, afectaciones mecánicas, inspecciones de rutina, etc., que imposibilitan la total recuperación del entorno vegetal y la integración total de la zona con el entorno.

Con lo anterior, es claro que los tramos de un DdV para la implementación de la arquitectura vegetal y generación de puentes naturales, requieren un análisis de gran escala para que cumpla su objetivo en el tiempo.

En resumen, debemos preguntarnos: ¿Cómo puedo elegir tramos óptimos para la generación de los puentes naturales en un DdV a partir de la evaluación de los criterios Maso, meso y Micro?

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- ✓ Validar la importancia de la evaluación de los criterios Maso, Meso y Micro, como proceso para la definición de tramos de Derechos de Vía, de alta montaña, para la implementación de puentes naturales, así como marcar una pauta para la creación de una metodología que permita generalizar éste proceso.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar las principales variables relacionadas con la estabilidad de suelos, que tienen directa incidencia sobre la generación de puentes naturales, en Derechos de Vía, de proyectos relacionados con Sistema de Transporte por Ductos en la selva amazónica peruana.
- ✓ Definir los niveles de escalas de análisis geológico que permiten establecer tramos óptimos de los Derechos de Vía para la aplicación de puentes naturales.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes

Los principales procesos o etapas constructivas definidas para proyectos de este tipo, se caracterizan por estar asociadas, principalmente a: Las actividades de logística, del DdV, instalación y soldadura de tubería de alta presión y pruebas hidrostáticas. Sin embargo, se tiene una etapa de reconformación y recuperación del DdV que está directamente relacionada con la revegetación e implementación de la arquitectura vegetal. En la Tabla 1 se presentan las principales acciones o actividades propias de cada etapa constructiva de un STD.

La investigación se concentra en DdV de montaña, hace referencia a STD construidos en zonas con ondulaciones montañosas, que dadas las condiciones geomorfológicas presentan de manera intrínseca fenómenos de remoción en masa o de inestabilidad que son condicionantes para la recuperación de la arquitectura vegetal y la formación de puentes naturales. Los STD que transcurren por zonas llanas, generalmente tienen escenarios con homogeneidad geomorfológica y los procesos de recuperación están dados por otro tipo de variables. Aun cuando la condición forestal está determinada por agentes endógenos como el clima, la precipitación, la altura, y varía de un proyecto a otro, se considera que al tener en cuenta una evaluación a gran escala que involucre la detección de lineamientos estructurales, se logra incluir dentro de la evaluación situaciones que se producirían aun con condiciones particularmente propias del sitio en cualquier escenario.

Tabla 1. Principales etapas constructivas de un Sistema de Transporte por Ductos (STD).

ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION	
ACTIVIDADES	DESCRIPCION
a Movilización	Es el transporte de personal, equipos, herramientas, materiales, tubería e insumos hasta la zona del proyecto.
b Localización y Replanteo	Consiste en la materialización en terreno de las obras a construir de acuerdo con las coordenadas y cotas indicadas en los planos de diseño y carteras de campo. Se hace el control planimétrico y altimétrico de zonas de campamentos, alineamiento de la tubería, vías de acceso, entre otras. Para su demarcación, normalmente se colocan estacas de colores apropiados.
c Campamentos e Instalaciones Temporales	Explanación o adecuación de áreas para el montaje de infraestructura para sedes administrativas, talleres, bodegas y zonas de acopio y otros centros operativos, como campamentos provisionales.
d Vías de Acceso, Adecuación o Construcción	Consiste en la rectificación de la geometría, refuerzo de estructuras de pondeadero y mejoramiento del afirmado y obras de arte de las vías existentes, previo acuerdo con el propietario u operador, o construcción de vías temporales o permanentes para la movilización de personal, equipos, herramientas, materiales e insumos.
e Adecuación de Zonas para la Disposición de Material de Excavación	Preparación del terreno de fundación y construcción de obras de drenaje, subdrenaje y contención, para almacenar temporal o permanentemente materiales de excavación, de acuerdo con los sitios indicados en los planos y diseños correspondientes.
f Derecho de Vía	<p>Desmante y Adecuación: retiro de árboles, arbustos, rocas, cercas y elementos extraños de la franja a intervenir; manejo de corrientes y aguas superficiales; y construcción de obras de geotecnia preliminar, especialmente de contención de materiales de corte (ej. trinchos).</p> <p>Descapote: retiro de la capa orgánica y disposición sobre un costado del corredor para su posterior reutilización.</p> <p>Apertura: cortes y excavación del terreno.</p> <p>Conformación: obtención de una superficie de trabajo apta para la instalación de la tubería. Disposición de materiales sobre los costados, haciendo uso de las obras de geotecnia preliminar. Corrección y prevención de problemas geotécnicos.</p> <p>Derechos de vía existentes (carreteras o líneas de conducción de fluidos): utilización de corredores intervenidos que solo requieren de adecuación y retiro temporal de obras existentes, con mínimo movimiento de tierras.</p>
g. Acopio, Manejo y Soldadura de Tubería	<p>Acopio: establecimiento de sitios principales y temporales para la recepción y despacho de tubería.</p> <p>Recubrimiento anticorrosivo: es la protección contra la acción del óxido. Se aplica en planta o en el sitio de construcción. El tipo de protección depende si la tubería se instala en forma superficial o enterrada; en esta última, se complementa con la protección catódica de la línea.</p> <p>Transporte: incluye el transporte desde el almacenamiento principal hasta los acopios locales o temporales, y desde allí, hasta los frentes de trabajo.</p> <p>Tendido y Limpieza interna: colocación de la tubería en forma continua a un costado del eje de la zanja, verificando que el interior quede libre de objetos extraños</p> <p>Doblado: la tubería se coloca siguiendo el perfil del terreno, utilizando curvas prefabricadas o por el sistema de doblado en frío en el sitio de instalación, de acuerdo con los planos de diseño.</p> <p>Alineación y Soldadura: el proceso de unión o "pega" contempla la revisión y reparación de biselés, el alineamiento tubo a tubo y la aplicación de la soldadura.</p> <p>Los procesos de soldadura pueden ser en taller o en el sitio en forma manual, semiautomática o automática.</p> <p>Control Radiográfico: de acuerdo a criterios técnicos se procederá a la revisión de la calidad, por simple inspección y con ayuda de radiografías.</p> <p>Recubrimiento de Juntas y Reparaciones: aplicación de revestimiento anticorrosivo en los sitios de unión o "pegas" de la tubería, así como en los sitios que requieran ser reparados.</p>
h Instalación de Tubería	<p>Enterrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zanjado: Excavación, conformación y mantenimiento de la zanja para instalar en ella la tubería. • Bajado: Izaje desde el sitio de soldadura y descenso de la tubería hasta el fondo de la zanja. • Barreras en Zanja. • Protección catódica: Protección de la tubería contra corrosión por medio de un sistema de corriente impresa y ánodos de sacrificio (camas anódicas). • Tapado: Llenado de la zanja siguiendo las especificaciones consignadas en los planos de diseño. Generalmente se emplean los mismos materiales de la excavación de la zanja. <p>Superficial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tubería se apoya sobre bloques o soportes, generalmente de concreto, apoyados directamente sobre el terreno natural.

ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION	
ACTIVIDADES	DESCRIPCION EQUIPO REQUERIDO
g. Acopio, Manejo y Soldadura de Tubería	<p>Acopio: establecimiento de sitios principales y temporales para la recepción y despacho de tubería.</p> <p>Recubrimiento anticorrosivo: es la protección contra la acción del óxido. Se aplica en planta o en el sitio de construcción. El tipo de protección depende si la tubería se instala en forma superficial o enterrada; en esta última, se complementa con la protección catódica de la línea.</p> <p>Transporte: incluye el transporte desde el almacenamiento principal hasta los acopios locales o temporales, y desde allí, hasta los frentes de trabajo.</p> <p>Tendido y Limpieza interna: colocación de la tubería en forma continua a un costado del eje de la zanja, verificando que el interior quede libre de objetos extraños</p> <p>Doblado: la tubería se coloca siguiendo el perfil del terreno, utilizando curvas prefabricadas o por el sistema de doblado en frío en el sitio de instalación, de acuerdo con los planos de diseño.</p> <p>Alineación y Soldadura: el proceso de unión o "pega" contempla la revisión y reparación de biseles, el alineamiento tubo a tubo y la aplicación de la soldadura.</p> <p>Los procesos de soldadura pueden ser en taller o en el sitio en forma manual, semiautomática o automática.</p> <p>Control Radiográfico: de acuerdo a criterios técnicos se procederá a la revisión de la calidad, por simple inspección y con ayuda de radiografías.</p> <p>Recubrimiento de Juntas y Reparaciones: aplicación de revestimiento anticorrosivo en los sitios de unión o "pegas" de la tubería, así como en los sitios que requieran ser reparados.</p>
h Instalación de Tubería	<p>Enterrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zanjado: Excavación, conformación y mantenimiento de la zanja para instalar en ella la tubería. • Bajado: Izaje desde el sitio de soldadura y descenso de la tubería hasta el fondo de la zanja. • Barreras en Zanja. • Protección catódica: Protección de la tubería contra corrosión por medio de un sistema de corriente impresa y ánodos de sacrificio (camas anódicas). • Tapado: Llenado de la zanja siguiendo las especificaciones consignadas en los planos de diseño. Generalmente se emplean los mismos materiales de la excavación de la zanja. <p>Superficial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tubería se apoya sobre bloques o soportes, generalmente de concreto, apoyados directamente sobre el terreno natural. <p>Aérea:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan puentes, torres metálicas, soportes de tubería o marcos "h", con el fin de cruzar cuerpos de agua, carreteras o cualquier depresión del terreno.
h Instalación de Tubería	<p>Aditamentos: Se instalan válvulas de seccionamiento, cheques, venteos y demás accesorios requeridos en los sitios señalados en los planos.</p>
i Tramos Especiales	<p>Construcción de la línea en sitios de cruce de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Otros proyectos lineales como vías, ferrocarriles, oleoductos, gasoductos, entre otros. • Corrientes, zonas inundables y demás cuerpos de agua. • Sitios de topografía difícil, como lomos angostos y laderas de pendiente fuerte. • Zonas inestables. • Brechas de fallas geológicas. • Áreas urbanas • Zonas sensibles • Zonas con restricciones de uso del suelo. • Aéreo.
j Reconformación y Recuperación del Derecho de Vía	<p>Durante la reconformación se suavizan los cortes del terreno, asemejándolo a su geoforma inicial. Para la recuperación se construyen Obras de Protección Geotécnica, y se revegetalizan las áreas intervenidas.</p>
k Extracción de Materiales de Cantera y de Arrastre	<p>Obtención de materiales pétreos para la adecuación y construcción de obras civiles.</p>
l Prueba Hidrostática o Neumática	<p>Ensayo no destructivo de la tubería para determinar su hermeticidad y estanqueidad, mediante el uso de fluidos presurizados hasta alcanzar la presión de prueba, la cual debe ser mayor a la de operación de la línea. Antes de la prueba se localizan los puntos de captación y vertimiento, de acuerdo con la licencia ambiental, permiso o auto.</p>
m Trabajos finales y limpieza general	<p>Consisten en restablecer las cercas, rehabilitar los pasos del ganado, restituir líneas eléctricas en el caso de haber daños, reconstruir obras de arte en carreteras, retirar las alcantarillas temporales y adecuar drenajes, recuperar los caminos veredales y pasos reales, entre otros. Igualmente se retiran las instalaciones temporales o aquellas que no vayan a ser usadas durante la operación del proyecto, y se hace la limpieza cuidadosa en forma continua, hasta cubrir la totalidad del derecho de vía, cuidando de dejar las áreas de trabajo en condiciones similares a las encontradas antes de la construcción.</p>

Fuente: Ministerio del medio ambiente. (1998). Guía ambiental para el transporte de hidrocarburos por ductos. (p. 5.2). Bogotá D.C.: Editores Geoingeniería Ltda.

Es importante mencionar que en la etapa de reconfiguración y revegetación del DdV “la recuperación de la cobertura vegetal se realiza con especies nativas que se adapten a las condiciones climático-pedológicas de la zona” (Ministerio del medio ambiente, 1998, 6.14.2). De la misma manera, la arquitectura vegetal y puentes naturales se define mediante esquemas de secciones típicas, que conservan ciertas distancias libres con respecto al eje de los ductos enterrados en el DdV, manteniendo las especies nativas mencionadas anteriormente.

Posteriormente, un STD inicia su proceso de operación, y es en ese momento, donde regularmente se evidencian los problemas geotécnicos que ocasionan algún tipo de inestabilidad sobre el DdV y por consiguiente, afecta la implementación arquitectura vegetal y la formación de los puentes naturales. Por tal motivo, se debe tener claro que la aplicación de las técnicas de estabilización de taludes, deben estar debidamente aplicadas sobre las obras de mantenimiento y/o mitigación.

“Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra, debido a que generalmente se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como el relieve, la sismicidad, la meteorización y las lluvias intensas”. (Suárez, 2009, Vol I, Cap1, 1).

Por lo anterior, es importante destacar que para realizar un adecuado análisis de las condiciones que pueden afectar un sitio, a nivel local o micro, de un DdV y por consiguiente, a la arquitectura vegetal, es fundamental tener un criterio de clasificación definido para los diferentes tipos de movimientos de terrenos.

“Para el estudio y control de movimientos en masa en Colombia, se ha propuesto por García (1986) la adopción del sistema de clasificación de Varnes (1978) que se conserva en esencia por Cruden y Varnes (1996). Los criterios principales usados en dicho sistema se refieren ante todo tipo de movimiento y en segundo lugar al tipo de material.

En esta clasificación, los tipos de movimientos de falla de taludes se dividen en seis grandes grupos: Caídas, volcamientos, deslizamientos, propagación lateral, flujos y movimientos complejos”. (INVÍAS, 1998, 33).

La descripción general de cada uno de los tipos de movimientos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipos de movimientos de falla de taludes.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: Proyecto multinacional andino: Geociencias para las comunidades andinas. (2007, p. 3).

De la misma manera, en la Figura 1 se visualizan las diferentes condiciones y contextos característicos de cada uno de los diferentes movimientos.

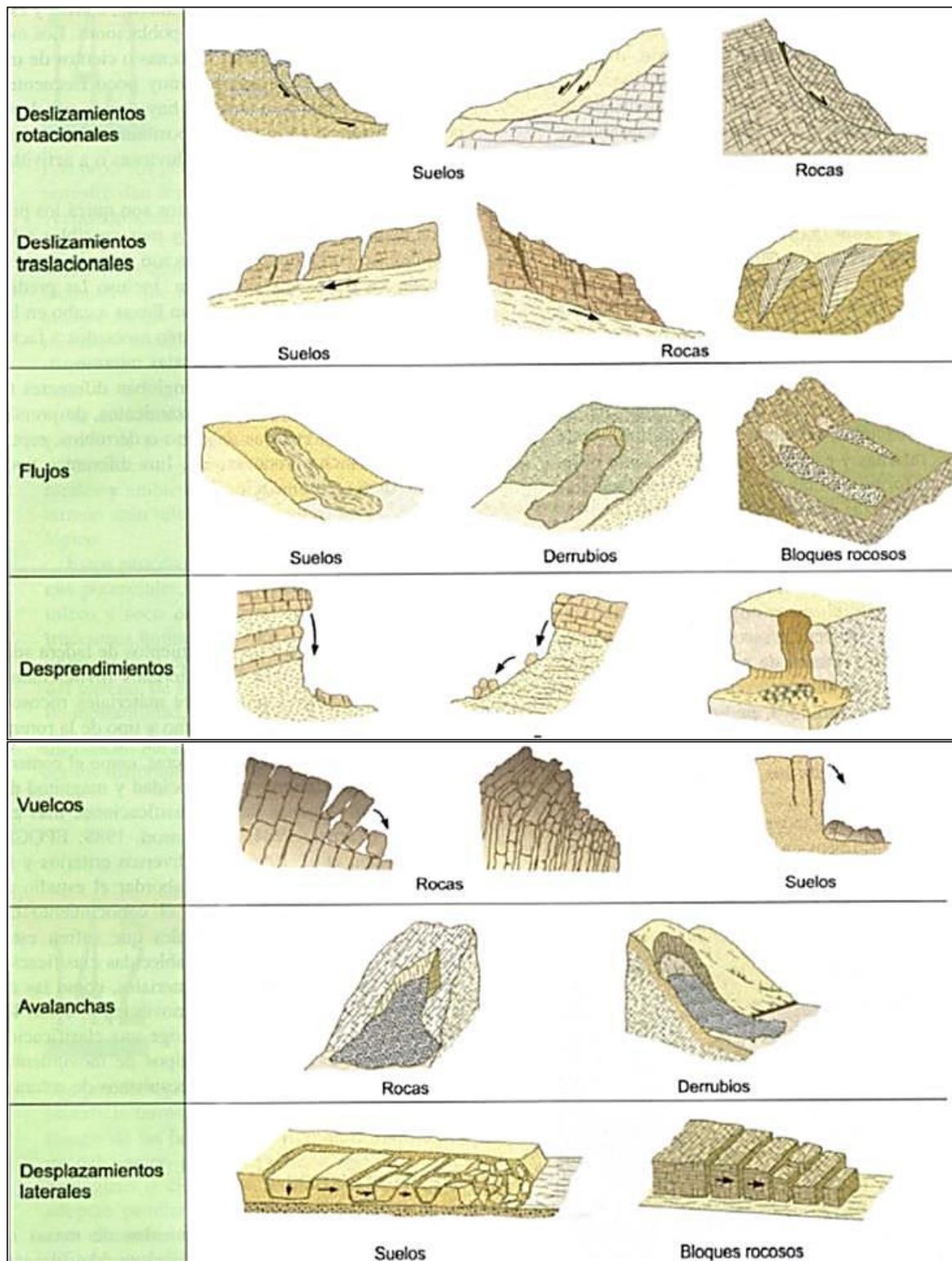


Figura 1. Tipos de movimientos de fallas de taludes. Esquemas.

Fuente: Universidad de Granada. Movimientos de ladera. Recuperado de: http://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/3_MOVIMIENTOS.pdf

Continuando con las diferentes etapas de análisis y ampliando la escala de estudio, se definen otros niveles de escala más significativos; que permiten analizar el contexto y expresiones geomorfológicas en el terreno, que presentan incidencia sobre los DdV y por ende, pueden generar alteraciones y afectaciones a la arquitectura vegetal. A este nivel, llamado meso o médium, se analiza el efecto potencial de los diferentes tipos de fallas geológicas; principalmente: Falla normal, oblicua con desgarre, de desgarre o inversa. En la Figura 2 se puede visualizar el comportamiento de cada tipo de falla.

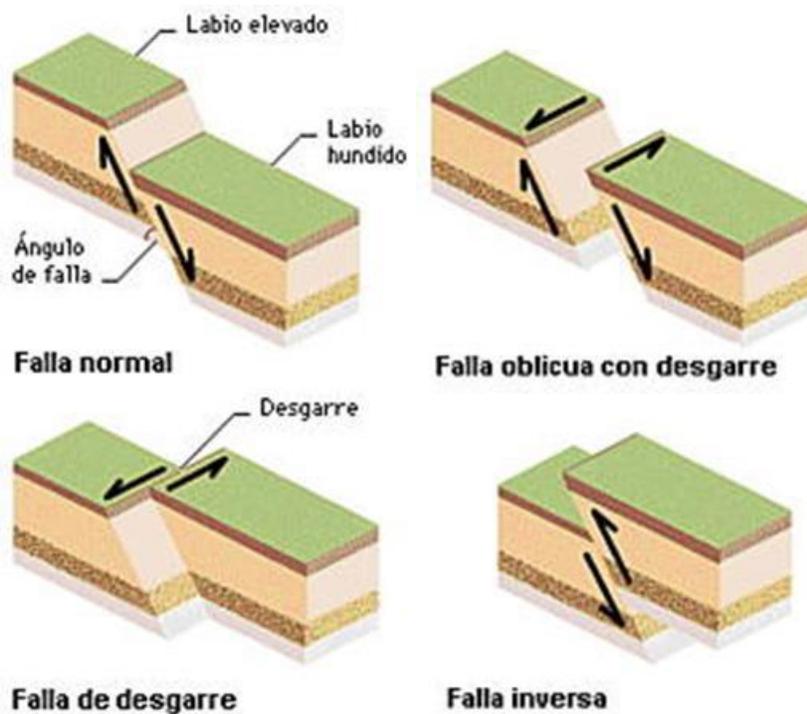


Figura 2. Tipos de fallas geológicas. Esquemas.

Fuente: Biblioteca de investigaciones. Terremotos, tsunamis y fallas geológicas. Recuperado de: <http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/geologia/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas/>

Finalmente con los diferentes niveles de escala de análisis, para potenciales efectos sobre un DdV, se define la escala macro; donde se puede visualizar las unidades mega-estructurales. En la Figura 3 se presentan “los elementos tectónicos de todo el mundo” (Fookes, Baynes & Hutchinson, 2000, P. 54).

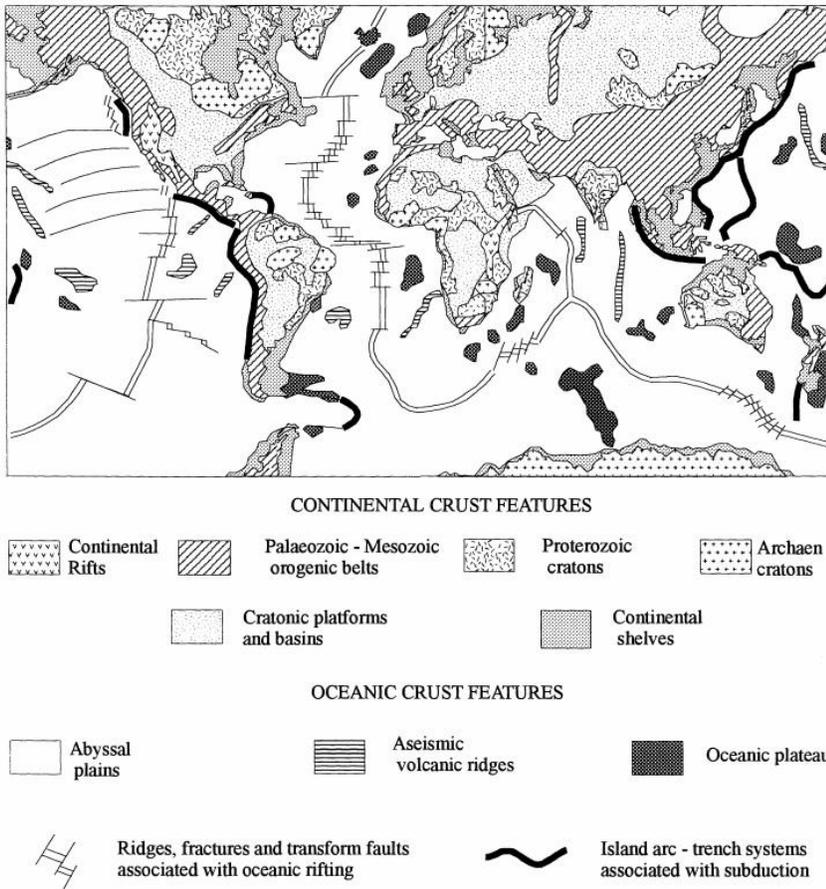


Figura 3. Total geological history. Elementos tectónicos de todo el mundo.

Fuente: Fookes, et al. (November, 2000). Total geological history: A model approach to the anticipation, observation and understanding of site conditions. Ervin, MC (Chair). GeoEng2000 Conference, Melbourne, Australia.

Con base en lo anterior, se definen contextos tectónicos, geológicos y geomorfológicos que facilitan, de acuerdo con la ubicación espacial en el globo, las potenciales afectaciones sobre el DdV. En la Figura 4 se presenta como ejemplo el modelo de clima húmedo, similar al que comprende la línea ecuatorial en países como Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, Brasil, Venezuela y Panamá.

Se destaca que (Fookes, et al., 2000) identificaron 13 modelos tectónicos, 17 modelos geológicos y 8 modelos geomorfológicos. Para el caso del presente trabajo de investigación, se considera que aplican los modelos geomorfológicos.

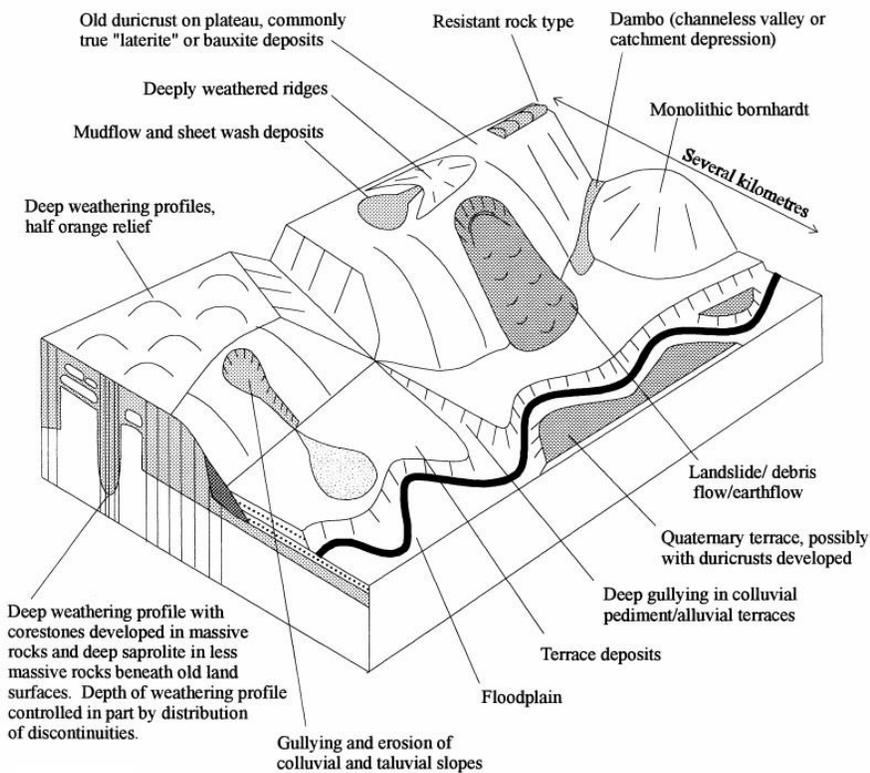


Figura 4. Modelo geomorfológico-Clima húmedo. Zonas tropicales.

Fuente: Fookes et al. (November, 2000). Total geological history: A model approach to the anticipation, observation and understanding of site conditions. Ervin, MC (Chairman). GeoEng2000 Conference, Melbourne, Australia.

Con respecto a aplicaciones relacionadas con identificación de aspectos geotécnicos sobre el DdV, a partir del análisis diferencial de escalas, se conoce que “los aspectos de detalle determinados del modelo de la base cartográfica, depende del nivel del gerenciamiento y solución de los problemas” (Lada, Galina & Sergey, 2012, Pg 3). Lo anterior, se interpreta como la necesidad de realizar un adecuado gerenciamiento de la información; que puede estar asociado a una base de datos como el sistema de información geográfico -GIS-. En la Figura 5, se presenta un caso práctico de generación de escalas Macro. Meso y Micro para un STD.

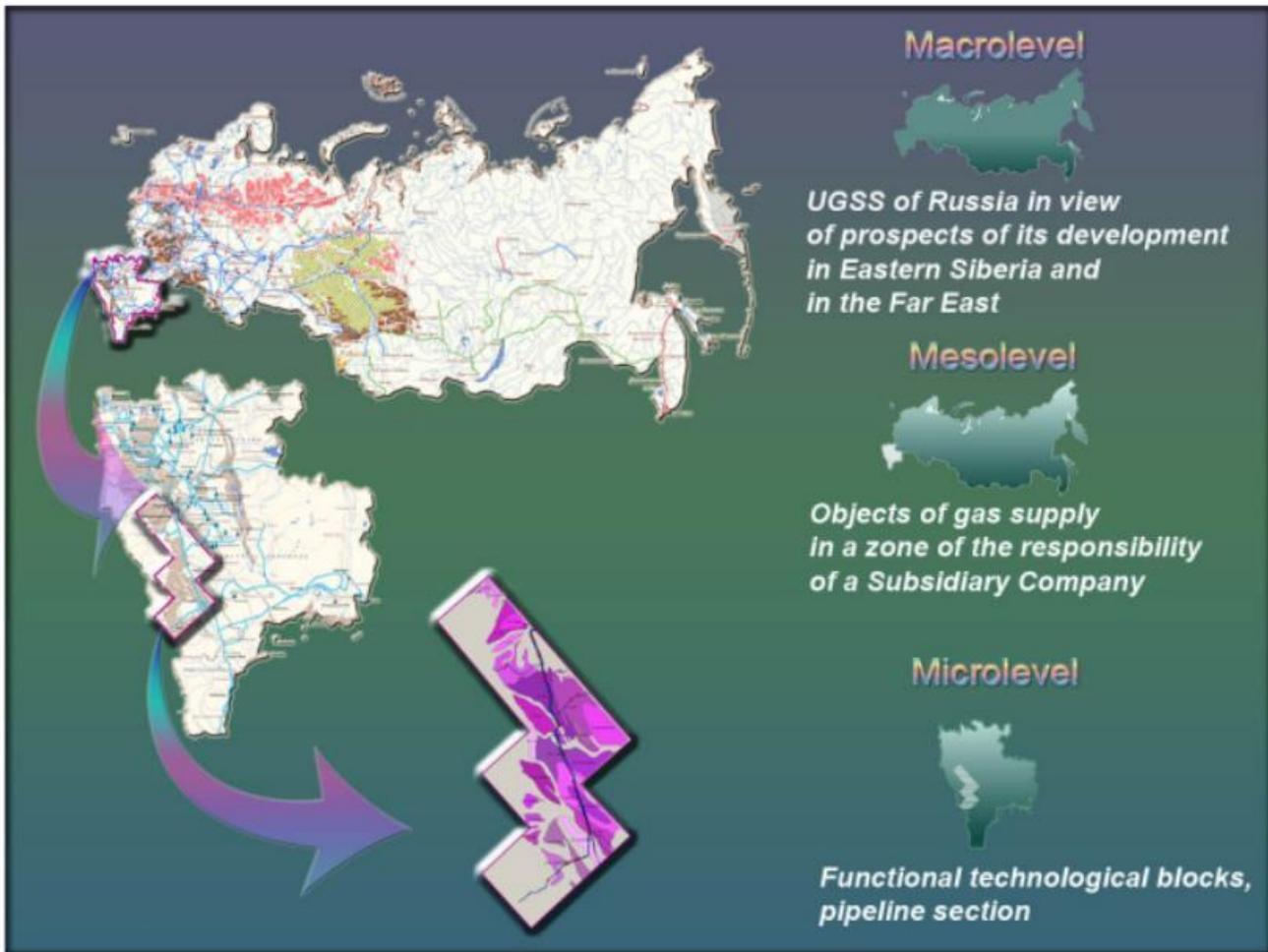


Figura 5. Jerarquía de escalas en construcción del modelo propuesto por Lada.

Fuente: Lada, et al. (June, 2012). Analysis and assessment of natural risks for unified gas supply system facilities of Russia using promising geoinformation technologies. Datuk Anuar Ahmad (Chairman). Word Gas Conference, Kuala Lumpur, Malaysia.

Para finalizar, se presenta un beneficio que se puede obtener al poder definir adecuadamente los tramos para la implementación de la arquitectura vegetal de un DdV; ya que teniendo en cuenta que dicho DdV se convierte en una barrera natural, para el normal desplazamiento de la fauna dentro de la zona de influencia, la formación de puentes naturales entre las copas de los árboles facilita que los animales no presenten dificultad ni identifiquen límites para su movilidad natural. En la Figura 6 se presenta un ejemplo de puente natural, sobre un DdV y producto de un manejo adecuado de la arquitectura vegetal.

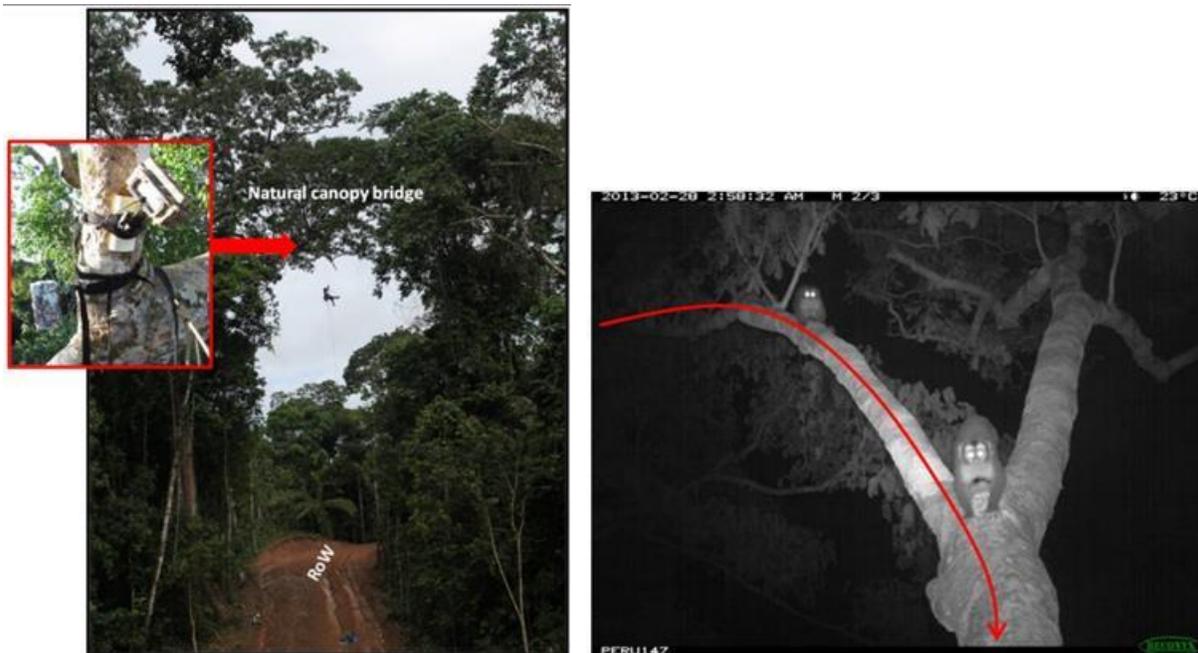


Figura 6. Ejemplo aplicación puente natural. Selva Latino América.

Fuente: Gregory et al. (June, 2013). Methods to establish canopy bridges to increase natural connectivity in linear infrastructure development. Bruce B (Chairperson). Latin American and Caribbean Health, Safety, Social Responsibility, and Environment Conference, Lima, Perú.

Es importante mencionar que el ejemplo del Puente natural de la Figura 6, no tiene de manera precisa, una metodología para definir los tramos donde se puede implementar la arquitectura vegetal acorde al criterio de la escala Macro, Meso y Micro.

4.2 Entorno jurídico

Al verificar la condición normativa se busca información propia del sitio en el cual se realiza el desarrollo de la investigación y a su vez la normatividad vigente para Perú. Con la búsqueda de dicha información se pretende comprobar que, por ejemplo para el caso de Latinoamérica, la regulación aunque es propia de cada país, guarda los puntos de similitud en los temas relevantes, respecto a la conservación de los recursos naturales, el desarrollo y la sostenibilidad de los proyectos y la mitigación de los impactos ambientales a partir de estudios y análisis de la información previa.

En el caso de Perú, se destaca que en la década del 70; en relación a temas ambientales, se obtuvieron resultados tangibles y positivos con respecto al inicio para la conservación de los recursos naturales renovables mediante entidades gubernamentales como el Sistema Nacional de Unidades de Conservación, así como algunos convenios internacionales como la convención CITES.

La Ley 28611 - Ley General del Ambiente, instituye que el Estado tiene como función:

“diseñar y aplicar las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para de esta forma garantizar el efectivo ejercicio y cumplimiento de los derechos, obligaciones y responsabilidades de carácter ambiental, realizando esta función a través de sus órganos y entidades correspondientes”. (Viceministerio de Gestión Ambiental, 2014. P. 2).

Se indica a su vez que, la actuación de las Autoridades Sectoriales y de las empresas privadas durante el diseño, mantenimiento y operación de sus proyectos o actividades económicas, deben estar en concordancia con los Principios del Derecho Ambiental contenidos en la Ley General del Ambiente los cuales se listan a continuación:

- Principio de Sostenibilidad
- Principio de Prevención
- Principio Precautorio
- Principio de internalización de costos
- Principio de responsabilidad ambiental
- Principio de equidad
- Principio de Gobernanza ambiental

En la Tabla 3, se presentan las principales Leyes, Decretos Supremos (DS) y Decretos Legislativos (DL), relacionados con la iniciativa anteriormente mencionada.

Actualmente, se puede mencionar dentro del estado de la normatividad ambiental discriminado por sectores, La Ley Orgánica de Hidrocarburos - Ley No. 26221, que concuerda con el DS N° 042-2005-EM – Texto Único Ordenado de la Ley 2622 - Ley Orgánica de Hidrocarburos; debido a que es la norma base que se encarga de regular y normar las actividades de hidrocarburos en el país. Dicha Ley dictamina que los responsables a título propio de actividades de hidrocarburos están obligados a garantizar la protección del interés nacional; y atender la seguridad y salud de sus trabajadores; y cumplir con las disposiciones sobre protección al medio ambiente. El Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, DS No. 015-2006-EM, establece las especificaciones que se deberán tomar en cuenta para desarrollar dichas actividades, buscando la protección del

ambiente en el que se desarrolle la actividad, así como los organismos competentes para la aplicación de dicho reglamento. De la misma manera, señala los requisitos para la presentación de los EIA, EIAP y PAMA. Finalmente, aprueba los niveles máximos aceptables de contaminantes en el aire y los formatos para el Programa de Monitoreo de Efluentes Líquidos, el Programa de Monitoreo de Emisión de Gases y la Declaración Jurada sobre generación de emisiones y/o vertimientos de residuos de la industria de hidrocarburos.

Tabla 3. Normativas de recursos naturales en Perú por actividad económica

MINERÍA	HIDRO CARBUROS	GAS NATURAL	BIO COMBUSTIBLES	ELECTRICIDAD	GEO TÉRMICOS	TURISMO	TELE COMUNICACIONES	TRANSPORTE	INDUSTRIA	AGRICULTURA	EDUCACIÓN	SALUD	DEFENSA	DESASTRES Y EMERGENCIAS
DS-014-92-EM				Ley Nº 25844-92										
DS-016-93-EM	DS-052-93-EM			DS-29-94-EM	Ley Nº 26848-97		DS-13-93-TCC		DS-19-97-ITINCI	Ley Nº 26744-97		Ley Nº 26842-97	Ley Nº 26620-96	
DS-013-2002-EM	DS-026-94-EM		Ley 28054-2003					Ley Nº 27943-2004	DS-25-2001-ITINCI					
Ley 28090-2003	DS-032-2004-EM							DS-3-2004-MTC			Ley Nº 28044-2003			
Ley Nº 28271-2004			DS-13-2005-EM					Ley Nº 28256-2004						
DS-033-2005-EM								DS-21-2008-MTC						
DS-059-2005-EM														
Ley Nº 26221-2005	DS-015-2006-EM		DS-21-2007-EM											
DS-042-2005-EM	DS-081-2007-EM													
DS-020-2008-EM	DS-043-2007-EM						DS-20-2007-MTC			Ley Nº 28804-2006	DS-14-2007-DINECA-AEA			Ley 28804-2006
DL-1048-2008	DS-012-2008-EM													DS-24-2008-PCM
DS-028-2008-EM		DS-42-99-EM												
DS-003-2009-EM						DS-3-2010-MINCETU								
DS-078-2009-EM										Ley Nº 29196-2010				

Fuente: Ministerio del medio ambiente - MINAM. (2011). Compendio de la legislación ambiental Peruana. (p. 4).

Es importante destacar que en cada país de Latinoamérica, para proyectos de tipo lineal y de la industria del Petróleo y Gas, existen marcos jurídicos aplicables a los proyectos que generan impactos ambientales y su enfoque se ha dividido en tres partes: La primera parte se enfoca a las normas ambientales vigentes respecto a la construcción y operación de proyectos lineales; la segunda área se enfoca en la preservación de áreas protegidas, y la tercera, se relaciona con normas que son de orden territorial y tienen que ver con los planes de ordenamiento territorial, patrimonio arqueológico, explotaciones mineras, entre otras.

4.3 Entorno ambiental en Perú

En el Perú, a partir de la década de los 70's se inició una regulación sobre la utilización y administración de los recursos naturales. Dicha iniciativa viene fortaleciéndose durante los últimos 40 años; integrando, cada vez más, la mayoría de los mercados y ámbitos económicos del país, tales como: El recurso minero, el turismo, el transporte, el rubro de los hidrocarburos, entre otros (ver Tabla 3).

Con relación al rubro del petróleo y gas, en la década de 1990 se inició el proceso para lograr la regulación de los impactos ambientales que se generan en la actividad de extracción y transporte de hidrocarburos. En 1993 se aprobó el primer reglamento ambiental para actividades de hidrocarburos, en el que se dictó una serie de disposiciones para quien realice dichas actividades, así como un marco normativo para el estado.

El reglamento inicial ha tenido una serie de modificaciones que dieron lugar a un documento nuevo aprobado en el 2006, mediante el DS 015-2006-EM, en el que se destacan los cambios más importantes a las previsiones ambientales en el sector, el aprovechamiento de los recursos naturales y la adecuación de la actividad al marco normativo ambiental. Lo anterior se explica a detalle en el Manual de Legislación ambiental (Ministerio del Ambiente, 2006).

Actualmente, para las actividades que involucran la extracción y el transporte de hidrocarburos, los principales documentos exigidos por las entidades reguladoras son: el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), es el encargado de la fiscalización del cumplimiento de la normativa ambiental e instrumentos ambientales. Dicha entidad es la que, para el caso de los DdVs, solicita la información necesaria para el cumplimiento de arquitectura vegetal que está asociada a la generación de puentes naturales. No obstante, se debe mencionar que los puentes naturales no poseen una normativa específica y depende de la buena práctica de ingeniería por parte de las Empresas, Públicas o Privadas, que desarrollan su actividad económica vinculada a la industria del Petróleo y Gas.

5 MÉTODOLOGÍA

5.1 Adopción de perspectiva teórica

Para el desarrollo de un proyecto de transporte de hidrocarburos es necesario realizar un estudio de impacto ambiental (EIA) y sus alcances pueden variar de país a país, sin embargo, sus características generales son similares. Un DdV para transporte de hidrocarburos puede tener un ancho de entre 20 m y 30 m, y es una franja lineal cuya longitud depende de las condiciones propias del proyecto, básicamente desde dónde se explota hasta donde se almacena, distribuye o vende, según sea el caso. Dadas las condiciones de linealidad de este tipo de proyectos, las características del entorno muchas veces cambian con rapidez, asimismo se suele pensar que el estudio transversal carece de sentido teniendo en cuenta que la relación del ancho con el largo es ínfima. Actualmente, trabajos como el de Gregory et al. (2013), demuestran que los impactos van más allá de las afectaciones hidráulicas o geotécnicas y pueden tener connotaciones negativas en la fauna, la flora, la sustentabilidad y en general la dinámica natural del entorno.

En dicho sentido se tiende a pensar que el proceso de recuperación de un DdV consiste simplemente en la re-forestación de las zonas intervenidas; sin embargo, se ha podido establecer que las dinámicas naturales de los ecosistemas tardan mucho tiempo en recuperarse luego de ser alteradas y que lograr la mitigación definitiva requiere de tiempos e intervalos de acción precisos.

Dadas las similitudes existentes en los STD de montaña, bien sea en su modus operandi o en los problemas que los afectan, surge la necesidad de establecer, a partir de la investigación, la importancia de la aplicación de los criterios Maso, Meso y Micro, como parte de un proceso efectivo que permita delimitar zonas, dentro de un proyecto lineal, que sean óptimas para la implementación del procesos de generación de puentes naturales asociados con la recuperación de la arquitectura vegetal. Dichas zonas deberán cumplir con una serie de requisitos que han de ser evaluados a partir de la definición de dicho procedimiento.

Éste proceso investigativo buscará, a través de experiencias previas y sustento técnico, establecer las características y/o categorías que deben ser evaluadas para decidir si un determinado tramo es viable para ser intervenido y recuperado desde el punto de vista vegetal, sin que en el futuro se tengan repercusiones negativas o impactos en la seguridad y operatividad. A partir de los resultados obtenidos luego de la evaluación de los criterios Maso, Meso y Micro, se busca sentar un precedente que permita a otros investigadores desarrollar una metodología a partir de los resultados de la evaluación, en un

entorno real extrapolable, de las condiciones técnicas establecidas y los resultados a partir de nuestra experiencia en campo y experiencias futuras.

A continuación se describen las etapas de ejecución de la actividad y los objetivos a partir de cada una de ellas:

- Etapa de definición teórica – Establecer criterios de evaluación de zonas recuperables
- Etapa de caracterización típica de STD de montaña – Determinar categorías o patrones presentes en éste tipo de proyectos que se puedan validar a nivel general, para proyectos con entornos similares a los Andes Suramericanos.
- Etapa de planteamiento de la metodología – Analizar a Escalas Macro, Meso y Micro el entorno real extrapolable, en este caso para el Gasoducto Camisea en el Perú.
- Etapa de evaluación del método en un ambiente real – Observar las relaciones directas de las situaciones establecidas de manera teórica y contrastarlas con lo que ocurre en la realidad.

5.2 Modelo aplicativo

El DdV es una franja de terreno por donde se instalan los ductos para el transporte de hidrocarburos. Normalmente, tienen un ancho permitido aproximado de entre 20 m y 30 m, variación que se da debido a la reglamentación en cada país. Dicha franja, está sujeta a la potencial afectación de efectos naturales, producidos por agentes externos; tales como: El agua, los sismos, el viento, asociados a los aspectos geológicos definidos en cada lugar. La investigación busca establecer una metodología de determinación tramos donde se pueden definir los puentes naturales para el desplazamiento normal de la fauna presente en la zona intervenida por la construcción de dichas obras.

En la Figura 7 se presenta la condición y distribución típica de un DdV.

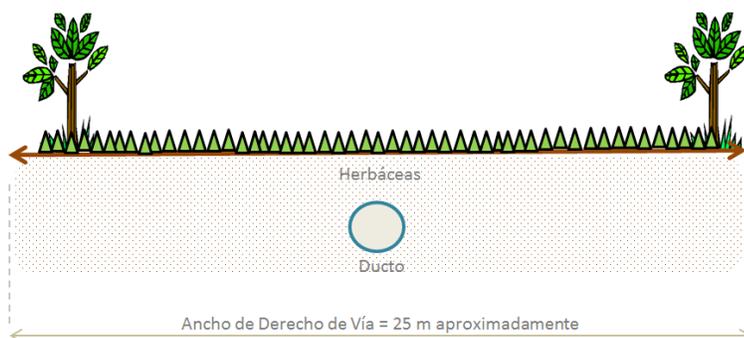


Figura 7. Distribución típica de un DdV.

Fuente: Oliveros & Ríos (2014).

De la misma manera, en la Figura 8, se presenta la distribución ideal para la arquitectura vegetal que facilita la generación de los puentes naturales.

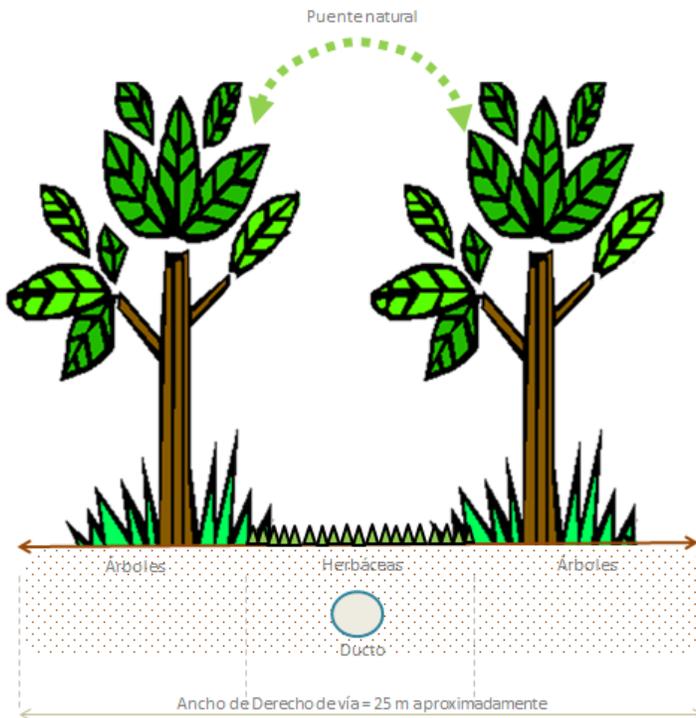


Figura 8. Distribución ideal de la arquitectura vegetal con formación de puentes naturales.

Fuente: Oliveros & Ríos (2014).

La metodología de investigación planteada, tiene como base los siguientes aspectos principales:

- Identificación de un DdV en una zona de montaña.
- Análisis geológico/geotécnico a escalas macro, meso y micro (de escritorio y campo)

Con base en lo anterior, la metodología de definición de tramos permite:

- Mejorar la condición de estabilidad del DdV
- Definir tramos estables, donde se puede implementar la arquitectura vegetal
- Generación de puentes naturales entre las márgenes de un DdV
- Recuperación ambiental de zonas de montaña por efecto de la construcción de proyectos de hidrocarburos
- Ampliar la escala de análisis de la condición de un DdV ante eventos naturales
- Reducción de costos en los mantenimientos de un DdV

Se destaca que para la definición de posibles tramos para la generación de puentes naturales, se requiere hacer un análisis partiendo de lo global o general hacia lo específico o particular. Por tal motivo, las principales actividades que se realizan son:

- Búsqueda de información
- Análisis a nivel macro
- Análisis a nivel meso/medium
- Análisis a nivel micro (visita a campo o sobrevuelo)
- Definición de tramos óptimos para la implementación de la arquitectura vegetal y generación de puentes naturales.

5.2.1 Sector de análisis

La zona de análisis para el desarrollo del estudio, está localizada en Perú, Provincia la Concepción, en la selva amazónica peruana. El tramo tiene una longitud de 4.7 km, definidos sobre el eje del proyecto de Gas de Camisea, entre las coordenadas: Para inicio 724983 E, 8683140 N y para fin 726386 E, 8678783 N.

La vegetación predominante es de tipo bosques primarios, bosques montanos y en menor extensión hay zonas con influencia agrícola (café, naranjas, cacao, etc). Durante la evaluación, se comprobó que la mayoría de los bosques caracterizados estuvieron dominados por pocas familias que incluían más del 50% del total de especies.

El bosque se halla en una zona dominada por pacaes. La especie más representativa es el “tornillo” (*Cedrelinga catenaeformis*), por tener un valor alto de abundancia relativa, debido principalmente al gran tamaño de sus individuos, dicha situación lo convierte en una especie óptima en la zona para la generación de los puentes naturales. Otras especies representativas son *Hirtella triandra* (Chrysobalanaceae), *Pterygota amazonica* (Sterculiaceae), *Socratea salazarii* y *Iriartea deltoidea* (Arecaceae), *Pseudolmedia laevigata* (Moraceae), *Protium tenuifolium* (Burseraceae), *Hevea brasiliense* y *Senefeldera inclinata* (Euphorbiaceae) y *Tocoyena sp.* (Rubiaceae).

En la Figura 9 se presenta la localización y el perfil topográfico del tramo.

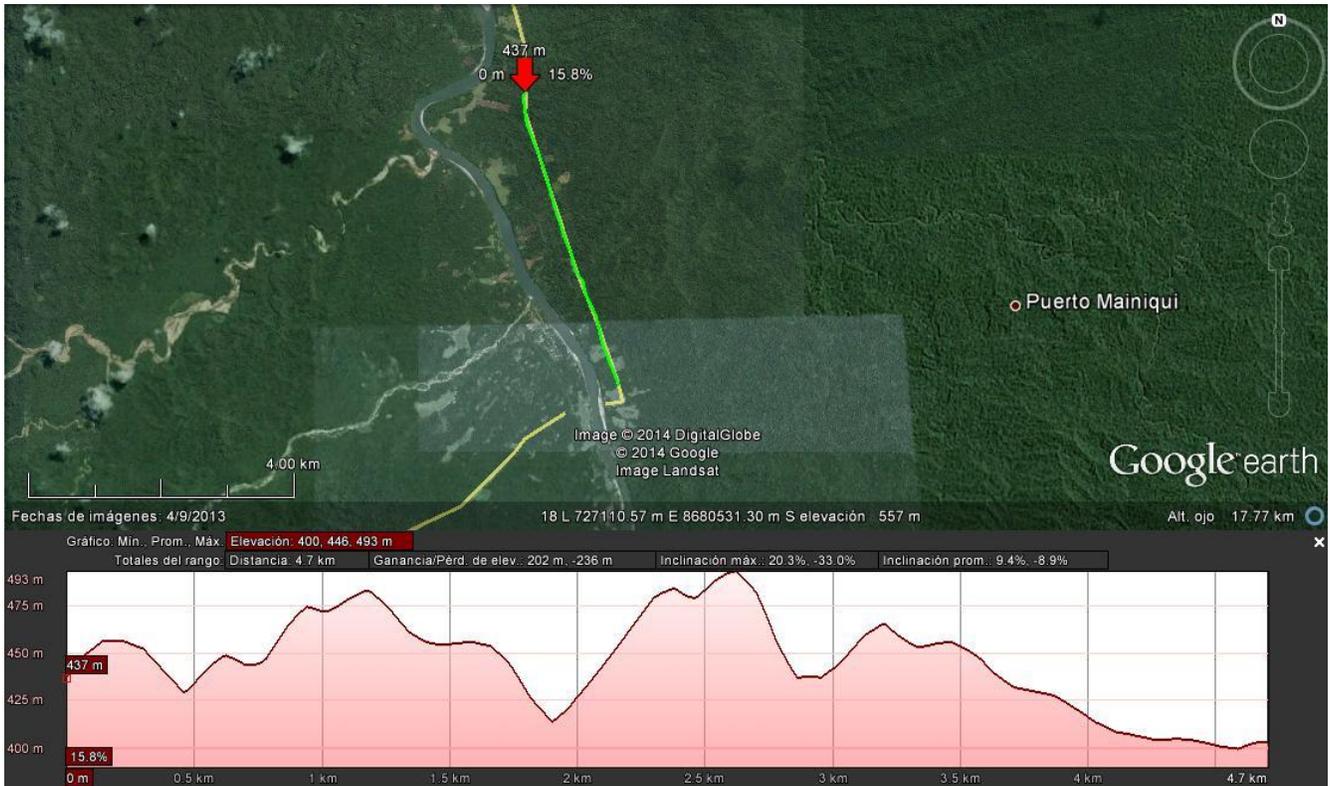


Figura 9. Localización y perfil del tramo de estudio. Escala 1:100.000

Fuente: Google Earth. Oliveros & Ríos (2014).

Con respecto al análisis a nivel macro, es importante resaltar que con este manejo de escala se identifican mega-estructuras geológicas que intervienen con el eje del DdV de estudio. Para el presente caso, se puede apreciar en la Figura 10, que la línea de color naranja, definida con la letra A, hace referencia al eje de una mega-estructura geológica; que claramente, cruza el tramo de estudio, definido con la letra B.

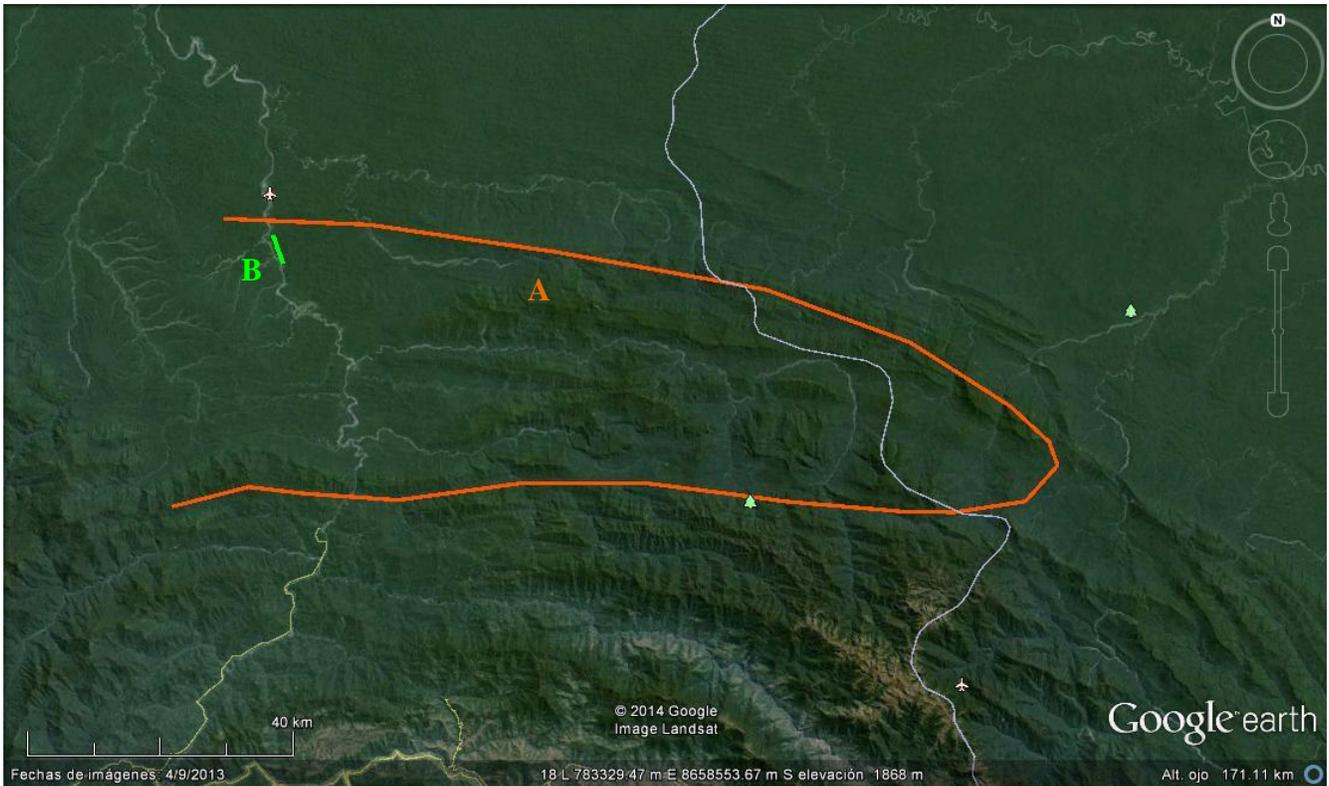


Figura 10. Aplicación escala macro. Escala 1:1'000.000.

Fuente: Google Earth. Oliveros & Ríos (2014).

Para poder analizar la condición de la zona cercana a las intersecciones entre la mega-estructura y el eje del DdV, se implementa la escala meso o medium; que permite analizar y visualizar las expresiones geomorfológicas del terreno. Para dicho análisis, se identifican sitios donde se tuvieron o registraron algún tipo de evento de inestabilidad y se observa, que siempre guarda relación con las estribaciones o ramales de las mega-estructuras. Posteriormente a esta identificación de correlación, se realiza un mapeo a lo largo del tramo de estudio, analizando y buscando zonas donde las características propias del contexto externo son similares a las zonas donde históricamente se registraron eventos de inestabilidad. Es recomendable que en las nuevas zonas identificadas se implementen obras preventivas. En la Figura 11, se aprecian en color rojo los sitios con problemas geotécnicos históricos y en color azul, los sitios identificados donde se pueden implementar acciones preventivas. Las líneas amarillas corresponden a lineamientos estructurales a escala meso o mediana, definen las expresiones geológicas evidentes en la superficie del terreno.

Cabe destacar que los tramos localizados entre sitios donde no se evidencia la presencia de potenciales afectaciones al DdV son los que son recomendables para realizar la generación de los puentes naturales.

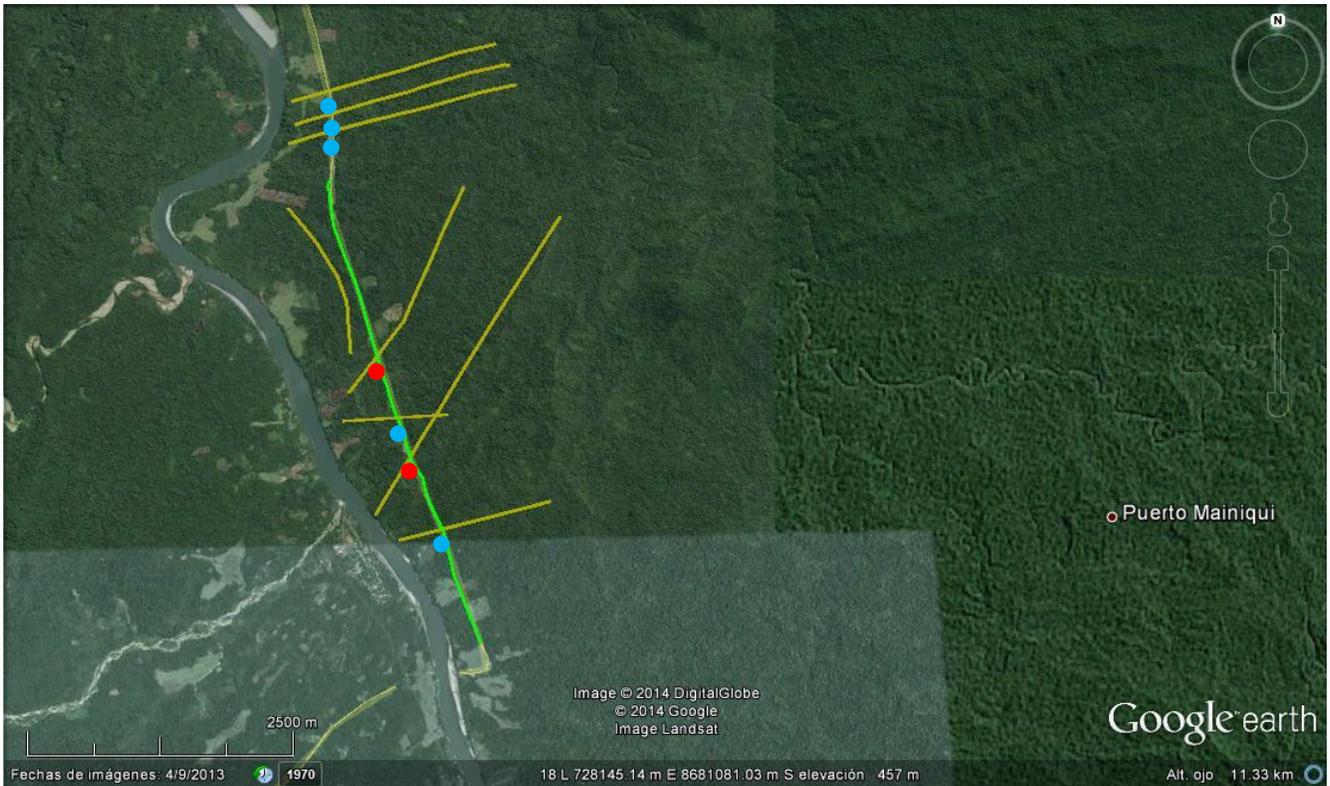


Figura 11. Aplicación escala meso o médium. Escala 1:50.000.

Fuente: Google Earth. Oliveros & Ríos (2014).

Como se mencionó anteriormente, la definición de tramos factibles para la generación de los puentes naturales deben ser validados mediante la aplicación de la escala a nivel micro. Para ello, se deben hacer inspecciones en los tramos o sobrevuelos que permitan validar la ocurrencia de la evolución de dichos puentes. En la Figura 12 se presentan en color azul los tramos identificados para tener un adecuado desarrollo de los puentes naturales. Se debe mencionar que se seleccionaron los tramos a partir de un radio de 100 m a partir de los sitios con evidencia o potencial inestabilidad geotécnica.

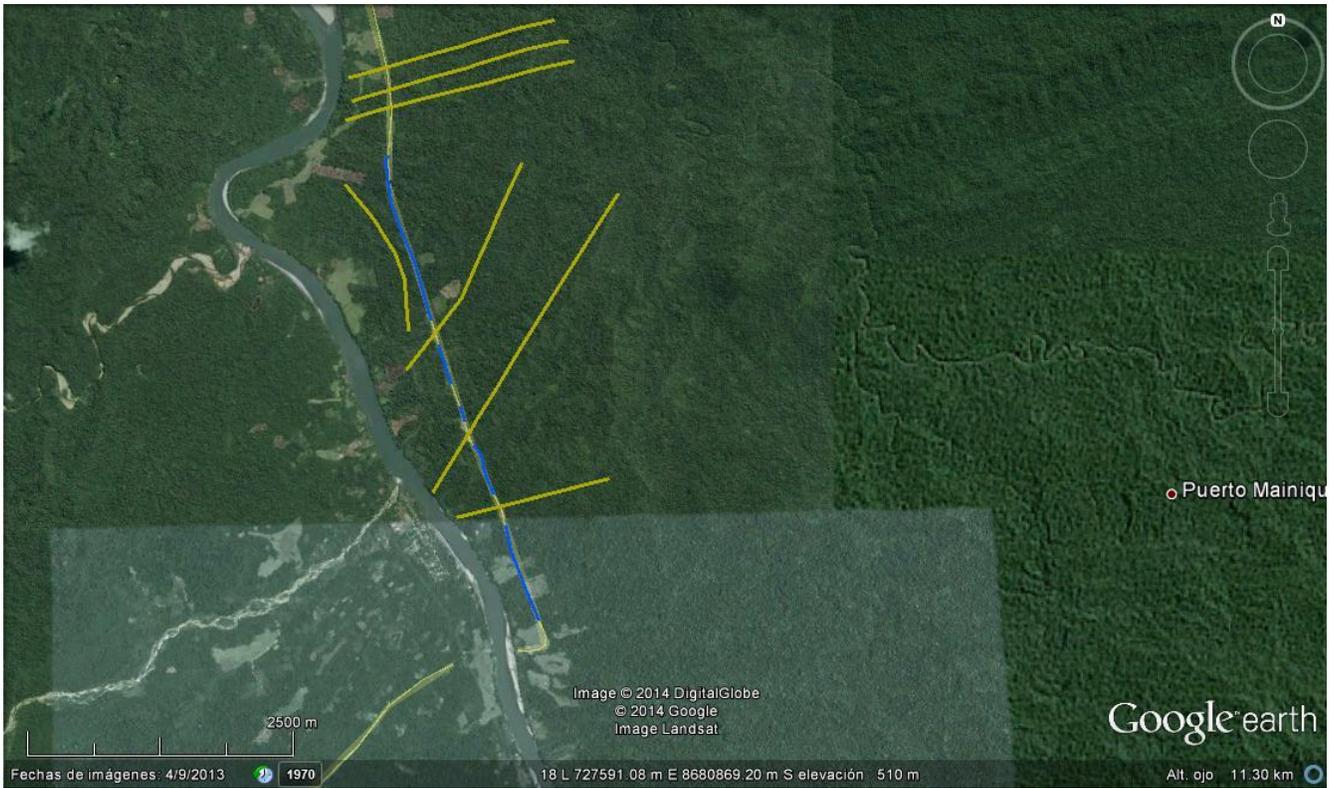


Figura 12. Aplicación escala micro. Escala 1:50.000.

Fuente: Google Earth. Oliveros & Ríos (2014).

6 RESULTADOS

Una vez identificados los tramos para inspeccionar y hacer el respectivo seguimiento en el tiempo, se realizaron una serie de sobrevuelos que permitieron validar los anteriores pasos la metodología. A continuación se presentan las características observadas en 2 puentes naturales identificados.

6.1 Puente natural No. 1

Durante los últimos sobrevuelos realizados, se confirmó la generación de un puente natural a 900 m del inicio del tramo de estudio. En la Figura 13 se presenta la localización del mencionado puente. Se destaca que se realizó un seguimiento durante el último año y se comparó la condición del sitio con registros fotográficos de años anteriores. En la Imagen 1, se visualiza el estado del sitio en el año 2011 y en la Imagen 2 en finales del 2014.

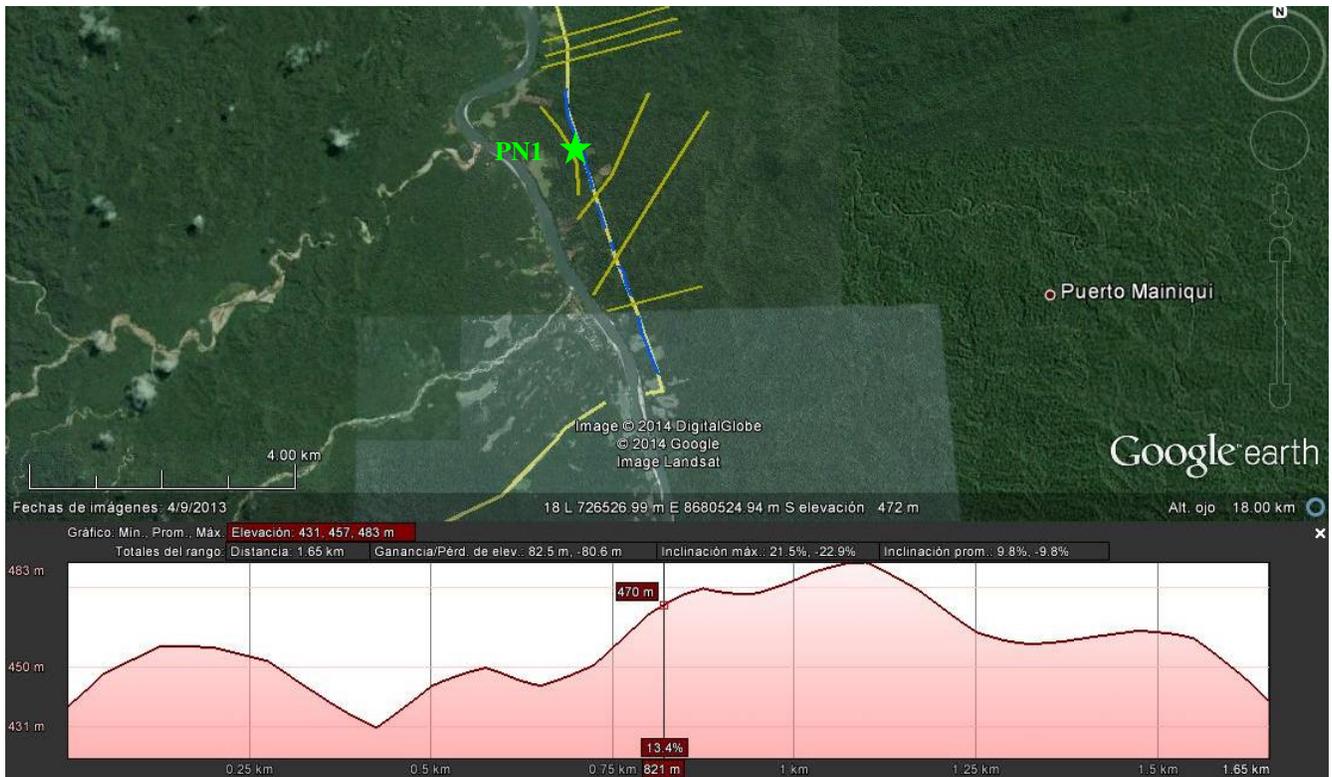


Figura 13. Localización puente natural No. 1.
Fuente: Oliveros & Ríos (2014).



Imagen 1. Estado de puente natural no.1 en el año 2011.
Fuente: Oficina técnica COGA (2011). COGA. Lima.



Imagen 2. Estado de puente natural no.1 en el año 2014.

Fuente: Oficina técnica COGA (2014). COGA. Lima.

6.2 Puente natural No. 2

De la misma manera, a 2100 m del inicio del tramo de estudio, se identificó un segundo puente natural y con una extensión aproximada de 100 m. En la Figura 14 se presenta la localización de mencionado puente. En la Imagen 3, se visualiza el estado del sitio en el año 2011 y en la Imagen 4 en finales del 2014.

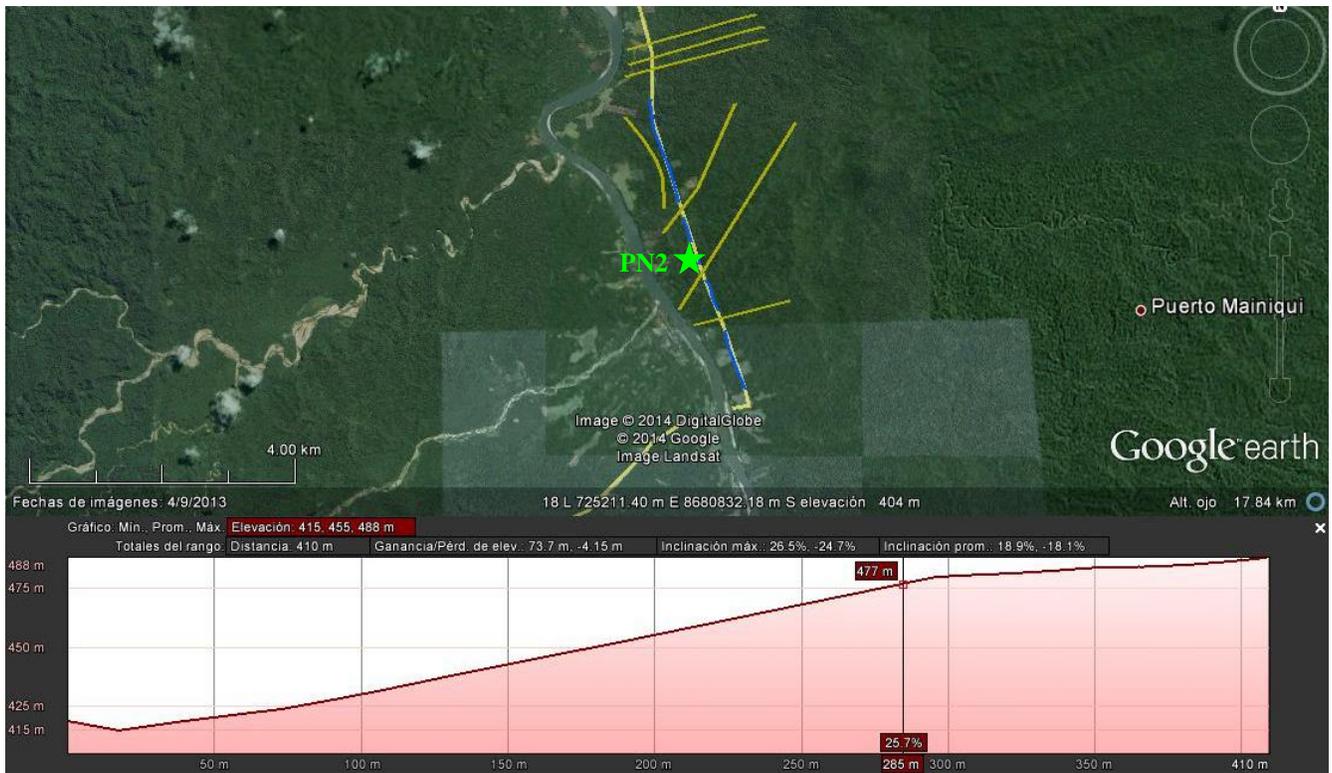


Figura 14. Localización puente natural No. 2.
Fuente: Google Earth. Oliveros & Ríos (2014).



Imagen 3. Estado de puente natural no.2 en el año 2011.
Fuente: Oficina técnica COGA (2014). COGA. Lima.



Imagen 4. Estado de puente natural no.2 en el año 2014.

Fuente: Oficina técnica COGA (2014). COGA. Lima.

7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto a los resultados obtenidos, se destaca:

- a) Se definieron 4.0 Km del tramo de estudio como óptimos para la generación de los puentes naturales entre las márgenes del DdV. No obstante, no se tiene una homogeneidad en la tasa de recuperación y forma de los puentes; debido a que son muchas las variedades de especies nativas que hacen parte del contexto forestal del área de influencia del tramo de estudio.
- b) Se estima que el puente con más actividad puede ser el puente natural No. 1. Lo anterior, debido a que por acción de personas externas al proyecto, han iniciado una serie de deforestaciones circundantes del PN1, que obliga a la fauna a trasladarse a lugares más alejados, implicando un “cruce forzado” a través del DdV.

- c) De acuerdo con la posición de los puentes naturales identificados, se puede observar que el puente ubicado en la parte baja del valle (PN2), tiene más longitud recuperada que el puente establecido en la parte alta del valle (PN1).

8 CONCLUSIONES

- i. Mediante la aplicación y análisis de distintos niveles de escala se establecieron posibles tramos para la generación de puentes naturales, a lo largo de un DdV construido en zona montañosa. El análisis se desarrolló en el Proyecto Gas de Camisea en la selva Peruana. Se destaca que dicha aplicación se puede utilizar para STD con características similares, desde el punto geomorfológico, a las que se presentan en los andes Suramericanos.
- ii. Durante el desarrollo de la investigación, se identificaron 2 puentes naturales a lo largo de los 4.7 Km que fueron considerados como tramo de estudio y que se definió para el análisis y desarrollo del presente trabajo de investigación.
- iii. El desarrollo del trabajo de campo a escala micro, de la metodología establecida, requiere de una inversión económica considerable.
- iv. La metodología establecida se fundamenta en la caracterización geológica/geotécnica del espacio geográfico de interés. No se puede garantizar los valores exactos de la longitud de los puentes naturales que se puedan generar en los DdV, debido a que también influyen aspectos forestales y agronómicos que no hacen parte de la presente investigación. El presente trabajo garantiza la identificación de tramos donde la ocurrencia de eventos geotécnicos y de expresión geológica en superficie son mínimos, y por ende, la recuperación y revegetación del DdV se integra de manera armónica con la fauna y la flora circundante al proyecto.
- v. Para el desarrollo de la investigación se analizaron las diferentes formas y tipos de movimientos de suelos que pueden afectar un DdV construido en zona montañosa.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Compañía Operadora de Gas del Amazonas COGA. (2013). Oficina GIS. Lima.

Fookes, Baynes & Hutchinson (November, 2000). Total geological history: A model approach to the anticipation, observation and understanding of site conditions. Ervin, MC (Chairman). GeoEng2000 Conference, Melbourne, Australia.

Gregory et al. (June, 2013). Methods to establish canopy bridges to increase natural connectivity in linear infrastructure development. Bruce B (Chairperson). Latin American and Caribbean Health, Safety, Social Responsibility, and Environment Conference, Lima, Perú.

Instituto Nacional de Vías. (1998). Manual de estabilidad de taludes, Bogotá.

Lada, Galina & Sergey. (June, 2012). Analysis and assessment of natural risks for unified gas supply system facilities of Russia using promising geoinformation technologies. Datuk Anuar Ahmad (Chairman). Word Gas Conference, Kuala Lumpur, Malaysia.

Ministerio del medio ambiente. (1998). Guía ambiental para el transporte de hidrocarburos por ductos. (p. 5.2). Bogotá D.C.: Editores Geoingeniería Ltda.

Ministerio del medio ambiente - MINAM. (2011). Compendio de la legislación ambiental Peruana. (p. 4). Lima: MINAM.

Proyecto multinacional andino: Geociencias para las comunidades andinas. (2007). Movimientos en masa de la región andina: Guía para la evaluación de Geoamenazas. Canadá. Publicación geológica multinacional N.4.

Suarez, J. (2009). Deslizamientos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Sitios Web

Universidad de Granada. (2005). Universidad de Granada. Movimientos de ladera. Recuperado de: http://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/3_MOVIMIENTOS.pdf

Biblioteca de investigaciones. Wordpress. Terremotos, tsunamis y fallas geológicas. Recuperado de:
<http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/geologia/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas/>

Ministerio del Medio Ambiente - Manual de legislación ambiental. Perú. Recuperado de:
http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=442&Itemid=3518

Viceministerio de Gestión Ambiental – Compendio de legislación ambiental peruana. Recuperado de:
<http://biam.minam.gob.pe/novedades/Compendiolegislacion06.pdf>