

## CONTENIDO

1.-	INTRODUCCION .....	1
1.1.-	Geomorfología local .....	3
2.-	ANTECEDENTES .....	4
3.-	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL .....	6
3.1.-	Formaciones Geológicas del Área de Estudio .....	10
3.2.-	Estructuras geológicas cercanas al sitio de estudio .....	12
3.3.-	Sismicidad de la Región .....	13
4.-	METODOLOGIA DE TRABAJO .....	15
4.1.-	Trabajo de Gabinete Inicial .....	15
4.2.-	Trabajo de campo .....	15
4.3.-	Trabajos de gabinete final .....	16
5.-	GEOLOGIA LOCAL Y ESTRATIGRAFIA .....	16
5.1.-	Correlación geológica con perforaciones mecanizadas SPT .....	20
6.-	ZONIFICACION SISMICA DEL TERRENO .....	22
7.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	25
7.1.-	Conclusiones .....	25
7.2.-	Recomendaciones .....	26
8.-	BIBLIOGRAFÍA .....	27
	ANEXO N°1 RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO .....	0
	ANEXO N°2 FOTOGRAFÍAS .....	0
	ANEXO N°3 PLANOS LEVANTAMIENTOS LITOESTRATIGRÁFICOS .....	4
	ANEXO N°4 AVAL DE INETER .....	0

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Ubicación del Proyecto .....	2
Figura 2: Mapa Ubicación de estudios anteriores al Proyecto .....	6
Figura 3: Sección Geotransversal de Nicaragua.....	8
Figura 4: Marco Geotécnico Regional .....	9
Figura 5: Mapa de fallas cercanas al sitio.....	11
Figura 6: Sismos Ocurridos en la Región .....	14
Figura 7: Columna Litoestratigráfica .....	19
Figura 8: Correlacion de Sondeos SPT y Perfil Litoestratigráfico .....	21
Figura 9: Mapa de Zonificación Sísmica por Fallamiento Superficial.....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas del terreno .....	2
Tabla 2: Sismos ocurridos en la región. INETER. ....	13
Tabla 3: Datos de excavación realizada en el terreno .....	15
Tabla 4: Compacidad de los suelos a partir de sondeos mecanizados (SPT) .....	20

## 1.- INTRODUCCION

El Estudio de zonificación geológica por falla superficial, se hace a petición del **Ministerio de Hacienda y Credito Publico**, como requisito de la Dirección de Urbanismo de la Alcaldía de Rivas.

Este informe es revisado y avalado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (**INETER**) según la aprobación de la resolución administrativa N.º 07-2014, para obtener el Aval geológico y el permiso de construcción del **Tiangue en Puesto Fronterizo de Peñas Blancas**, este proyecto se ubica 200m al Suroeste de la Frontera Sur, Peñas Blancas, en el municipio de Cardenas, Departamento de Rivas. En el terreno se pretende construir un tiangue para los Buses que llegan a la frontera. (**Ver figura 1**).

El estudio se realizó con el objetivo de elaborar un plano de Zonificación geológica por fallamiento superficial para el uso adecuado del terreno, basándose en la identificación de posibles Fracturas y fallas geológicas en el subsuelo que evidencien movimientos telúricos ocurridos en el pasado y que datan edades geológicas Cuaternarias Recientes, Holocénicas y Pleistocénicas.

Esta investigación, permite precisar la influencia tectónica que tienen los rasgos morfológicos en esta región, utilizando como guía los patrones de los lineamientos fotogeológicos principales del Mapa Geológico de la Cuenca Sandino, Pacífico de Nicaragua. publicado por el INE y NORAD en 2007. El método de la investigación es la observación directa, por medio de la elaboración de una excavación, ubicada transversal a la orientación de la fallas y lineamientos geológicos cercanos al sitio del proyecto.

El terreno de este proyecto, tiene el número catastral **3050-3-07-0001**; el área que abarca el presente estudio es de **4.2 Hectáreas**.

Los vértices del terreno estudiado, fueron ubicados con GPS Garmin modelo 64 y tiene las coordenadas en el sistema UTM Datum WGS 84, con un margen de error de 2 a 3 metros, los que se muestran en la siguiente tabla.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

Vértices	Coordenadas	
	Extremo N	Extremo E
1	1240890	651062
2	1240734	651152
3	1240611	650950
4	1240768	650860
5	1240850	651081
6	1240824	641095
7	1240740	651150
8	1240732	651156

Tabla 1: Coordenadas del terreno

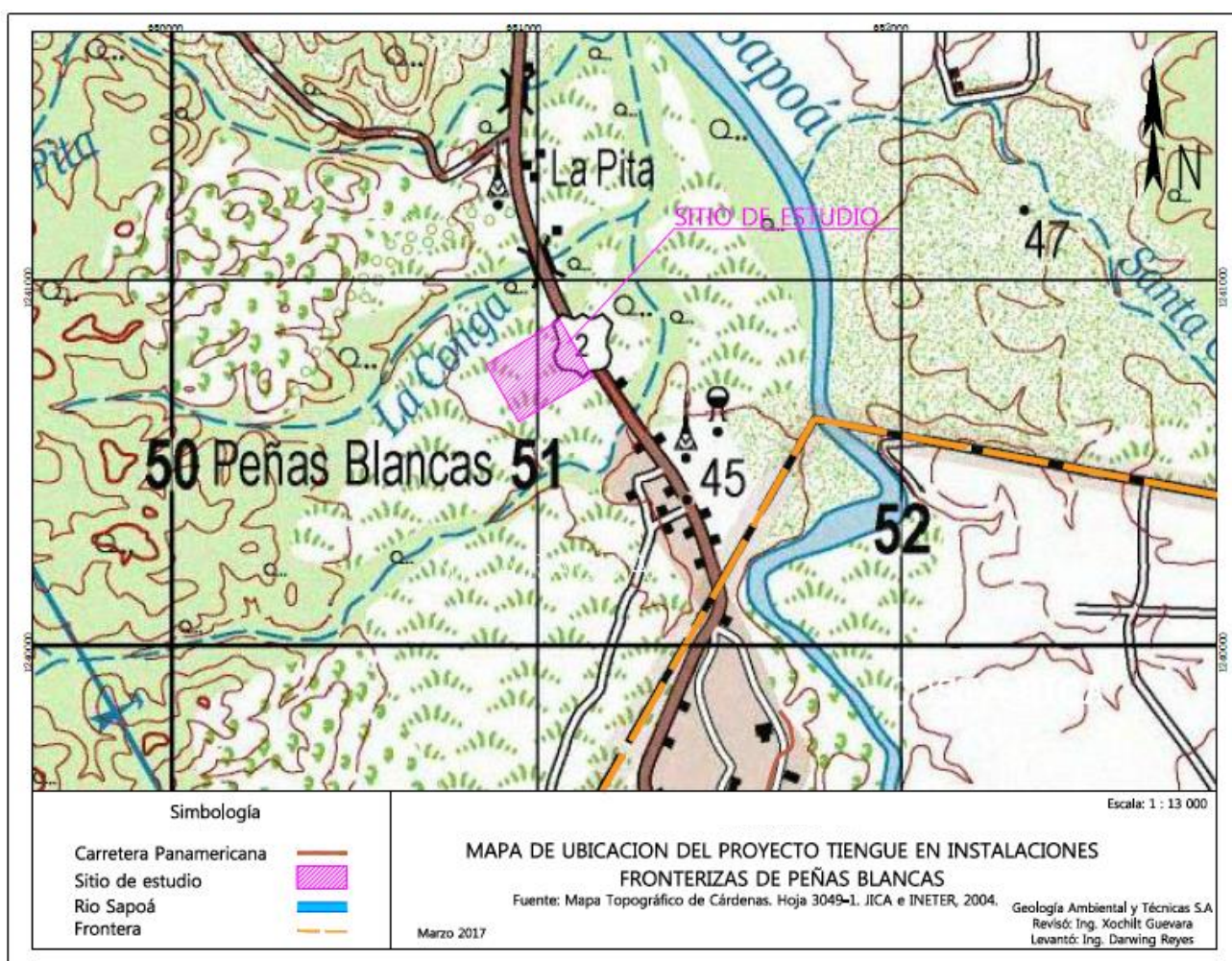


Figura 1: Mapa Ubicación del Proyecto

### 1.1.- Geomorfología local

Geomorfológicamente el terreno se localiza en una planicie, de suelos residuales formados por la meteorización del sustrato rocoso por acción de las escorrentías de agua de lluvia que corren hacia el NE del terreno y el rasgo morfológico más notable es el Rio Sapoá. Este terreno se ubica en un valle aluvial que ha erosionado las rocas existentes hasta dejar suelos aluviales residuales.

La geomorfología del sitio es plana, con una pendiente de 0.1 % hacia el NE, la cota de mayor elevación es 46.75 m.s.n.m al S del sitio y la de menor elevación es 44.00 m.s.n.m al N del terreno. **(Ver Anexos Foto 1).**

Esta planicie se ubica al NE del contacto entre las rocas sedimentarias lutitas y areniscas de edad Cretácicas de la Formación Rivas y las calizas de origen sedimentario de la Formación Sapoá, estos contactos fueron delimitados según Darce, M 2007 en el Mapa geológico de la cuenca Sandino.



## 2.- ANTECEDENTES

Para ubicar la excavación, se tomaron como fuente los estudios previamente realizados cerca del sitio donde se construirá el proyecto de Tiangue en puesto fronterizo de Peñas Blancas. Los estudios citados son:

- **Catastro e inventario de recursos Naturales (1975).** Mapa geológico de Peñas Blancas, hoja 3049 – 1, es el primer mapa geológico de la zona, describe los lineamientos y fallas geológicas, así como la litología de la región.
- **Turno, J & Alvarado, G., 1995.** Mapa Geológico de Costa Rica – Escala 1:500 000. Se usó para correlacionar la geología de ambas fronteras, las rocas volcánicas cuaternarias mencionadas en el Mapa Geológico de La Cuenca Sandino, coinciden con las Rocas Volcánicas del Cuaternario ilustradas en el Mapa Geológico de Costa Rica.
- **Moore, F. (2001).** Estudio de Amenaza Sísmica, proyecto fortalecimiento Nacional y Local en Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Naturales en Nicaragua. Este estudio nos ayuda a conocer, las microaceleraciones sísmicas esperadas en valores de g para la región según los modelos propuestos.
- **INETER. 2001.** Amenazas Naturales de Nicaragua. Presenta un resumen de los diferentes tipos de amenazas de Nicaragua, en base a información sobre datos sismológicos, hidrometeorológicos, amenazas volcánicas e inestabilidad de laderas.
- **Darce, M. Muñoz, A y Duarte, M (2002).** Geología de la Cuenca Sandino e Costa Adentro, Nicaragua. Centro América. Describe la geología de las formaciones que predominan en la región (Kt - r) Formación Rivas.
- **JICA e INETER. 2004.** Mapa topográfico de Cárdenas. Hoja 3049-1. Este mapa se usó como base para ubicar el sitio con sus coordenadas geográficas y ubicar los afloramientos observados. etc.

- **INE y NORAD. 2007.** Mapa geológico de la Cuenca Sandino. Este mapa geológico es el más actualizado, describe los contactos geológicos de la Costa Pacífico de Nicaragua, Cuenca Sandino, costa adentro. En él se ubican los contactos de las formaciones Cretácicas y Terciarias constituidas de rocas sedimentarias, que forman el basamento de la región. Además de las estructuras Geológicas cercanas.
- **Marshall, J. 2007.** The Geomorphology and Physiographic Provinces of Central América. Divide a Nicaragua en provincias morfológicas y define la región dentro del Arco frontal Sandino.
- **Alcaldía Municipal de Rivas, (2010).** Plan Departamental de Ordenamiento y Desarrollo territorial de Rivas. Describe la geomorfología, los suelos y la hidrografía de la región.
- **Google Earth. 2015.** Imágenes Satelitales de Peñas Blancas. Se usó el Software para interpretar ubicar el polígono de estudio, también para elaborar una fotointerpretación de los rasgos morfotectonicos como fallas y lineamientos cerca del sitio.
- **CIGEO. 2017.** Estudio por Fallamiento Superficial del Terreno en Antiguas Instalaciones del Puesto Fronterizo Sapoá, Departamento de Rivas. En el estudio elaboran 3 excavaciones denominadas A-A, B-B y C-C. no ubican fallas en el sitio. En su columna describen los horizontes de suelos: suelo Moderno (Hs), (Al-Kt-r) Suelo Residual, (Kt-r) Arenisca de la Formación Rivas, (Sf-Kt-r) Suelo Fósil. Zonifica como Zona 1 Regular.
- **CIGEO. 2017.** Estudio Geológico por fallamiento Superficial, Edificio de la Dirección General de Servicios Aduaneros (DGA), Puesto Fronterizo de Peñas Blancas, Departamento de Rivas. En este estudio se elaboraron 2 excavaciones A-A y B-B, en la columna elaborada de los 2 perfiles geológicos describen los estratos: Suelo Moderno (Hs), Suelo Aluvial (Al-Kt-r) y Suelo Areno,-Arcillo-limoso (SR-Kt-r).zonifica como Zona 1 Regular, no ubica falla dentro del área de Estudio.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

Los consultores describen en los Estudios Geológicos anteriormente citados, suelos recientes de origen aluvial y residual, como estratos principales en el área de Sapoá ubican un horizonte de Areniscas de la Formación Rivas, que coincide con los afloramientos observados. El mapa Geológico de la cuenca Sandino, ubica 2 estructuras geológicas, un anticlinal y un sinclinal, orientados al NW, ubicados al NW y SE del sitio de estudio.

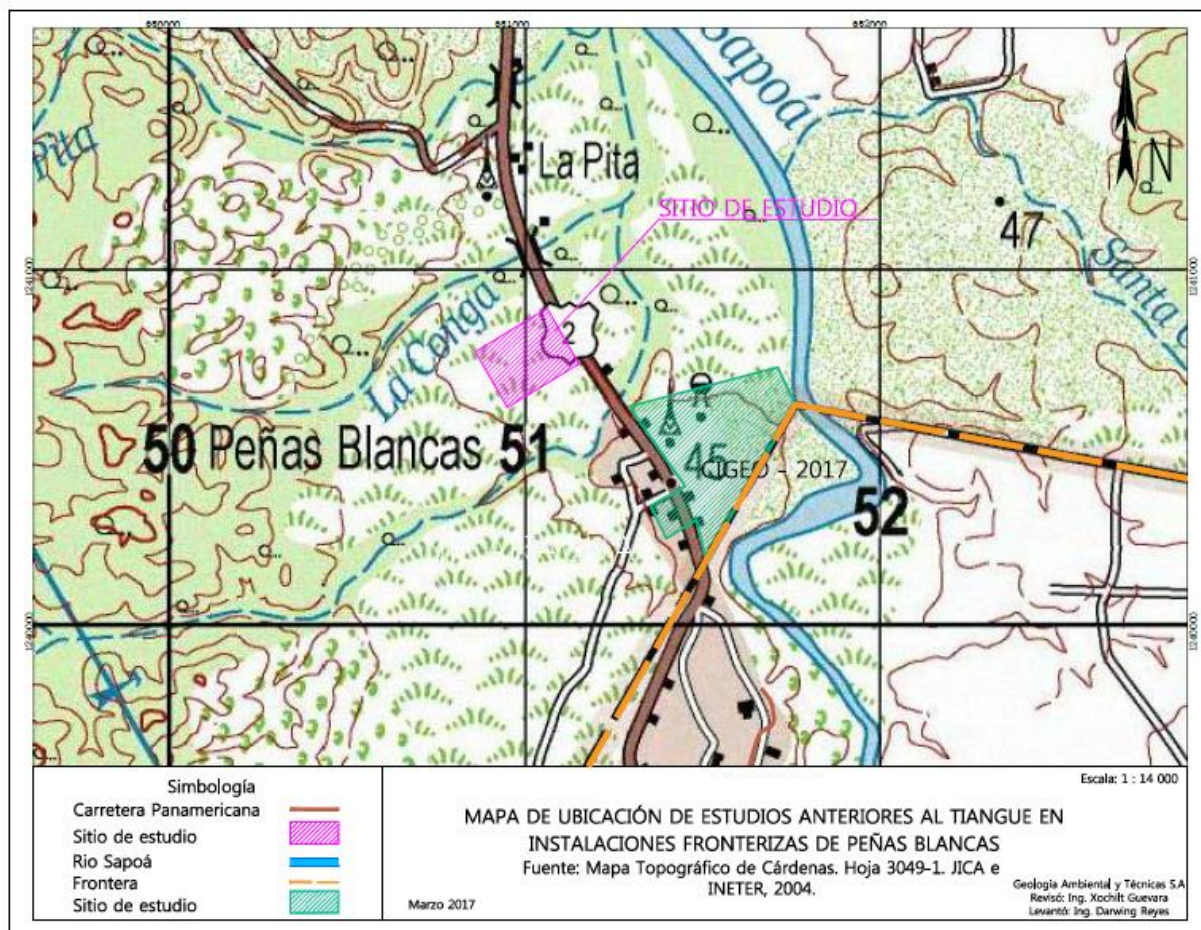


Figura 2: Mapa Ubicación de estudios anteriores al Proyecto

### 3.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio se localiza dentro de la Provincia Geológica de las Planicies de La Costa del Pacífico y coincide con la cuenca de sedimentación Sandino, ubicada en el Ante Arco del Pacífico. Geológicamente limita al Este con la Provincia de la Depresión de Nicaragua y al Oeste con la Fosa Mesoamericana.



En Nicaragua predomina una estructura geológica representada por una zona de ruptura conocida como “Depresión de Nicaragua”, la cual se extiende por más de 300 Km de longitud con 70 – 80 km de ancho. El frente volcánico está emplazado dentro del margen occidental de la depresión. (INETER, 2000).

Se muestra el modelo de subducción en Nicaragua occidental, asociado al aumento de inclinación de la Placa Cocos en proceso de subducción a partir de Mioceno Medio a Tardío, hasta tiempos recientes y actuales, donde la placa de Cocos subduce a la Placa Caribe en el Océano Pacífico de Nicaragua. (INETER, 2000). **(Ver Figura 3).**

Este límite convergente entre ambas placas genera diversos procesos geológicos, que se manifiestan en la superficie, y moldean la topografía del terreno, además generan diferentes eventos tectónicos que permiten condiciones para la formación de diferentes estratos rocosos. **(Ver Figura 4).**

La Cuenca Sandino esta rellena por depósitos sedimentarios, constituye una secuencia de espesor mayor a los 10 km. Los depósitos que afloran cerca del área de estudio, incluyen depósitos pelágicos y turbidíticos depositados durante el Cretácico Superior-Paleoceno, estos son: Miembro Sapoá, Formación Rivas y Formación Brito. **Darce, M y Duarte, M. 2001.**

A finales Terciario en el período del Plioceno la cuenca del Pacífico sufrió un levantamiento, exponiendo las rocas de las formaciones sedimentarias que se localizan en esta provincia geológica. La secuencia de esta formación fue depositada en un sistema de talud de piso de cuenca, sobre el basamento de edad cretácico inferior la que se encuentra constituida por depósitos de sedimentos en aguas turbidíticas y está conformada por una inter estratificación de areniscas, margas, limolitas, lutitas y conglomerados, (Kuang 1972) afirma que esta formación tiene un espesor de 2100 m, de acuerdo a perforaciones petroleras. La Formación Rivas y el miembro Sapoá es parte de bloques olistostromicos de aguas profundas que forman parte de la Formación Barra Honda en Costa Rica.

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

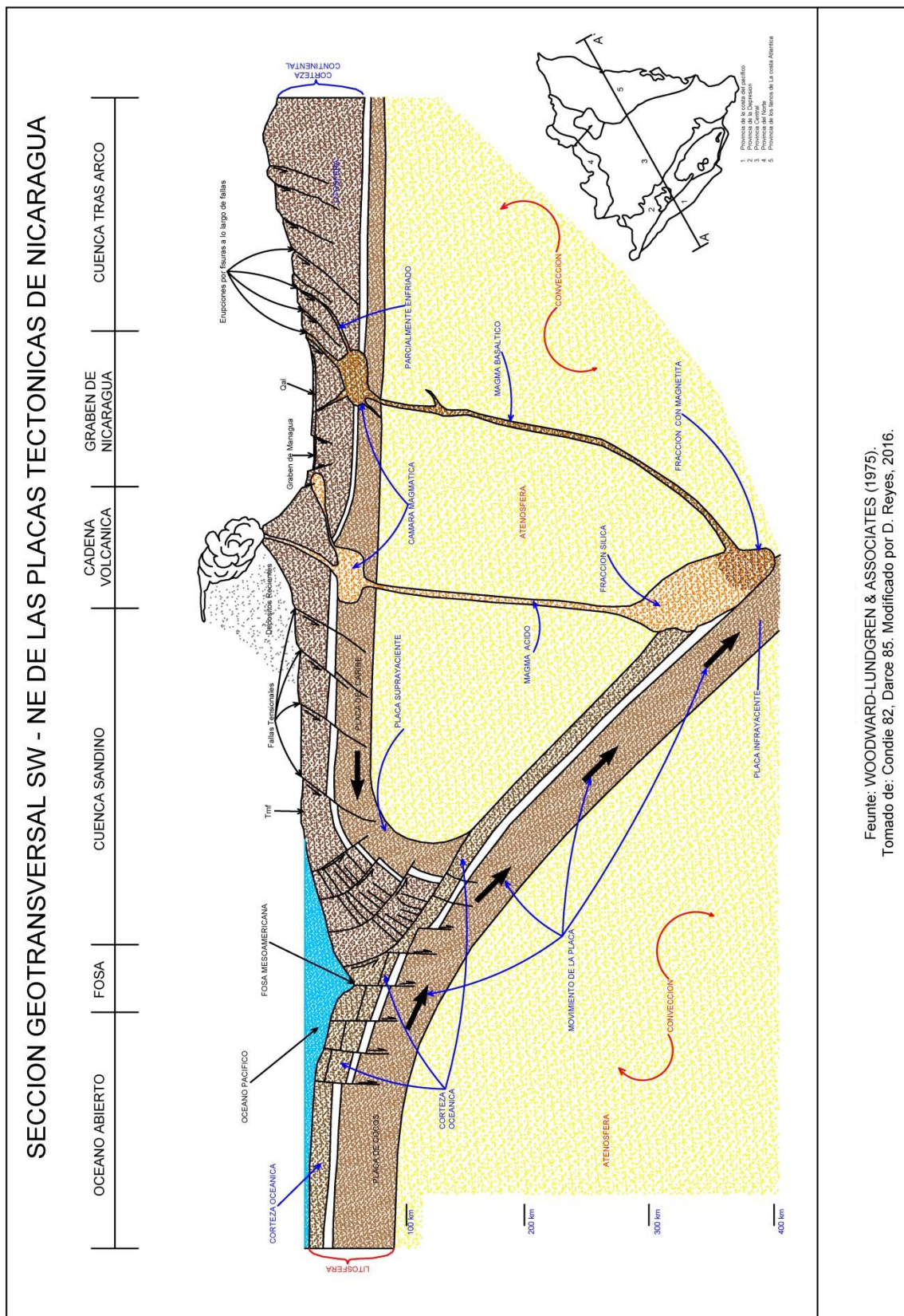


Figura 3: Sección Geotransversal de Nicaragua



## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

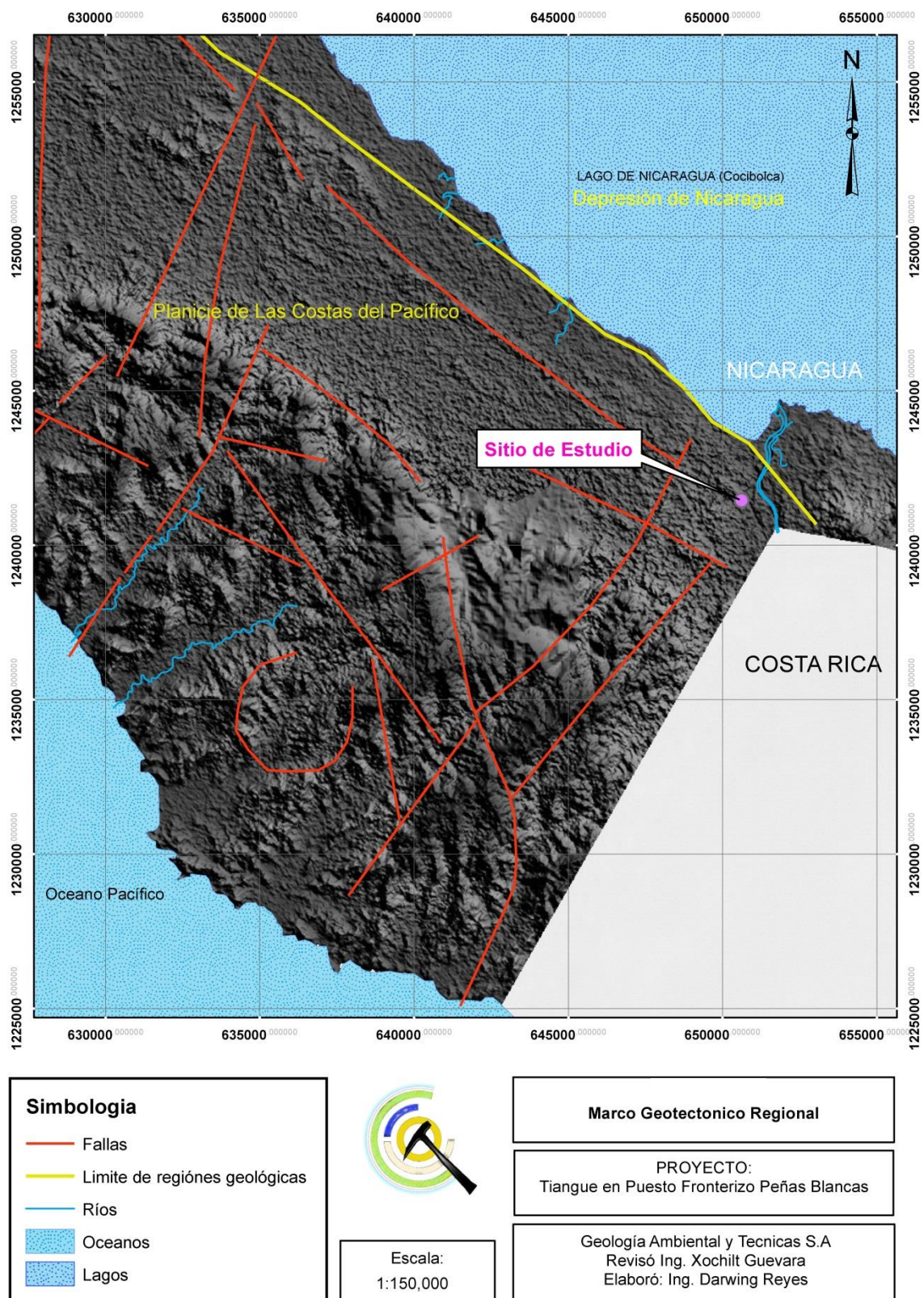


Figura 4: Marco Geotécnico Regional

### 3.1.- Formaciones Geológicas del Área de Estudio

Las Formaciones Geológicas que constituyen el basamento rocoso del área de estudio son descritas a continuación

**La Formación Rivas (Kt-r)** es una de las formaciones sedimentarias más antiguas de la Provincia del Pacífico, no está presente en el área de estudio sin embargo se menciona por encontrarse como basamento de la Formación Brito. El espesor de la columna litológica de esta Formación se ha calculado en 800 m. Está integrado por sedimentos turbidíticos como una secuencia de intercalaciones cíclicas de alternancias de areniscas y lutitas que eventualmente pasan a conglomerados y grauwacas.

A la Formación Rivas se le ha asignado una edad Cretácica del Maestrichtiano Medio Superior-Paleoceno superior. No aflora en la zona estudiada, su presencia está oculta por depósitos de suelos recientes aluviales y residuales que la cubre. Las rocas de la Formación Rivas buzan suavemente hacia el Oeste y subyacen a los sedimentos de la Formación Brito. En el levantamiento de los sitios cercanos se identificaron 2 afloramientos de esta formación, constituidos por Areniscas muy compactas de color gris verdoso y lutitas deleznable, el contacto entre ambos depósitos se ubica en el afloramiento 1 cerca de Sapoá en las coordenadas: 649677 E, 1243590 N.

**La Formación Brito (Tpe-b).** Es una de las Formaciones sedimentarias más extensas de la Provincia del Pacífico, se extiende al largo de la Costa del Pacífico, desde la frontera Sur de Nicaragua con rumbo NW con una extensión de 137 km de largo por 36 km de ancho, forma el flanco SE del anticlinal de Rivas y sus estratos buzcan hacia el Oeste. (Ver Figura 5).

La Formación Brito se conforma por un paquete típico de argilitas, limolitas y areniscas tobaceas con espesores documentados de 2,500 metros que fue calculado por O.T. Joy y Juan Kuang, está recubierto por 152 metros de intercalaciones delgadas de esquistos arcillosos y tobas mixtas arenáceas. Las areniscas contienen material calcáreo presentado clastos orgánicos y granos de calcita de 0.2 a 0.4 mm, su contenido es aproximado de 5 %.



**DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA**

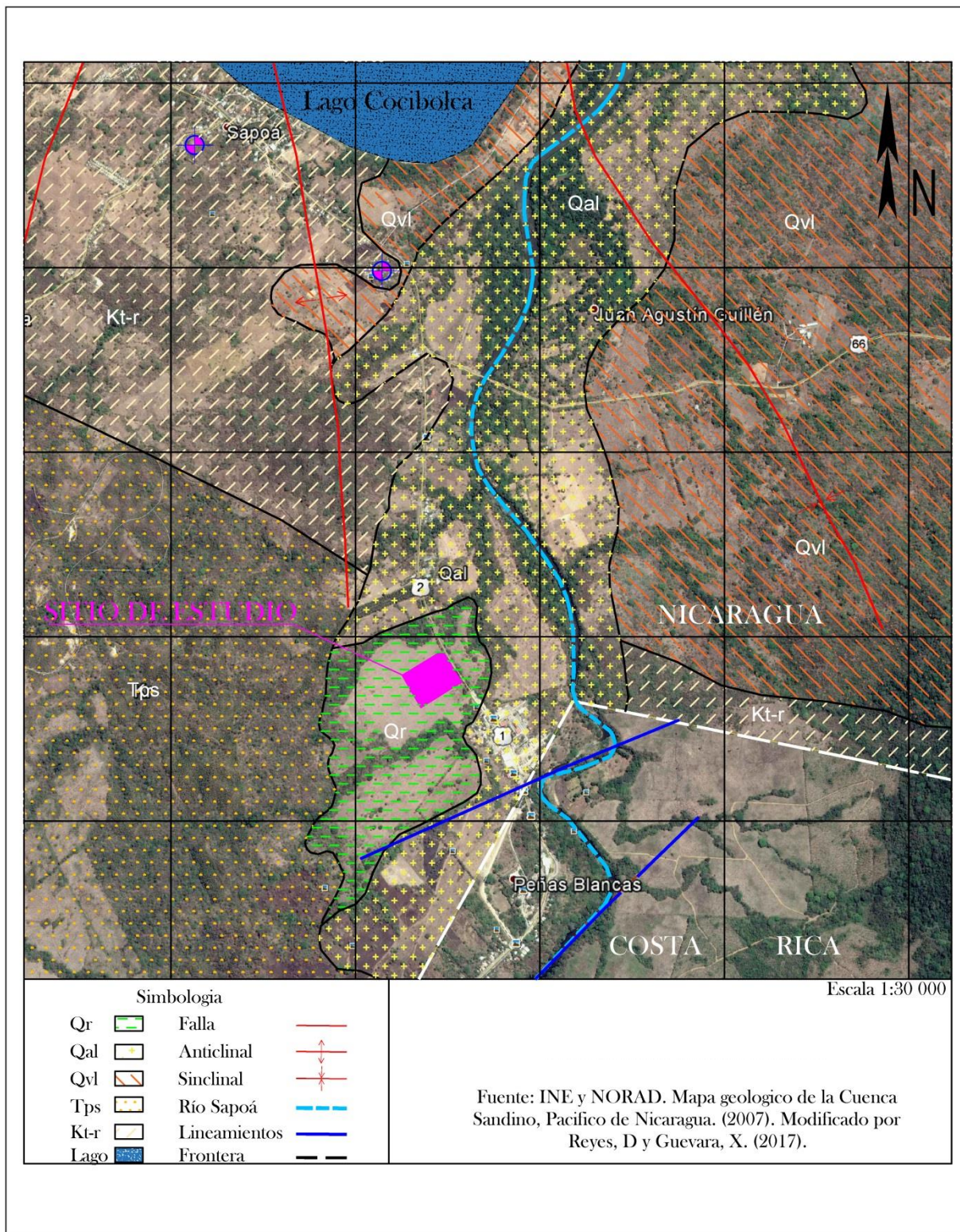


Figura 5: Mapa de fallas cercanas al sitio

**Las calizas de Sapóa (Tp-s).** Afloran al SE de la Cuenca Sandino, en el poblado de Sapóa cerca de la frontera con Costa Rica. Se componen principalmente por calizas, de varios metros de espesor (máximo de 30 a 40 m) y de extensión lateral discontinua (máximo 5 km). Generalmente los bloques de calizas tienen forma angular, internamente son calizas limpias con estratificación.

Han sido correlacionadas con las calizas de Barra Honda en Costa Rica, se les ha asignado una edad Cretácico Superior y se les considera como bloques olistostrómicos de origen arreciferal desprendidos durante el Paleoceno, a Partir del Quiebre de la plataforma de Barra Honda. (Parsons Co., 1972; Hofherr G., 1987; Barbosa et al., 1993).

**Cuaternario Volcanico (Qvl).** En la cartografía de la región se describe una formación volcánica de lavas y piroclastos indiferenciados, estas rocas coinciden con los depósitos de la cadena volcánica de Costa Rica (Modificado de Tournon y Alvarado, 1997; en Denyer et al., 2003). Se encuentran dispersos entre el margen Sureste del lago de Nicaragua en el municipio de Cardenas y la frontera de Costa Rica.

### 3.2.- Estructuras geológicas cercanas al sitio de estudio

Según el Mapa de La Cuenca Sandino, Pacífico de Nicaragua, Las estructuras geológicas cercanas al sitio de interés se muestran en Figura 5 y son:

- a una distancia de 470 m al NW se encuentra un anticlinal orientada N5°W
- a 2230 m al NE del proyecto, los geólogos interpretaron un sinclinal con su eje principal orientado N30°W.
- La falla geológica cercana al terreno, se localiza al sur de Sapoa a 2700 m al NW del terreno y se orienta N10°E aproximadamente.

Basándonos en fotointerpretaciones realizadas con imágenes satelitales, identificamos dos lineamientos fotogeológicos Principales. El lineamiento más cercano se ubica a 630 m al SE del sitio de interés, su eje se orienta N70°E y es un rasgo notable en el curso del rio Sapóa. A 1420 m al SE del terreno estudiado se ubica otro lineamiento fotogeológico, marcado geomorfológicamente como un desplazamiento abrupto. (Ver figura 5)



### 3.3.- Sismicidad de la Región

Las principales fuentes sísmicas en Nicaragua están relacionadas con Zona de Subducción o interacción de placas Cocos y Caribe, en donde se da la mayor liberación de energía sísmica y genera eventos sísmicos que se estiman pueden alcanzar hasta 7.0 grados en la escala Richter. (INETER, 2000).

En la Sismicidad Intraplaca que ocurre principalmente a lo largo de la costa del Pacífico en el área continental y eventualmente dentro de la depresión de Nicaragua, la magnitud de los eventos sísmicos está en dependencia directa de la longitud y naturaleza de las fallas en las cuales se origina el sismo. (INETER, 2000).

Los constantes esfuerzos tectónicos que sufre la corteza generan zonas de fallas por la acumulación de presiones sobre las masas de rocas o suelos, estos producen movimientos, roturas, acomodaciones y desplazamientos repentinos con liberación de energía que genera ondas sísmicas que se propagan por los suelos a diferentes velocidades y oscilaciones.

Una serie de eventos sísmicos asociados a fallamiento intraplaca y locales, han ocurrido en la zona del Pacífico de Nicaragua. Estos eventos sísmicos son descritos en la siguiente tabla:

Fecha	Hora	Coordenadas	Profundidad	Magnitud	Lugar
3/08/05	06:03	1264067 N, 663709 E	1 km	5.6 MI	Ometepe
8/09/16	07:35	1270006 N, 584473 E	87 km	4.5 MI	El Astillero
5/09/12	8:42	1118620 N, 680421 E	40 km	7.6 MI	Guanacaste

Tabla 2: Sismos ocurridos en la región. INETER.

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA



Figura 6: Sismos Ocurridos en la Región



#### 4.- METODOLOGIA DE TRABAJO

Para la realización de este estudio se utilizó la Guía Técnica 2014, normativa vigente de la Dirección de Geofísica y Geología Aplicada de INETER y el Mapa Geológico de la Cuenca Sandino a escala 1:175 000, publicado por INE y NORAD, en 2007.

##### 4.1.- Trabajo de Gabinete Inicial

Se recopilaron los estudios anteriores próximos al terreno de interes, se usó el Mapa Geológico de la Cuenca Sandino a escala 1:175 000, para orientar las excavaciones y El Mapa topográfico de Cárdenas. Hoja 3049-1 para ubicar el terreno del proyecto.

##### 4.2.- Trabajo de campo

- ✓ Se realizaron dos excavaciones denominadas A y B, orientadas perpendicular a las fallas y lineamientos fotogeológicos cercanos al sitio de interés. **(Ver Foto 2)**

Excavación	Extremo NW	Extremo SE	Longitud	Profundidad	Orientación
A	1240817 N, 650946 E	1240682 N, 651072 E	195 m	3.0m - 4.2m	N50°W
B	1240863 N, 651046 E	1240849 N, 651062 E	20m	3.1m – 4.0 m	N50°W

Tabla 3: Datos de excavación realizada en el terreno

- ✓ Se documentaron las excavaciones realizando un levantamiento cada 5 m, describiéndose la litología, textura, composición, suelos expuestos, espesores de los estratos y relaciones estratigráficas, los que se presentan en este informe, en el perfil geológico **(Ver Anexo Planos)** y en una columna litoestratigráfica generalizada a escala 1:50. **(Ver Figura 7)**
- ✓ Se elaboraron 3 sondeos Manuales en el basamento de la excavación A, para alcanzar roca solida en el basamento.

- ✓ Se tomaron fotografías del levantamiento realizado en campo. (**Ver Anexo Fotografías**)
- ✓ Se georreferenciaron los extremos de las excavaciones con GPS, las coordenadas se tomaron en el sistema UTM Datum WGS-84. (**Ver Tabla 3**)
- ✓ Se realizó una inspección por el equipo técnico del Departamento de Geología Aplicada de INETER, del levantamiento litoestratigráfico de las excavaciones, los alrededores del sitio de interés y los afloramientos cercanos al terreno. (**Ver Anexo Fotografías 3 y 4.**)

#### 4.3.- Trabajos de gabinete final

- ✓ Se realizó la correlación de la litoestratigrafía de las excavaciones levantadas en campo con la estratigrafía de 4 sondeos SPT y una prueba CBR del Estudio de Cimentación. Esta correlación muestra los estratos similares a los expuestos en las Excavaciones. (**Ver fotos de 8, 9, 10 y 11.**)
- ✓ Se preparó el plano de Zonificación Sísmica con base en la lectura de los perfiles Litoestratigráficos de la geología expuesta en las excavaciones A de 120 m y B de 17 m, utilizando el plano de desmembración suministrado por el dueño a escala 1: 1 500.
- ✓ Se redactó y presentó el documento a INETER, para su revisión, aprobación y obtención del correspondiente aval, como requisito de la normativa.

#### 5.- GEOLOGIA LOCAL Y ESTRATIGRAFIA

Los estratos expuestos en las excavaciones realizadas en el terreno donde se proyecta construir el **Tiangue en Puesto Fronterizo de Peñas Blancas**, son suelos de origen residual, formados in situ por la intensa meteorización de rocas sedimentarias antiguas.

Se realizó un reconocimiento de los afloramientos de las rocas cercanos al sitio de interés.

#### DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

- A 3km al NW del terreno, en el poblado de Sapoá en las coordenadas 649689 E, 1243578 N, se observó un afloramiento de areniscas muy compactas, de alta resistencia y masivas, infrayacidas por lutitas muy finas, fisiles de matriz muy fina y fracturadas, con clastos redondeados meteorizados, inmersos en la matriz.
- En el empalme de la carretera hacia Cárdenas, a 2km al N, en las coordenadas 650861 E, 1242829 N se localizó un afloramiento de lutitas usado como banco de préstamo de materiales, el depósito se observó fisil, masivo, deleznable sin mucho esfuerzo. Estas rocas pertenecen a la Formación Rivas (Kt-r)

Las principales estructuras geológicas como fallas y lineamientos fotogeológicos cercanas al sitio de interés son:

- Un anticlinal orientada N5°W a una distancia de 470 m al NW
- A 2230 m al NE del proyecto un sinclinal con su eje principal orientado N30°W.
- La falla geológica cercana al terreno, se localiza al sur de Sapoá a 2700 m al NW del terreno y se orienta N10°E.

El lineamiento más cercano se ubica a 630 m al SE del sitio de interés, su eje se orienta N70°E. A 1420 m al SE del terreno estudiado se ubica otro lineamiento fotogeológico orientado N40°E. estos son los rasgos geoestructurales más notables cerca del sitio.

Tectónicamente el sitio está ubicado dentro de una zona de Graben geológico y sus límites están asociados a los anticlinales y sinclinales de la Formación Rivas. Estos márgenes están relacionados a fallas geológicas que generan el hundimiento de esta zona.

Los estratos se levantaron a detalle a escala 1:50 m y son descritos a continuación, en orden descendente del más joven al más antiguo. **(Ver Anexo Fotografías 6 y 7). (Ver Anexo Planos de levantamientos estratigráficos.)**

### **(Hs) Holoceno suelo moderno**

Suelo moderno, de textura arcillo arenosa, color café oscuro, con clastos de lutitas de 3 cm de diámetro inmersos en su matriz, es una arcilla muy expansiva. Se encuentra contraída por el poco contenido de agua. Tiene abundante presencia de materia vegetal. Este suelo arcilloso tiene un espesor promedio medido en el campo de 0.3 m a 1.6 m de espesor.

### **(Kt-r-Hr) Holoceno Suelo Residual**

Horizonte de Suelo Residual, conformado por una matriz de arcilla y grava, producto de la alta intemperización in situ de una capa de roca, formada por ciclos de erosión. Se encuentra constituido por una arcilla plástica y se observa como un suelo saprolítico con fragmentos de la roca preexistente. El color beige y plasticidad de este suelo se debe al contenido de minerales caoliniticos, que la hacen una arcilla poco expansiva. Este suelo correlacionable con las lutitas de la Formación Rivas.

### **(Kt-r-Hr) Holoceno Pleistoceno Suelo Residual**

Suelo color Café claro, de textura arcillosa con limos, de plasticidad media, es un horizonte de suelo saprolítico de la roca madre, de los horizontes de lutitas de la Formación Rivas, es un suelo arcilloso con contenido medio de humedad. su color café rojizo se debe al contenido de óxidos de hierro. En el afloramiento de la Formación Rivas ubicado a 2 km al Norte se observaron lutitas con texturas similares a los clastos de lutitas encontrados en este estrato.

Los suelos que conforman el basamento de este sitio son: (Hs) Suelo Moderno, (Kt-r-Hr) Holoceno Suelo Residual, (Kt-r-HPr) Holoceno Pleistoceno Suelo Residual. Son de origen residual y de edades Cuaternarias, no presentan indicadores que evidencien fallamiento activo en el sitio. **Ver Figura 7.**



**DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA**

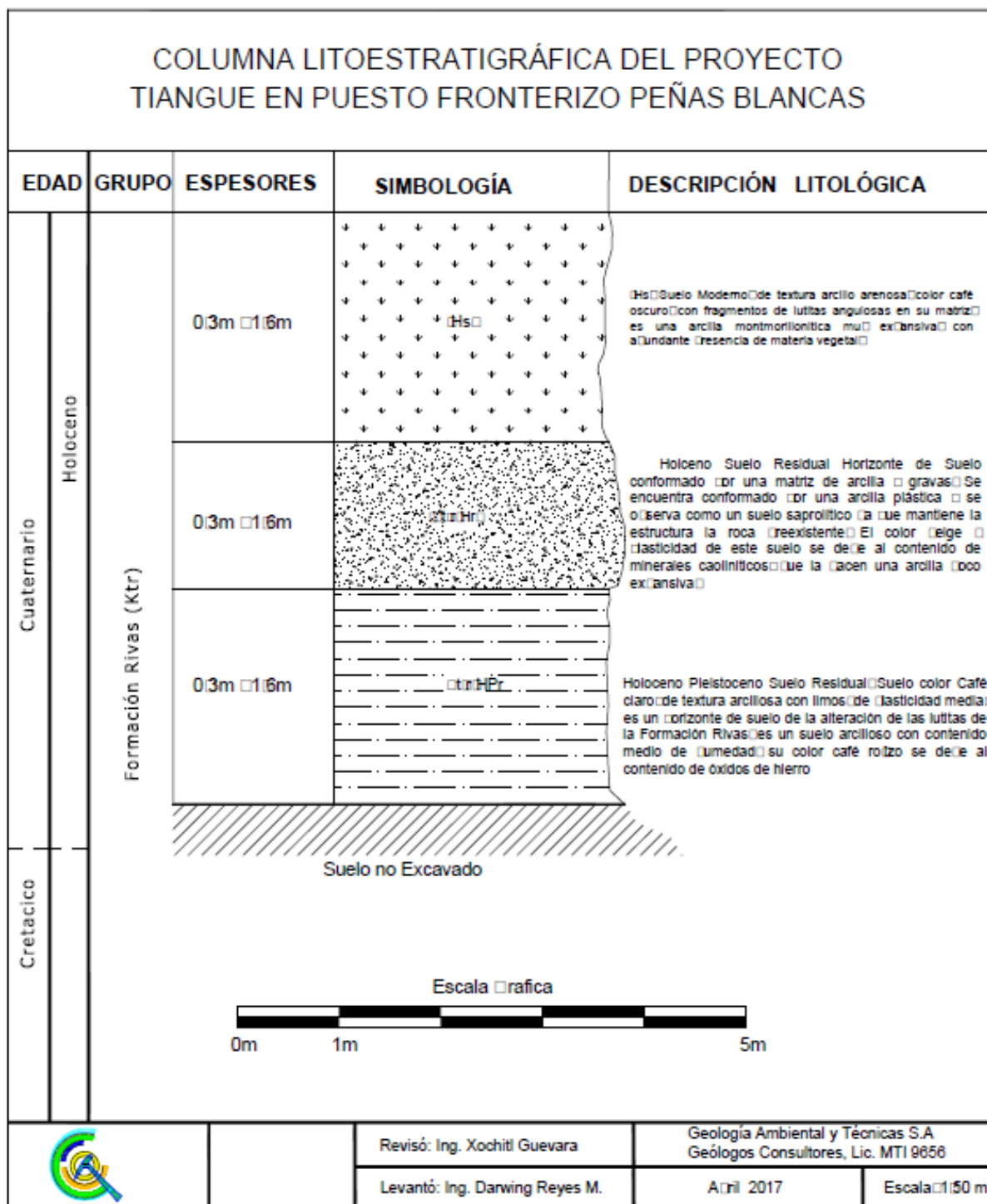


Figura 7: Columna Litoestratigráfica

### 5.1.- Correlación geológica con perforaciones mecanizadas SPT

Para corroborar la información de los estratos geológicos que conforman el basamento del sitio y conocer la capacidad de soporte de estos, se realizaron 4 sondeos mecanizados en el terreno, los cuales alcanzaron una profundidad de hasta 4.5 m. (**Ver fotos 8,9,10,11.**)

Los 4 sondeos y las excavaciones realizadas en el sitio indican que hasta los 1.5 m de profundidad se encuentra un (Hs) Suelo moderno, con valores entre 10 a 20 golpes/pie, respectivamente. De los 1.5m hasta una profundidad máxima de 2.5 m se encuentra un suelo (Kt-r-Hr) Holoceno Suelo Residual, este horizonte muestra valores de entre 25 a 38 golpes /pie y de los 2.5 m a una profundidad de 4.5 m se encuentra un (Kt-r-HPr) Holoceno Pleistoceno Suelo Residual con una resistencia de 35 a los 55 golpes/pie. **Ver figura 8.**

Se elaboraron 3 Sondeos Manuales dentro de la excavación A, hasta una profundidad de 5 m, no se encontró roca sólida, pero se hizo imposible profundizar con el barreno por el tipo de suelo.

Profundidad (m)	Número de golpes por pie	Compacidad	Consistencia
0.0 m a 1.5 m	10 a 20 por pie de avance de cuchara	Muy suelta	Muy blanda
1.5 m a 2.5 m	25 a 38 por pie de avance de cuchara	Suelta	Blanda
2.5 m a 4.5 m	35 a 55 por pie de avance de cuchara	Media	

Tabla 4: Compacidad de los suelos a partir de sondeos mecanizados (SPT)

En conclusión, las unidades geológicas levantadas en el campo en las 2 excavaciones se correlacionaron con los 3 sondeos manuales y 4 sondeos mecanizados, que corresponden a suelos residuales recientes comprendidos entre el periodo holoceno y Pleistoceno.

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

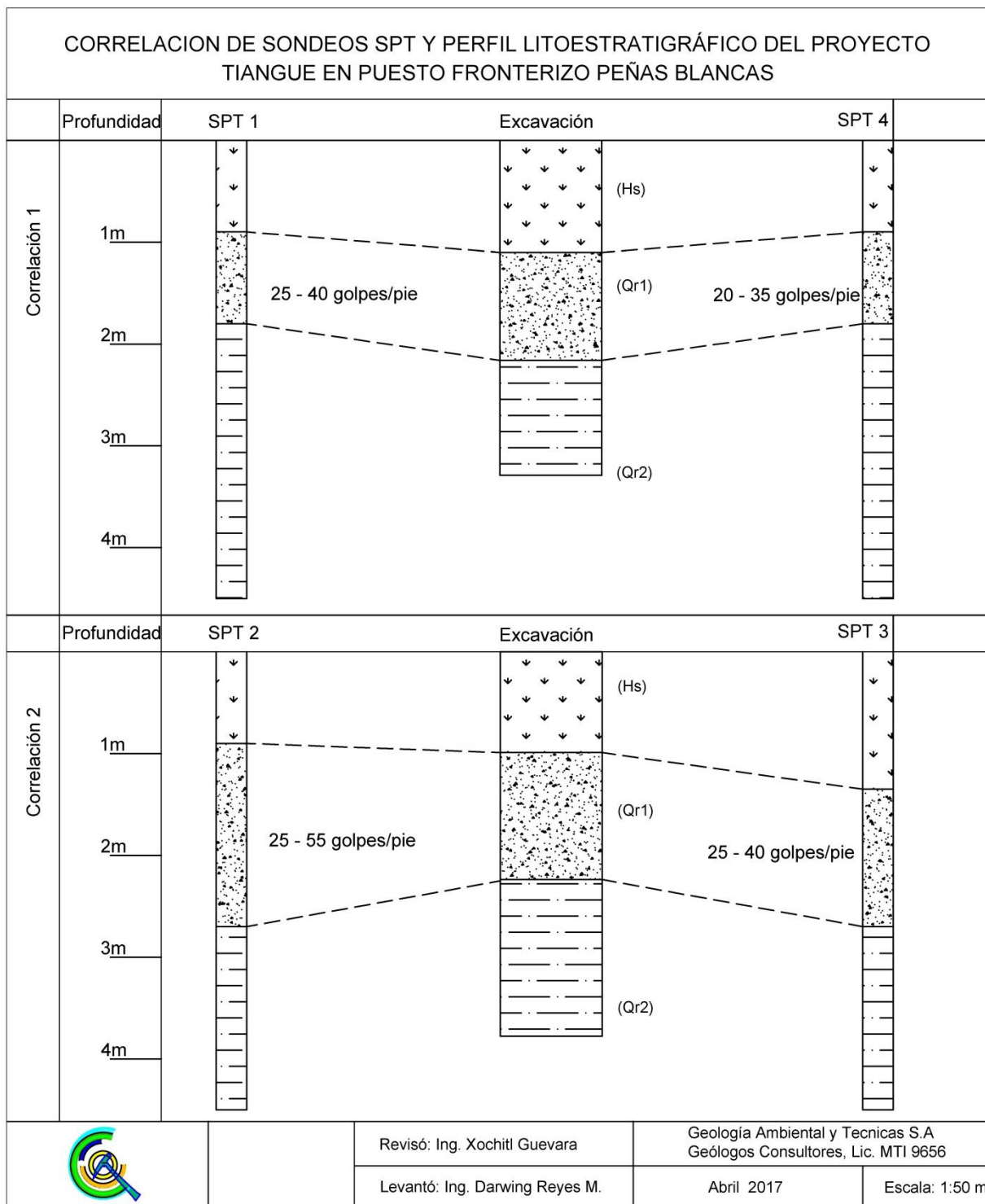


Figura 8: Correlacion de Sondeos SPT y Perfil Litoestratigráfico

## 6.- ZONIFICACION SISMICA DEL TERRENO

Con este estudio se ha obtenido suficiente información geológica para zonificar el terreno de interés para la construcción del proyecto Tiangue en Puesto Fronterizo de Peñas Blancas, ubicado en el km 145 de la carretera Panamericana Norte. Nos hemos basado en el perfil Litoestratigráfico levantado en las excavaciones realizadas en campo.

De acuerdo al Mapa Geológicos de La Cuenca Sandino, el sitio del proyecto se localiza a 2700 m al SE de una falla geológica, orienta N10°E, aproximadamente.

El lineamiento más cercano se ubica a 630 m al SE del sitio de interés, su eje se orienta N 70° E y es un rasgo notable en el curso del río Sapoá. A 1420 m al SE del terreno estudiado se ubica otro lineamiento fotogeológico de orientación N 50° E, marcado geomorfológicamente en la topografía del río Sapoá. Un sinclinal se ubica a 2230 m al NE del proyecto con su eje principal orientado N 30° W, un anticlinal de orientación N 5° W se encuentra a una distancia de 470 m al NW del sitio.

Hemos corroborado en esta investigación, para detectar fallas en superficie, que no hay presencia de fallas, ni fracturas, basculamientos en el terreno estudiado. Se zonificó como **Zona I Regular** por la evidencia de los estratos expuestos en la excavación, éstos se observaron horizontales continuos, homogéneos, sin perturbaciones que evidencien eventos sísmicos ocurridos en el pasado geológico.

La zonificación se describe a continuación:

### **Zona I Regular**

El área destinada a la construcción del Tiangue del puesto fronterizo Peñas Blancas, fue zonificada como **zona I Regular**, se establece según los datos procedentes del levantamiento Litoestratigráfico realizado en campo en las excavaciones de 195 m y 20 m, con una profundidad de entre con 3 m y 4.2m.

Se zonifica como **zona I Regular** en los datos levantados en las excavaciones realizadas en el sitio del terreno, los horizontes de suelos residuales son saprolitos que conservan la estructura de la roca madre. Se presentan de homogéneos, continuos sin evidencia de fallamiento.



## Uso del Terreno

Con esta zonificación, se permite usar el terreno para la construcción proyectada, se espera que los suelos se comporten de manera aceptable ante la ocurrencia de un evento sísmico que pudiera afectar al terreno y no provoque daños a la estructura, siempre y cuando se realice un adecuado control de calidad en la construcción de la estructura y principalmente en sus cimientos.

## Zona Indefinible

Es la porción del terreno que no ha sido estudiada mediante la observación directa de las excavaciones y los datos no son suficientes para valorar el área, esta zona puede ser usada como parques y áreas verdes.

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

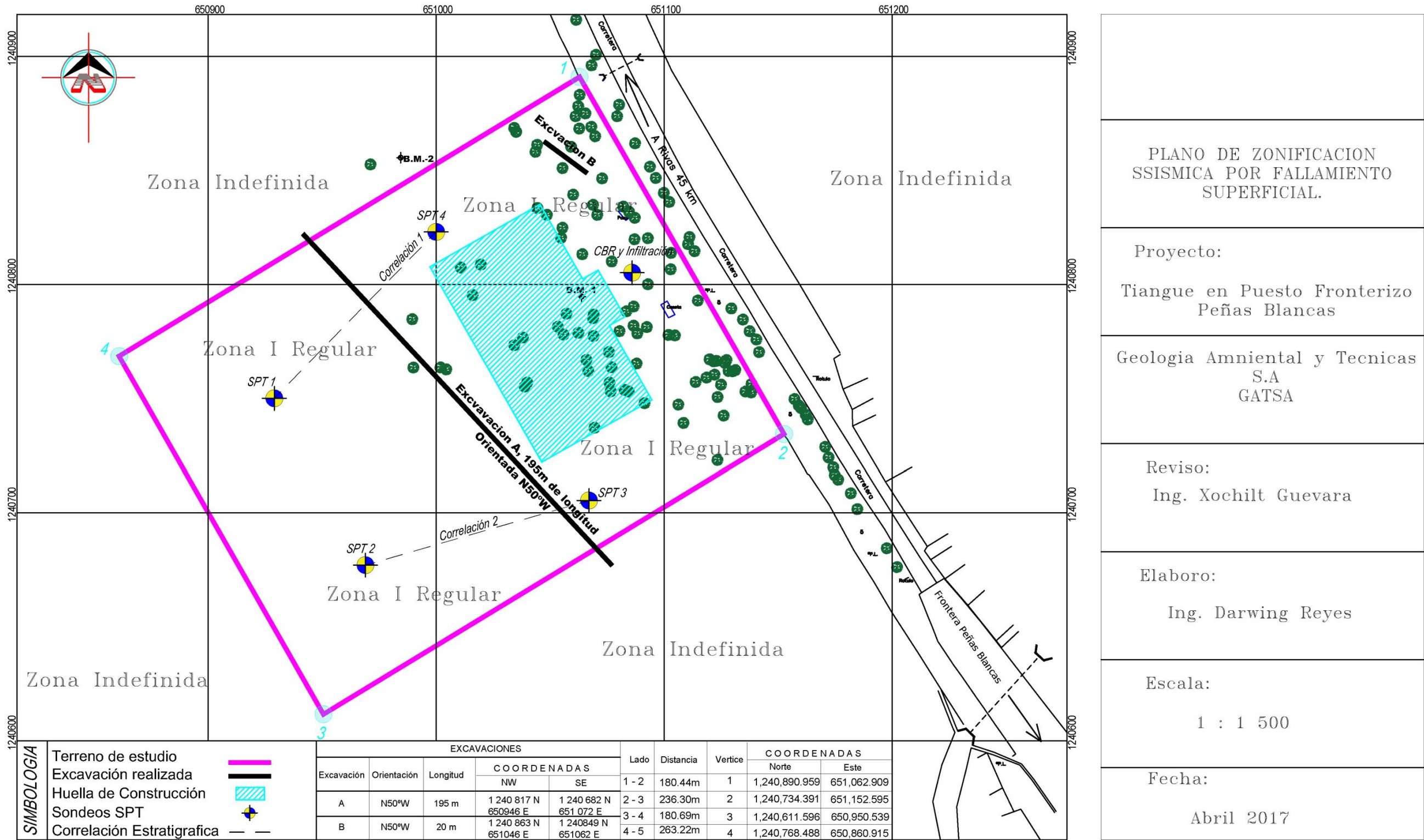


Figura 9: Mapa de Zonificación Sísmica por Fallamiento Superficial

## 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1.- Conclusiones

En las Excavaciones realizadas en el terreno para la elaboración de este estudio de Tiangue en Puesto Fronterizo de Peñas Blancas, se observaron expuestos una secuencia de **3 estratos** (Hs) Suelo Moderno, (Kt-r-Hr) Holoceno Suelo Residual y (Kt-r- HPr) Holoceno Pleistoceno Suelo Residual, los cuales se observaron de manera homogénea, uniforme y sin evidencias de fallamiento activo.

En la detección de Fallas, Fracturas en la superficie del sitio de estudio, el cual hemos zonificado como **Zona I Regular**, no hay evidencia de Fallas ni desplazamientos en los horizontes de suelos Residuales que nos indiquen la ocurrencia de movimientos telúricos ocurridos en el pasado. Nos basamos en los perfiles litoestratigraficos levantados en las excavaciones con longitudes de 195 m y 20 m, orientadas N 50° W, que interceptan transversalmente la proyección de las estructuras como fallas, lineamientos fotogeológicos y anticlinales cercanos al área de estudio.

Los estratos levantados en campo nos indican que no hay evidencia de fallamiento activo en el sitio, y son Suelos Sedimentarios Residuales.

En el sitio se realizaron sondeos SPT para conocer la capacidad de soporte del suelo y diseñar las zapatas que serán instaladas en el sitio; estos sondeos se correlacionaron con las excavaciones realizadas en campo y nos indican que la granulometría corresponde con los estratos expuestos en la excavación.

Se realizó un reconocimiento de los afloramientos cercanos al sitio, se observaron las rocas sedimentarias de la Formación Rivas, constituídos por Areniscas y lutitas.

En los cortes de los cauces ubicados al NW y SE del sitio los suelos residuales observados en las paredes de las excavaciones, principalmente el Kt-r-Hr1 de color beige, constituido por una arcilla caolinitica con gravas.

Los valores mostrados en la curva de resistencia de los SPT se encuentran entre 30 y 50 golpes por pie. La profundidad promedio de estos valores es correlacionable con el estrato (Kt-r-Hr) Holoceno suelo residual constituido por una arcilla poco expansiva.

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

El terreno está ubicado dentro de una depresión o zona de graben, limitada por fallas geológicas. El margen W de este graben se ubica a unos 500 m al W del sitio aproximadamente, estas fallas pueden activarse en el futuro y generar sismos que afecten la futura construcción. Hay que tomar en cuenta que este estudio no detecta la existencia de fallas geológicas en profundidad, la existencia de las mismas no es apreciable en las excavaciones realizadas para este proyecto.

### 7.2.- Recomendaciones

Elaborar estudios de Respuesta dinámica de Sitio (RDS) para hacer un adecuado diseño de la estructura, ya que pueden existir fallas cercanas o en profundidad que afecten la estructura en el futuro.

Construir la futura estructura tomando en cuenta que el sitio se encuentra dentro de una zona de graben, influenciado por fallas geológicas y estas pueden afectar a la estructura.

Controlar la construcción con cimentaciones tomando en cuenta los resultados del estudio geotécnico de valor soporte SPT de los suelos del sitio, ya que los cimientos son los encargados de distribuir uniformemente las cargas al basamento.

Controlar la calidad de los materiales de construcción en la futura construcción de del proyecto Tiangue en Puesto Fronterizo Peñas Blancas, con un adecuado control estructural, siguiendo las exigencias del reglamento nacional de hidrocarburos.

Tomar en cuenta los resultados de los Estudios Hidrológicos e Hidrogeológicos, para la peligrosidad por inundación en épocas lluviosas en el terreno del proyecto.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Rivas, (2010). Plan Departamental de Ordenamiento y Desarrollo territorial de Rivas
- Catastro e Inventario de Recursos Naturales (1971). Mapa geológico de Rivas, hoja 3050 III, a escala 1: 50,000m.
- Darce, M y Duarte, M (2002). Geología de la Cuenca Sandino y Costa Adentro, Nicaragua. Centro América.
- Google Earth. 2015. Imágenes Satelitales de Peñas Blancas.
- INETER (2014), Guía Técnica para La Elaboración de Estudios de Zonificación Geológica por Falla Superficial en el Municipio de Managua y Obtención de su Aval.
- INMINE, VNIIZARUBEZHGEOLOGIA – RUSIA, (1990) Mapa Cosmofotogeológico de la República de Nicaragua a escala 1: 500,000, nota explicativa.
- INE y NORAD, (2007) Mapa geológico de la Cuenca Sandino, Pacífico de Nicaragua, a escala 1: 175 000 m.
- JICA e INETER (2006). Mapa Topográfico de Rivas, Hoja 3050 III, a escala 1: 50,000.
- Moore, F. (2001). Estudio de Amenaza Sísmica, proyecto fortalecimiento Nacional y Local en Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Naturales en Nicaragua.
- Marshall, J. 2007. The Geomorphology and Physiographic Provinces of Central América.
- Turno, J & Alvarado, G., 1995. Mapa Geológico de Costa Rica. Denyer, P y Kussmaul, S. Geología de Costa Rica.





---

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

En Managua, a 07 de Julio de 2017

El autor del Informe

El especialista en Geología

Fdo. Gustavo Altamirano González

Fdo. Héctor Perotas Van Herckenrode

GATSA Licencia MTI-9656

El coautor del Proyecto

El autor del Proyecto

Fdo. Félix Zamorano Martín

Fdo. Prudencio Rodríguez Huerga

El Delegado del Consultor

El Director del Proyecto

Fdo. Julio García Puerta

Fdo. Manuel Fernando Domingo Vaquero

El Dueño del Proyecto

Fdo.



---

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

ANEXO N°1 RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

## RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

El proyecto de Tiangue en Puesto Fronterizo de Peñas Blancas con el polígono definido por los 8 vértices mostrados en la Tabla 1 de este documento, se ubica a 200 m al NW del puesto fronterizo de Peñas Blancas en el Municipio de Cárdenas, departamento de Rivas, Nicaragua.

El método utilizado para identificar o descartar la existencia de fallas geológicas en área del terreno, es de observación directa, por medio de la elaboración de excavaciones geológicas de longitud definidas según las dimensiones y necesidades del proyecto, al ancho y profundidad son según las dimensiones del brazo y cuchara del equipo utilizado para elaborar la excavación.

Estas excavaciones se orientaron transversales a las estructuras geotectónicas cercanas al sitio del proyecto, las cuales fueron definidas según el Mapa Geológico de la Cuenca Sandino, publicado por INE y NORAD, 2007. En él, los geólogos definen la existencia de un anticlinal ubicado a 470 m al NW del sitio del proyecto y un sinclinal ubicado a 2200 m al NE del terreno, estas estructuras geológicas se orientan al NW.

Usando imágenes satelitales de Google Earth para fotointerpretar los patrones morfoestructurales de la región donde se ubica el proyecto, se ubicaron dos lineamientos fotogeológicos principales que siguen el patrón de drenaje del Río Sapoá. Estos lineamientos se ubican a 630 m y 1420 m al SE del terreno, se encuentran orientados al NE.

Los antecedentes de estudios geológicos cercanos al terreno, los elaboro el Instituto de Geología y Geofísica, (IGG-CIGEO) 2017, describen en el pueblo de Sapoá una secuencia de Suelos recientes y en el basamento un estrato de areniscas correlacionables a la Formación Rivas. En la frontera de Peñas Blancas elaboraron un estudio en el que describen suelos recientes pertenecientes a esta formación.



---

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

En los trabajos de campo se verifico la estratigrafía metro a metro de las excavaciones, para descartar la presencia de fallas existentes en el terreno. Se tomaron los espesores de los estratos a cada 5m de separación a lo largo de los 193 m y 20 m de longitud de ambas trincheras exploratorias, dibujándolos a escala 1:50 y mostrados en las figuras adjuntas de este informe, proponiendo la columna litoestratigráfica constituida por los diferentes estratos expuestos en el terreno y mostrados en las figuras adjuntas.





---

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

**ANEXO N°2 FOTOGRAFÍAS**

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

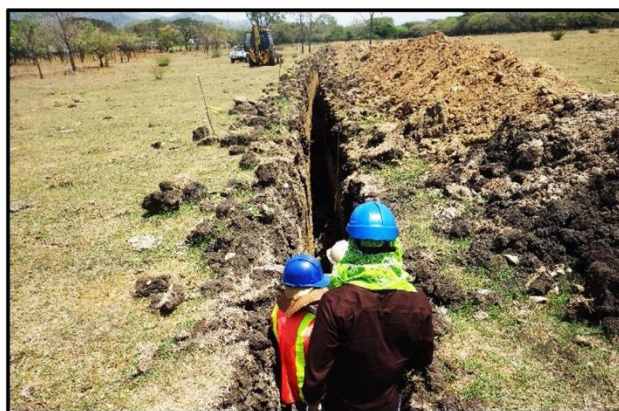


**Foto 1.** Vista panorámica del terreno, la pendiente es de 0.1% hacia el Norte.



**Foto 2.** Trabajos de elaboración de excavaciones con retro excavadora, a profundidades entre 3 m y 4 m.

**Foto 3.** Inspección de excavaciones en terreno, realizada por el equipo técnico de la Dirección de Geología Aplicada de Ineter.



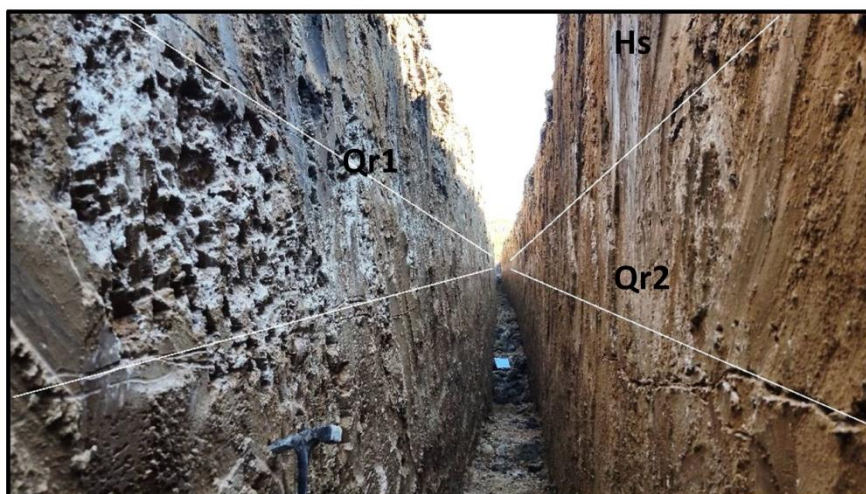
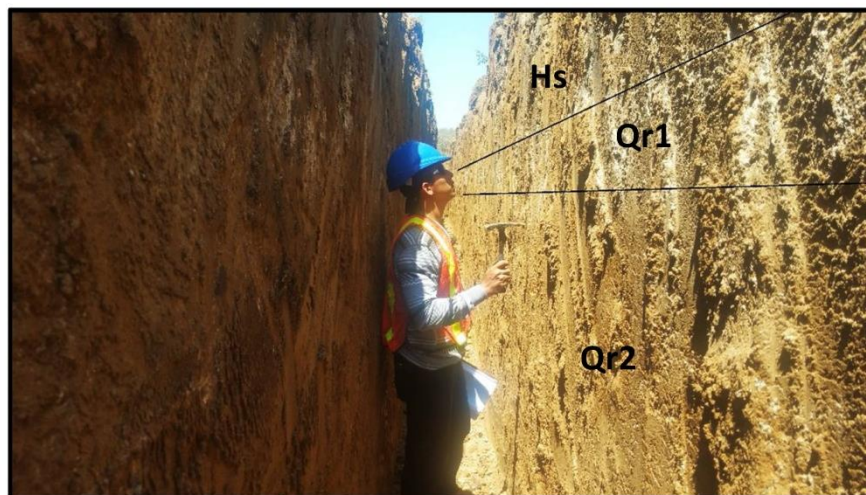
**Foto 4.** Inspección de afloramientos cerca del sitio, se observaron las rocas de la Formación Rivas: areniscas compactas, masivas en la parte superior y lutitas fisiles deleznales. En las coordenadas 649689 E, 1243578 N, a 3km al NW del sitio.





**Foto 5.** Afloramiento de rocas sedimentarias de la formación Rivas (Kt-r) en las coordenadas: 649689 E, 1243578 N. Nótase el contacto entre las areniscas masivas y muy compactas en la parte superior de la foto y las lutitas fisiles deleznales en la parte inferior.

**Foto 6.** Vista de los estratos expuestos en la excavación. descritos en orden descendente del más joven al más antiguo: Holoceno Suelo Moderno (Hs), Cuaternario Residual1 (Qr1) y Cuaternario Residual 2. (Qr2)



**Foto 7.** Estratos de Suelo Cuaternario Residual 1 (Qr1) expuesto en las excavaciones, suelo saprolítico arcilloso color beige.



## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA



Foto 8. Caja de Testigos de Sondeo SPT 1.

Foto 9. Caja de Testigos del sondeo SPT 2. Se diferencian 3 tipos de suelos.



Foto 10. Vista de caja de testigos recuperados del Sondeo SPT 3. Estos suelos son los mismos expuestos en las excavaciones.

Foto 11. Vista de los Testigos del sondeo SPT 4. Se observan los mismos suelos expuestos en las excavaciones.







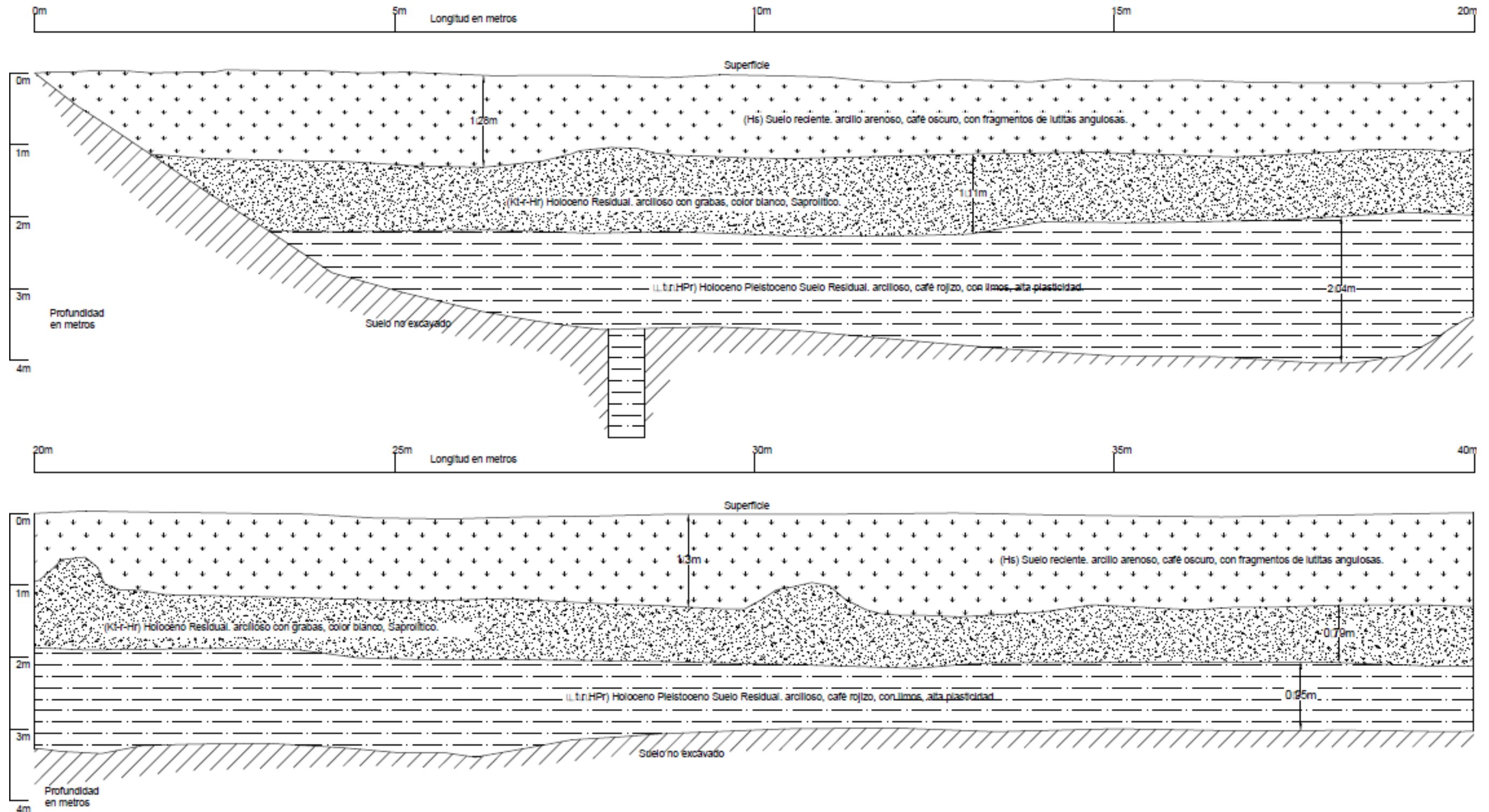
---

DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

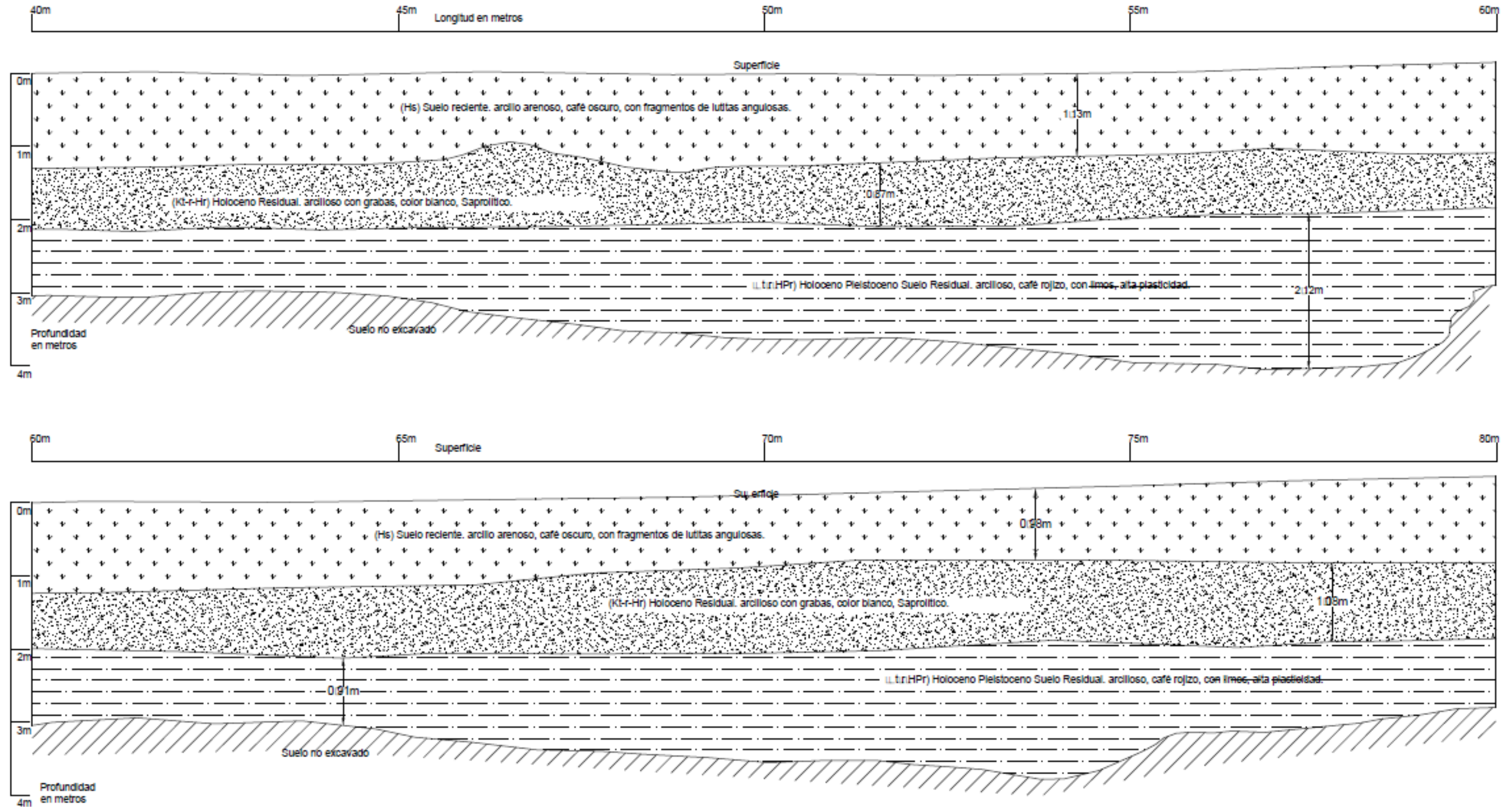
---

ANEXO N°3 PLANOS LEVANTAMIENTOS LITOESTRATIGRÁFICOS

## LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRAFICO EN TERRENO DEL PROYECTO TIANGUE PEÑAS BLANCAS.

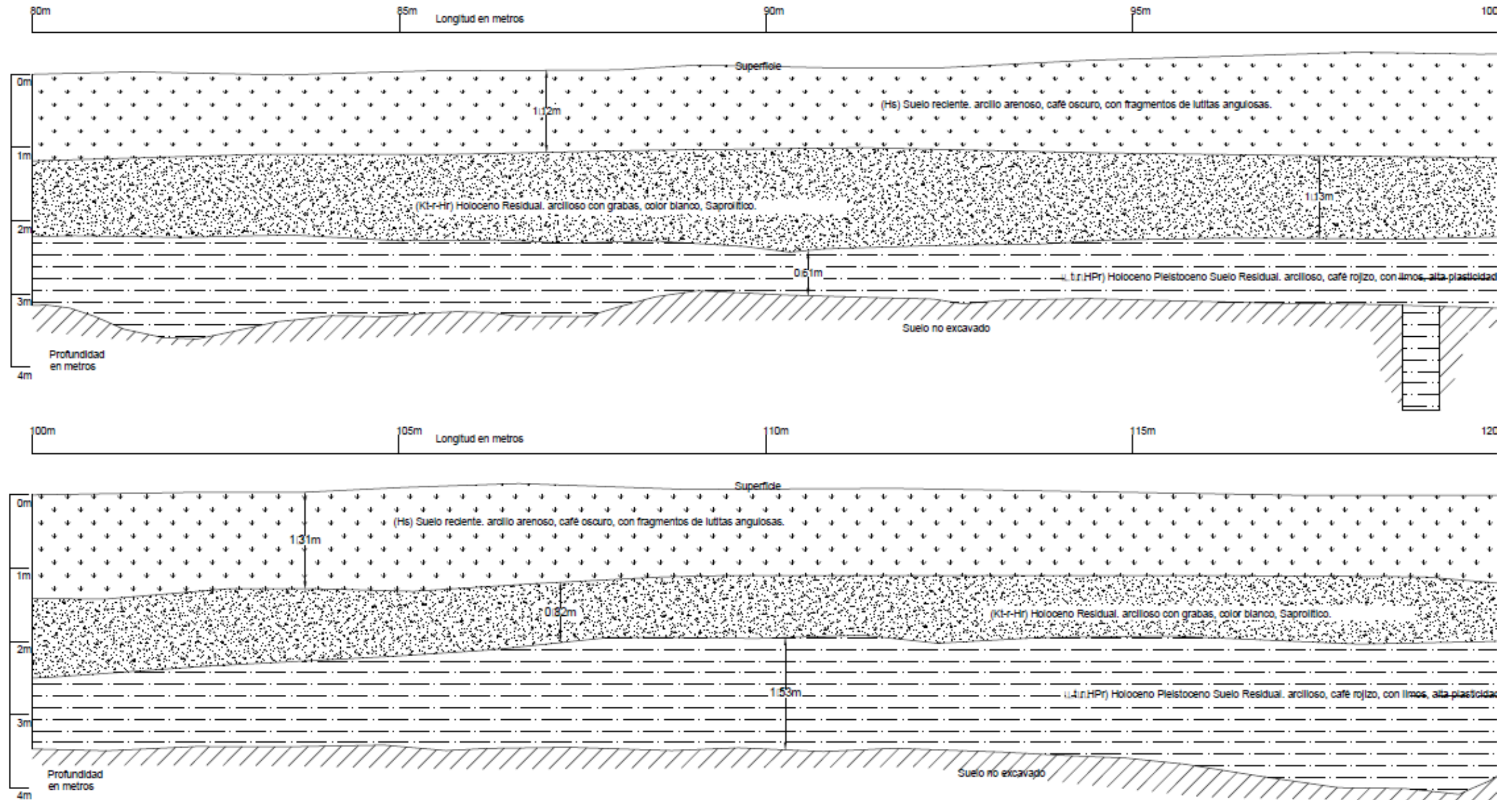


## LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRAFICO EN TERRENO DEL PROYECTO TIANGUE PEÑAS BLANCAS.



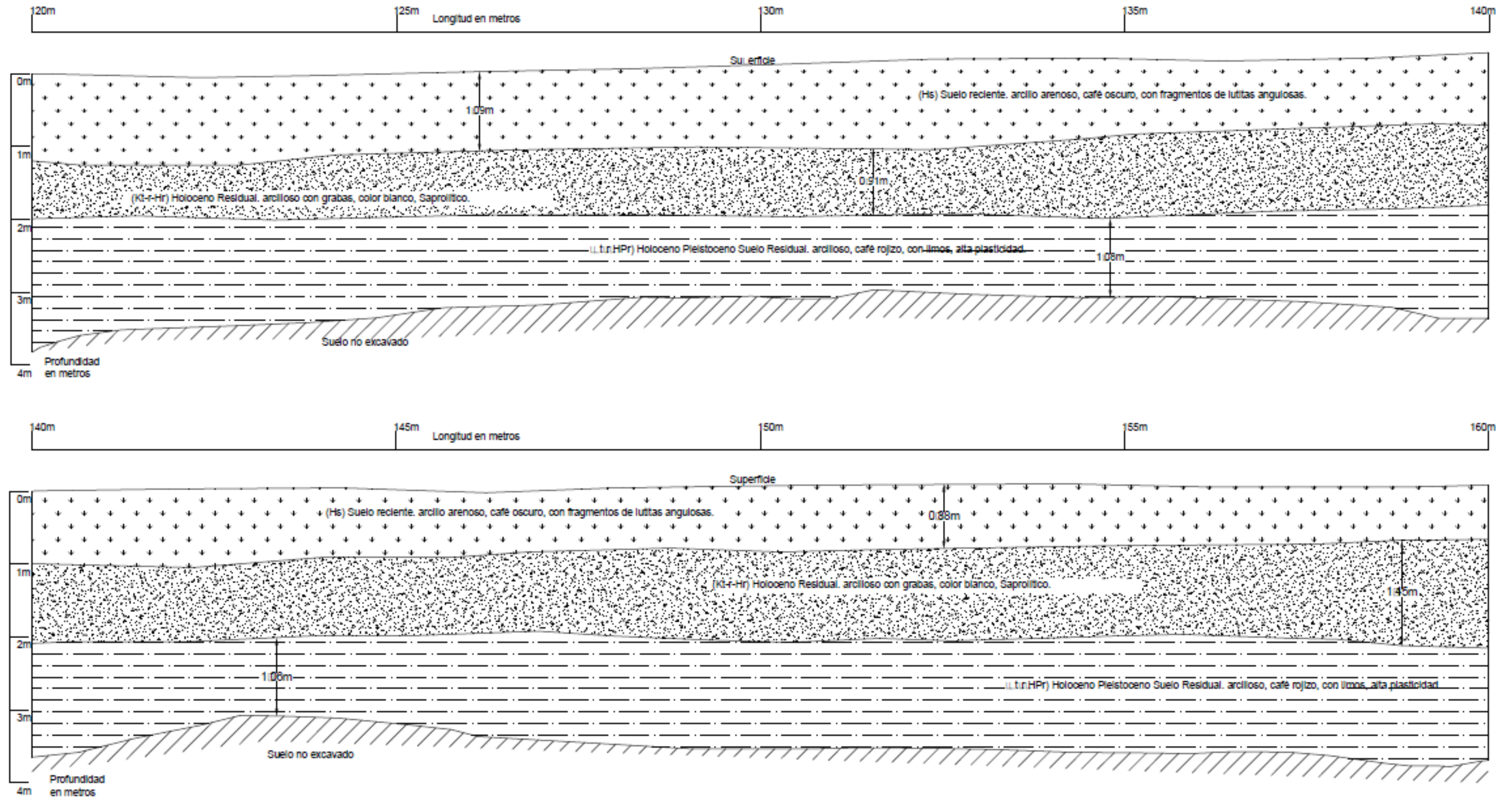


## LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRAFICO EN TERRENO DEL PROYECTO TIANGUE PEÑAS BLANCAS.

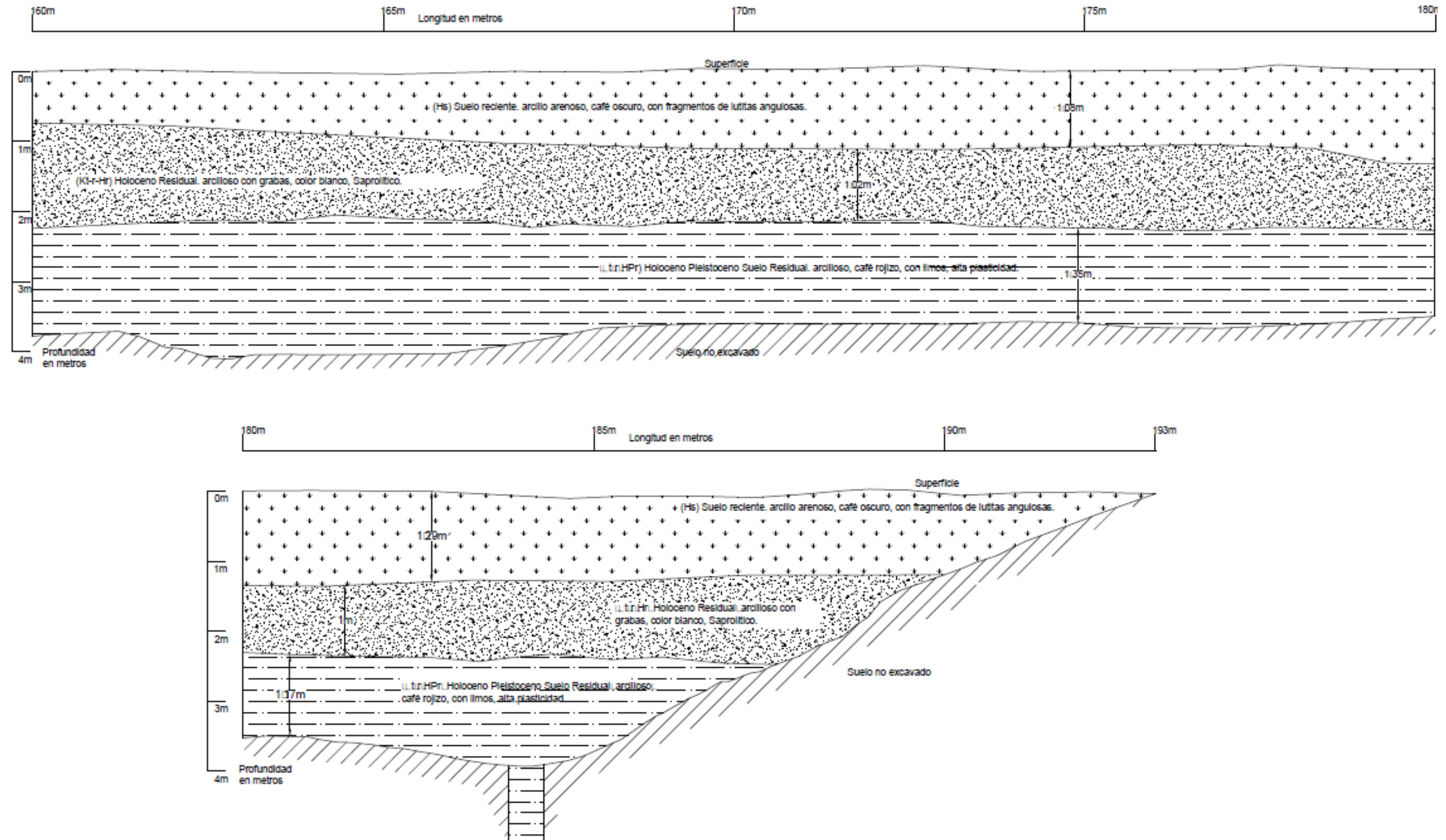




## LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRAFICO EN TERRENO DEL PROYECTO TIANGUE PEÑAS BLANCAS.

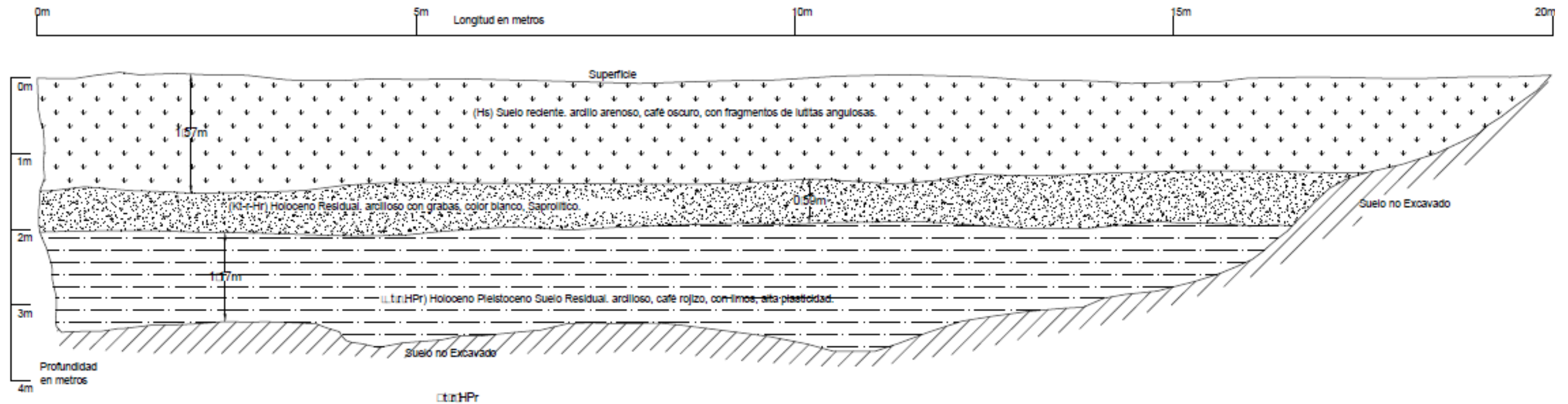


## LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRAFICO EN TERRENO DEL PROYECTO TIANGUE PEÑAS BLANCAS.





## LEVANTAMIENTO LITOESTRATIGRAFICO EN TERRENO DEL PROYECTO TIANGUE PEÑAS BLANCAS.





---

## DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TIANGUE EN LAS INSTALACIONES FRONTERIZAS EN PEÑA BLANCA

---

### ANEXO N°4 AVAL DE INETER



**Estudio de Zonificación Geológica por Fallamiento Superficial**  
**Proyecto: Tiangué en instalaciones de puesto fronterizo Peñas Blancas.**

**Código:** 2017-04-65-XGR

**2. Hectáreas:** 4.2

**3. Número Catastral:** 2952-3-08-038-04000

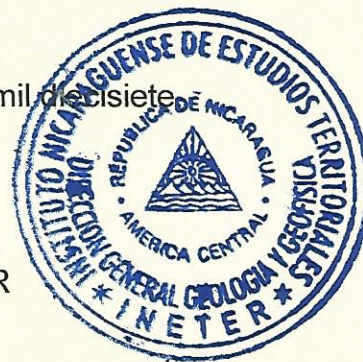
- 4. Efectuado en:** Mayo del año 2017, a petición del Ministerio de hacienda y crédito para la construcción de un tiangué para los Buses que llegan a la frontera, ubicado a 200m al Suroeste de la Frontera Sur, Peñas Blancas, en el Municipio de Cárdenas, Departamento de Rivas, realizado por la Ing. Geóloga Xóchitl Guevara Rodríguez.
- 5. Zonificación:** Zonifica en **Zona I Regular y Zona Indefinible**; Según el Mapa de La Cuenca Sandino, Pacífico de Nicaragua, del terreno de estudio a 630 m al SE del sitio se ubica un lineamiento fotogeológico y a 2700 m al SE una falla geológica.
- 6.** Los datos adicionales solicitados e incluidos en el informe, cumplen con las exigencias técnicas contenidas en la Guía Técnica para la Elaboración de Estudios Geológicos por Fallamiento y Obtención del Aval correspondiente en la ciudad de Managua y sus alrededores (INETER, marzo, 2014).
- 7.** El **INETER** avala el cumplimiento de estos requisitos, los resultados, conclusiones y recomendaciones emitidas en el estudio.
- 8.** Los resultados, conclusiones y recomendaciones se relacionan únicamente al estudio geológico, no a recomendaciones de obras de ingeniería o sistema constructivos. Estos no son competencia del **INETER**.
- 9.** Este **Aval Geológico** es válido por cinco años, a partir de la fecha.

Se extiende la presente a los once días del mes de Mayo del año dos mil diecisiete.

*William A. Martínez Bermúdez*

**Dr. William Martínez Bermúdez.**

Director General de Geología y Geofísica – INETER



CC. archivo