

Informe de Apoyo-A Estudio Geológico

INFORME DE APOYO-A ESTUDIO GEOLÓGICO

1. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El estudio para el desarrollo de aguas subterráneas para la Ciudad de Tegucigalpa fue ejecutado por el SANAA y C. Lotti & Asociados en el año 1987.

El SANAA ha estado utilizando el agua subterránea para fuente de agua doméstica que proporciona a 16 colonias (ver a *Tabla A.1.1, Figura A.1.1*). En total suman el 1% del volumen total de provisión de agua del SANAA. Las compañías privadas también han utilizado agua subterránea para el uso comercial e industrial. Pero, todos los datos de los pozos de producción fueron perdidos y dispersados por el Huracán "Mitch." Algunos de los pozos de producción fueron destruidos y otros fueron dañados y el rendimiento de la producción ha cambiado. Actualmente ninguna organización puede conseguir el volumen real extraído de agua subterránea ni puede manejar la fuente de agua subterránea. El resultado del estudio del Lotti es obsoleto y no refleja la presente condición hidrogeológica. El agua subterránea no es la mayor fuente para el sistema de suministro central de agua en la Ciudad de Tegucigalpa, pero es usada como fuente local de agua para el uso privado y comunal donde el SANAA no puede proporcionar agua por cañería. Todavía es una fuente importante de agua, pero limitada. Por consiguiente, el plan de manejo del agua subterránea debe establecerse urgentemente y ser utilizado continuamente para las áreas aisladas de Tegucigalpa.

La geología del Área de Estudio y sus alrededores está aproximadamente dividido entre la lava del Basáltico del periodo Cuaternario, el Grupo Padre Miguel y la Formación Matagalpa del Periodo Terciario, y El Grupo Valle de Angeles del Periodo Cretáceo. La capa vieja de roca base de Esquisto de Cacaguapa, Grupo Honduras, y Grupo Yojoa no está distribuida en el Área de Estudio. Éstas capas consolidadas de roca base son principalmente impenetrables excluyendo las zonas erosionadas y fracturadas.

Las capas de rocas base están cubiertas por sedimentos de talud, sedimentos fluviales de terrazas y sedimentos de ríos del periodo Cuaternario. Los sedimentos de Talud consisten principalmente en arcilla, limo, arena, y arena gruesa. Los sedimentos fluviales consisten principalmente en arena y arena gruesa que se espera que sea un acuífero. Pero, estos sedimentos fluviales están distribuidos localmente y no se espera su explotación extensa para agua subterránea.

En el área de estudio hay cuatro tipos de unidades geológicas desde el punto de vista hidrogeológico y son como sigue:

- El tufo volcánico del Grupo Padre Miguel incluyendo la Formación Matagalpa,
- Capas sedimentarias de color rojizo del Grupo Valle de Angeles,
- Basalto cuaternario, y
- Sedimentos aluviales cuaternarios pocos profundos.

1.1 TIPO DE ACUÍFERO

Hay dos tipos de unidades hidrogeológicas que se espera que sean acuíferos en el Área de Estudio y son las siguientes.

- Acuífero intergranular: es un acuífero con flujo intergranular en el sedimento Cuaternario de los ríos y en los sedimentos de terrazas. Estos son acuíferos locales y tienen poca productividad de agua subterránea.

- Acuífero de fisura: es un acuífero de las zonas fracturadas de las capas de roca base de basalto Cuaternario, las capas volcánicas del Grupo Padre Miguel, la Formación Matagalpa, y el Grupo Valle de Angeles. Estos son acuíferos locales y tienen poca a moderada productividad de agua subterránea.

(1) Acuífero Intergranular

Formaciones cuaternarias de aluvial en forma de abanico, de terraza y de formaciones recientes de río, están principalmente compuestas por sedimentos permeables como arena y arena gruesa. Al juzgar la producción de pozos y otros estudios, este acuífero intergranular está clasificado como acuífero no confinado. Hay informes de que el rendimiento de bombeo en el pueblo de Zamorano es menos de 5 litro por segundo con mejor calidad del agua al comparar con el acuífero de fisura (ver *Figura A.1.2*)

El potencial de agua subterránea varía y depende de la dimensión y espesor de las sedimentaciones cuaternarias, tamaño del gránulo, de sedimentos y precipitaciones, etc., Las formaciones cuaternarias están localmente distribuidas en el Área de Estudio. Por consiguiente no se espera el desarrollo extenso de agua subterránea. Se espera únicamente pequeños usos privados y de la comunidad.

(2) Acuífero de Fisura en las Capas de Roca Base

El Grupo Padre Miguel, la Formación Matagalpa, y el Grupo Valle de Angeles están principalmente compuestos por piedras volcánicas compactadas, duras y prácticamente impermeables con poca porosidad. Se considera que estas formaciones son capas de rocas base desde el punto de vista hidrogeológico.

Sin embargo, muchos datos geológicos de estas formaciones, muestran el desarrollo de juntas y fracturas formadas por erosión y por los movimientos tectónicos. Además, los resultados del reconocimiento de campo, la interpretación del mapa topográfico, y las fotografías aéreas muestran la existencia de líneas que corresponden a las zonas de fallas y fracturas en el área montañosa.

El potencial de agua subterránea varía y depende de la anchura y longitud de la zona fracturada. Las zonas fracturadas están distribuidas localmente en el Área de Estudio. Por consiguiente, no se espera el desarrollo extenso del agua subterránea. Se esperan usos privados pequeños y de la comunidad.

1.2 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

(1) Aluvión

La transmisividad del acuífero de las sedimentaciones fluviales oscila entre 60 a 290m²/día y la capacidad específica de 0.03 a 5.0 l/s/m (litros por segundo por metro) en el pueblo de Zamorano. La conductividad eléctrica (en adelante referido como “CEE”) es menos de 250µS/cm. Por consiguiente el ion disuelto es comparativamente bajo y la calidad generalmente es buena.

(2) Basalto Cuaternario

Ocurre como extensiones de flujos de lava en la zona más alta en el norte y oeste de Tegucigalpa, y forman acuíferos altos discontinuos de extensiones limitadas. Sin embargo, este acuífero de fisura no se desarrolla en el Área de Estudio.

En otra área, se informa que los pozos rinde hasta 8 l/s (litros por segundo) en zonas altamente fracturadas.

(3) Grupo Padre Miguel

Aproximadamente el 50% del Área de Estudio está cubierta por una extensa sucesión de acciones volcánicas del periodo Terciario Superior. Se extiende hasta 400 metros de espesor y consiste principalmente de ignimbrita riolítica, sedimentos volcánicos estratificados, piroclásticos, y sedimentos de tufo depositados por agua. El acuífero de fisura de este grupo se desarrolla bien en el Área de Estudio y el promedio de rendimiento es 3.25 l/s (ver *Tabla A.1.1*). Su gama es de 0.5 a 4 l/s en el oeste de Tegucigalpa, como Los Laureles y La Cuesta. Pero, en algunos pozos localizados en la parte sudeste de Tegucigalpa, alcanza excepcionalmente hasta 25 l/s. La CEE es de alrededor de 650 $\mu\text{s}/\text{cm}$, el ion disuelto está comparativamente alto y está clasificada como agua dura.

(4) Formación Matagalpa

Estas piedras andesíticas y basálticas del periodo Terciario Inferior tienen extensión limitada entre las comunidades de Santa Cruz y La Cuesta inmediatamente al noroeste de Tegucigalpa. Por consiguiente, el acuífero de fisura de esta formación no se explora en el Área de Estudio.

En otras áreas, informan que los pozos rinden entre 1 a 6 l/s. Se encuentran zonas de permeabilidad más altas entre los 10 a 20 metros superiores en los flujos de lava horizontales erosionados y las zonas fracturadas. Normalmente, los flujos de lava de andesítica no modificados y duros se comportan como acuíclusa (acuífero no productivo).

(5) Grupo Valle de Angeles

Este grupo está distribuido extensamente en la parte oriental de la Ciudad de Tegucigalpa, y el acuífero de fisura de este grupo está bien explotado para el uso privado a pesar de ser agua dura.

El Grupo Valle de Angeles está dividido entre dos formaciones, la formación más baja de Villa Nueva es de piedra conglomerada y la formación superior de Río Chiquito es de piedra arenisca, piedra sedimentaria, piedra de arcilla y piedra caliza.

La transmisividad de las piedras conglomeradas de Villa Nueva es muy baja y oscila desde 1 a 5 m^2/d y los rendimientos de los pozos son de menos de 3 l/s. Por otro lado, la formación de Río Chiquito se caracteriza por su porosidad relativamente alta y su permeabilidad secundaria alta debido a la formación de fracturas. Su transmisividad oscila entre 10 a 500 m^2/d y sus rendimientos son entre 2 a 8 l/s con un promedio de aproximadamente 6.0 l/s (ver la *Tabla A.1.1*). La calidad del agua subterránea del acuífero de esta formación es generalmente dura y alta en sulfatos. Lo que indica que esta agua subterránea se ha quedado mucho tiempo en el subsuelo con poco recargamiento.

1.3 POSIBILIDAD DEL DESARROLLO PARA SUMINISTRO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los cuatro elementos siguientes serán considerados para el desarrollo de aguas subterráneas:

- la dimensión de la cuenca en el acuífero intergranular, o el tamaño de la zona fracturada en el acuífero de la fisura,
- el factor interno de permeabilidad, transmisividad, etc.,
- el factor externo de precipitación, descarga del río que se relacionan con la condición de recarga, y
- la calidad de agua.

Considerando los cuatro elementos mencionados, no hay acuíferos adecuados para fuentes de sistemas para el suministro central de agua en el Área de Estudio.

(1) Acuífero Intergranular

En este acuífero es fácil de inspeccionar la dimensión de la cuenca e investigar el factor interior, y la calidad del agua puede ser mejor que la del acuífero de fisura. Pero, estos sedimentos no consolidados de sedimentos de río y de sedimentos de terraza están localmente distribuidos en el Área de Estudio. De acuerdo a esto, este acuífero no es adecuado para fuente del sistema de suministro central de agua y del sistema de suministro local de agua.

(2) Acuífero de Fisura

En este tipo de acuífero es difícil de investigar la dimensión y el tamaño de la zona fracturada que regula el volumen de extracción de aguas subterráneas. El rendimiento del pozo no es tan alto, de 1 a 5 l/s y la calidad del agua es dura. Generalmente, no es una fuente de agua adecuada para el sistema de suministro central. Pero, la capa de roca base de la cual se puede tener un acuífero de fisura está distribuida en el Área de Estudio. De acuerdo a ello, existe la posibilidad que haya una fuente de agua para el uso privado y uso comunal sin realizar investigación geológica.

1.4 RECOMENDACIÓN

(1) Establecimiento del Manejo de las Aguas Subterráneas

Se recomienda fuertemente ejecutar con urgencia una investigación hidrogeológica y se revisar el estudio de Lotti para establecer el manejo de las aguas subterráneas para su desarrollo sustentable y la preservación del ambiente.

(2) Investigación para Nuevas Fuentes de Aguas

Generalmente, se informa que en el Cinturón Volcánico Circum-Pacífico el flujo de lava lleva aguas subterráneas en sus cavidades, socave, y el margen enfriado poroso. Debe considerarse la investigación del agua subterránea en la lava de basalto o andesito, o en la lava al pie de las montañas.

Tabla A.1.1 Inventario de Pozos en Tegucigalpa Manejado por SANAA (1/2)

Inventario de Pozos de Tegucigalpa manejado por SANAA								
No	Local	Profundidad	Elevación	Coordenadas		Año de construcción	Producción	Geología
				X	y			
		(m)	(m)			y/m/d	(l/s)	
1	Residencial San Angel		1000	48101	155527	85/2/11		
2	Col. 21 de Febrero	92	1100	47490	155698	87/3/1		
3	Kinder San Geronimo, P13	66	1200	47427	155949	87/12/10		
4	Hacienda El Sitio	61	1155	48385	156026			
5	Hacienda El Sitio		1155	48390	156030			
6	La Burrera	132	1000	47706	155547	87/8/30		
7	La Travesía	91		48347	155860		5.52	Kv
8	Aldea Villa Nueva	106	1400	48420	155256	87/6/3		
9	Escuela de Colina Verano	86		47733	155310			
10	Quebrada Aserradera 1	250		48687	156153		6.25	
11	Col Satélite	90	1100	47749	155290		2.2	Tpm
12	El Chimbo No. 1	72	1400	48684	156228		1.6	
13	Col Satélite	90	1100	47755	155290		3.8	Tpm
14	El Chimbo No 2	148	1400	48684	156241			
15	Col Satélite		1100	47742	155299			
16	La Fuente	90	1100	47399	155705		3.5	Tpm
17	Residencial La Fuente	89	1100	47365	155706		3.5	Tpm
18	Plantel Colón	90	1100	47387	155853			
19	Colonia El Manantial	74		47376	155969			
20	Aldea Jacaleapa	108		48053	155311	1987		
21	Col. 21 de Octubre	73	1100	48151	155943			
22	Col.21 del Octubre	90	1100	48150	155950			
23	Colonia Mayangle	152	1100	47554	155768	1987		
24	Col. Los Girasoles	74		48104	155925		5	Kv
25	Colonia Mayangle Pz 5	196		47557	155764			
26	Colinas de los prados de Espinosa	122		48183	155970			
27	Molinos	76		48185	155971		4	
28	Bo El Chile P11	95	1100	47727	155531	1987		
29	CASA, Hato en medio	91.47		48101	1555531		20.1	Tpm
30	Instituto Luis Bogran 5		1200	47420	155932			
31	Escuela de enfermería	61		47865	155733			
32	Col. 21 de Febrero No 3	122	1100			1990		
33	Hospital materno infantil	56	1100	47860	155743			
34	Hospital materno infantil	79	1100	47850	155725			
35	Hospital Neurosiquiatrico	77	1100	47846	155732			
36	Instituto Luis Bogran 6	64	1200	47423	155927	1992		
37	Nuevos horizontes 1	26.2		47370	155980	1990		
38	Guasil 1	45.72		47620	153020	1985	3	
39	Guasil 2	45.72		47620	153017			
40	Cementerio 1		1000	47140	152490			
41	Cementerio 2		1000	47150	152500			
42	San José	61	1100	47290	152750	1967	0.23	Tpm
43	Apacinagua	27		47090	152560			
44	Col Las Torres		1100			1986		
45	Las torres P9	196	1100	47532	155457			

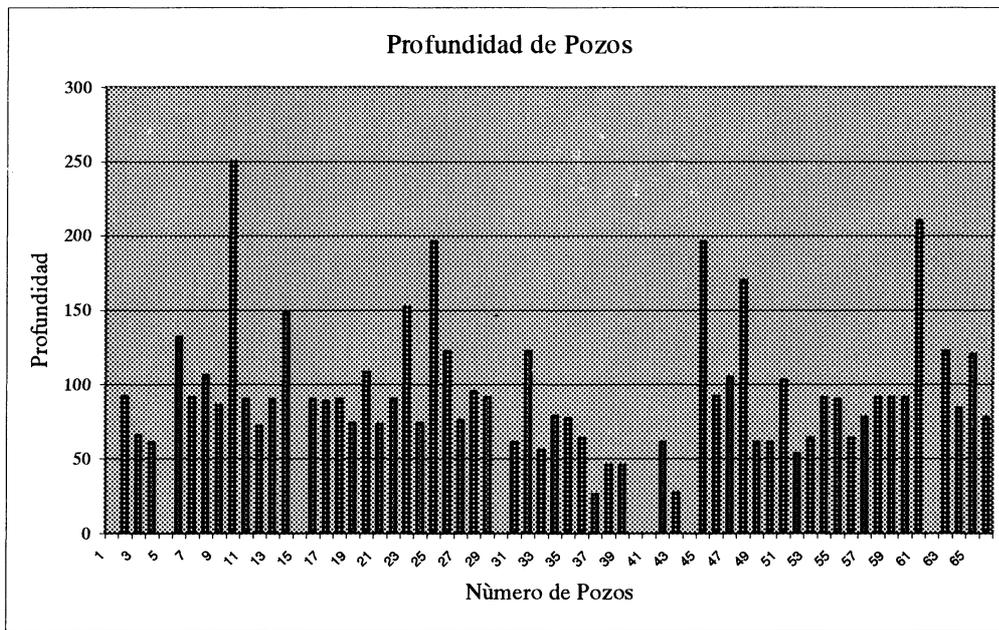
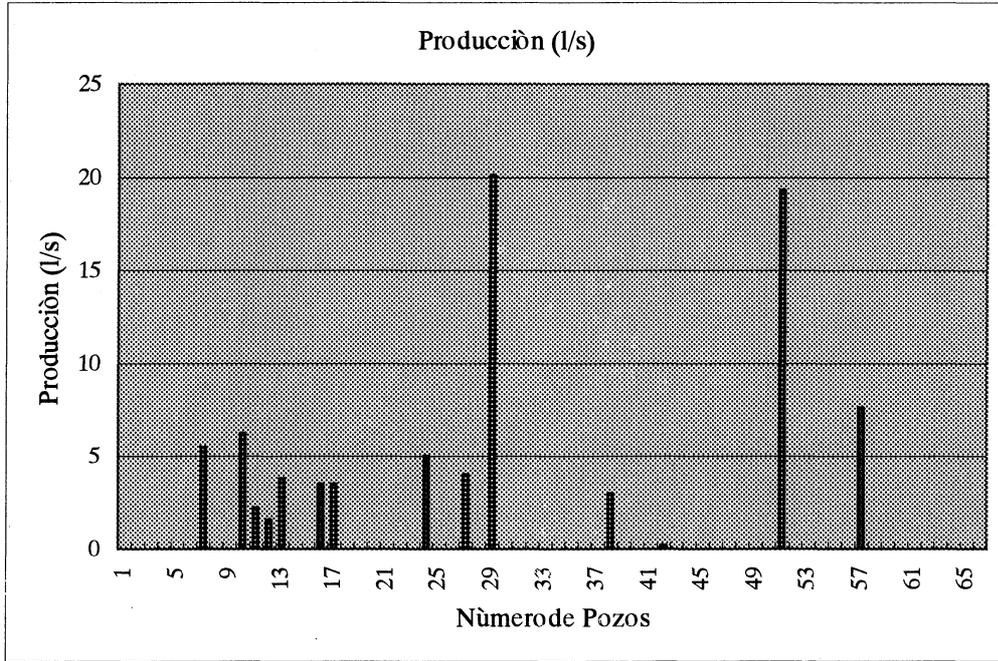
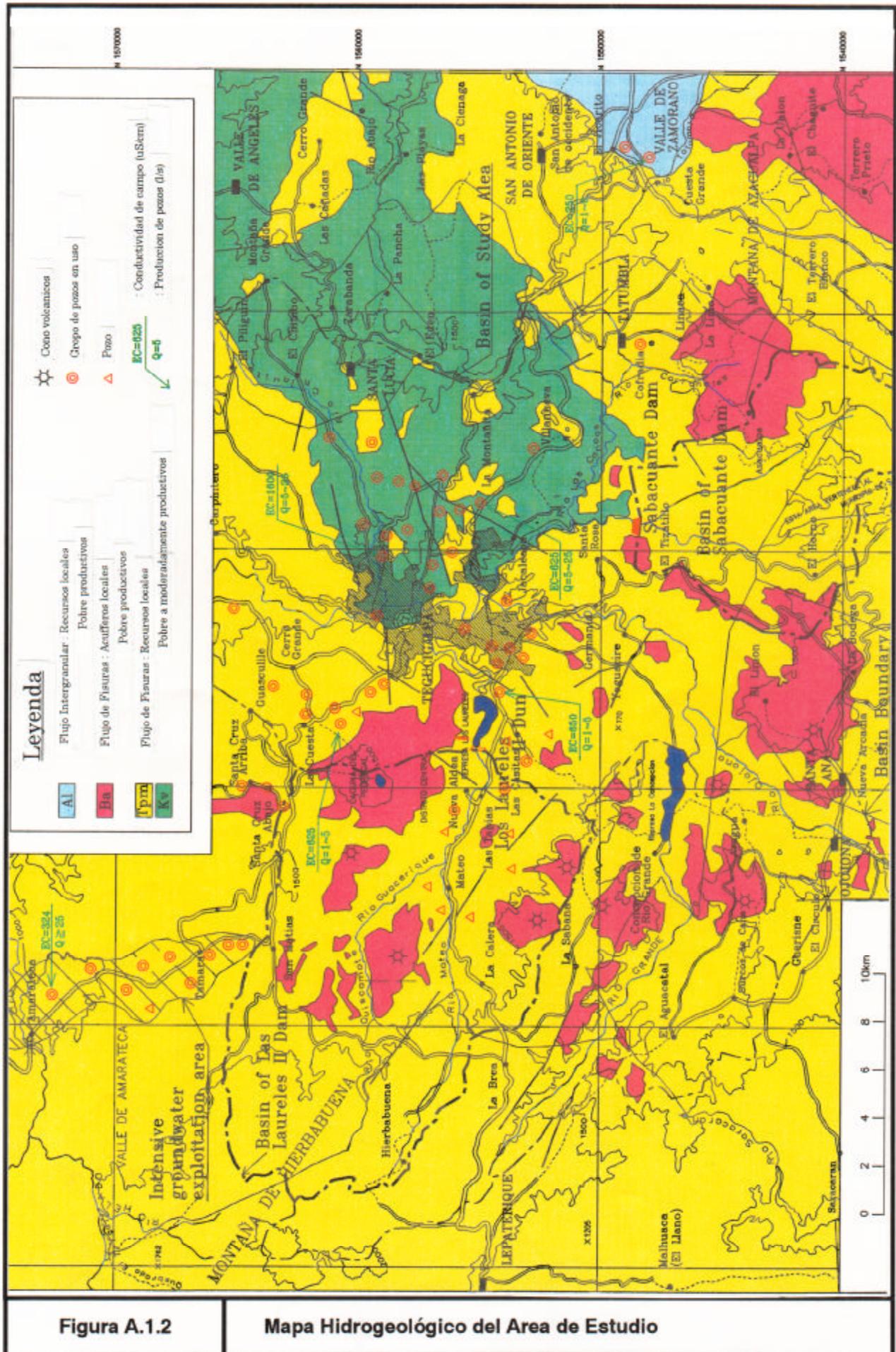


Figura A.1.1

Producción y Profundidad



2 GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

2.1.1 GENERALIDADES

La geología del Área de Estudio y sus alrededores está aproximadamente dividida en tres grupos; Grupo Padre Miguel, La Formación Matagalpa del Periodo Terciario y el Grupo Valle de Angeles del Periodo Cretáceo. La otra capa de roca base de Esquisto de Cacaguapa, Grupo Honduras, y Grupo Yojoa no está distribuida en el Área de Estudio. La *Figura A.2.1* muestra la geología regional.

Lava basáltica cubre el Grupo Padre Miguel y La Formación Matagalpa del periodo Cuaternario temprano. Éstas capas de roca base consolidada están cubiertas por sedimentaciones de terraza, sedimentos de talud y sedimentos de río del periodo Cuaternario.

Tabla A.2.1 Geología del Área de Estudio y sus alrededores

Era	Periodo	Epoca	Símbolos	Nombre de la Formación	Litología	
Cenozoico	0 Cuaternario 2	Holoceno	Qal	Río, llanura formado por dt.	arena y grava con arcilla	
		Pleistoceno	Qc	Coluvial dt.	arcilla, arena, y arena gruesa	
			Qt	Terraza dt.	arena y arena gruesa con arcilla	
			Qb	Basáltico	Basalto (flujo de lava)	
	Terciario Cenozoica	Plioceno	<i>Formación Gracias</i>			
		Mioceno Oligoceno	<i>Grupo Padre Miguel</i>			
			Tpmy	Volcanes jóvenes	Ignimbrita riolítica	
			Tep	Miembro Periodística	Sedimentos volcanicos de arenisca, grava, y limonita	
			Tpmt	Mem. Tenampua	Sedimento local, caída de ceniza	
			Tpmi	Ignimbrita	Ignimbrita vitrificada	
			Tpmn	Mem. Nueva Aldea	tufo bien clasificado con pómez local	
			Tpmp	Mem. Puerta de Golpe	Esquisto tufaceo, calcáreo esquisto, piedra caliza	
			Tcg	Mem. Cerro Grande	Ignimbritas vitrificadas	
		Eoceno - Paleoceno	<i>Formación Matagalpa</i>			
	Tm			Basaltos y andesita alterada hidrotermal		
65						
Mesozoico	Cretáceo	Superior	<i>Grupo Valle de Angeles</i>			
			Krc	Form. Río Chiquito	Lutitas, limonitas, areniscas rosadas, y algunas capas de conglomerado de cuarzo	
	Jurásico	143 <i>Inferior</i>	Kvac			
			Kvn	Form. Villa Nueva	Conglomerados rojo	
			Ky	<i>Grup Yojoa</i>	<i>pedra caliza, piedra arcillosa</i>	
247*			Jkhg	<i>Grupo Honduras</i>	Esquisto y piedra arenisca con piedras volcánicas	
Paleozoico			Pzm	<i>Cacaguapa Esquisto</i>	<i>mica-esquisto, cuarzo con mármol, meta-diabese</i>	

Fuente: Mapa Geológica de Tegucigalpa, Lepaterique, y San Buenaventura (1/50,000)

Nota: Los grupos y formaciones en cursiva no están distribuidos en el Área de Estudio.

247*: Edad geológica (antes el presente) x 10⁶

2.1.2 ESTRATIGRAFÍA

(1) Grupo Valle de Angeles

El Grupo Valle de Angeles consiste de dos formaciones; la Formación Villa Nueva y la Formación Río Chiquito y estas están distribuidas en el mitad oriental de la Cuenca de Tegucigalpa.

La Formación de Villa Nueva se encuentra en el sudeste y la Formación de Río Chiquito en el nordeste de la cuenca. La Formación de Villa Nueva se caracteriza por tener densos estratos rojos.

La Formación de Río Chiquito está uniformemente incrustada con piedras areniscas rojizo-castaño, piedra arenisca rojizo castaño, piedra sedimentaria, y piedra arcilla con lentes de caliza y cuarzo.

(2) Grupo Padre Miguel

El Grupo Padre Miguel consiste en varias capas de la Formación Matagalpa (Tm), Miembro Cerro Grande (Tcg), Puerta de Golpe (Tpmp), Nueva Aldea (Tpmn), Ignimbrita extendida (Tpm), Miembro Tenampua (Tpmt), y piedras Volcánicas más jóvenes (Tpmy) que fueron generadas por la actividad volcánica desde la época Oligoceno a la época Mioceno del periodo Terciario.

La Formación de Matagalpa desde la Época Paleoceno a Medio-Mioceno está distribuida en el norte de Tegucigalpa. Esta formación consiste en andesita y flujo de lava basáltica incrustada con piroclásticas y sedimentos volcánicos.

Este grupo de predominantemente rocas volcánicas piroclásticas ácidas está extensamente distribuido en el Área de Estudio. Consiste de una sucesión baja de ignimbritas del Mioceno incrustada con sedimentos fluviales y de pómez lacustre. Láminas de ignimbritas de la época Mioceno menor–Plioceno están asociadas con lavas de mafic, lahars y sedimentos volcánicos.

(3) Volcánicas Cuaternario

Las rocas volcánicas por erupciones inmediatamente al oeste y noroeste de Tegucigalpa, depositaron y dispersaron grandes cantidades de lavas basálticas de tholeiitic, donde hay olivine.

El volcán más eminente es El Pedregal, ubicado inmediatamente al oeste de la Ciudad de Tegucigalpa, que se localiza al norte del sitio de la presa propuesta de Los Laureles II. Se forma una meseta basáltica de aproximadamente 20 km². Hay también lava basáltica distribuida en y alrededor del Área de Estudio con meseta de lava.

(4) Sedimentaciones cuaternarias no consolidadas

Las sedimentaciones no consolidadas de talud, llanuras formadas por inundaciones, sedimentaciones de terraza, y sedimentos de río están localmente distribuidos en el Área de Estudio. Ellos no juegan un papel mayor en el estudio desde punto de vista geológico.

2.1.3 ESTRUCTURA GEOLÓGICA REGIONAL

Es necesario comprender la condición geológica regional para entender la geología local del Área de Estudio.

El esquisto de Cacaguapa formado en la era Paleozoica es la capa de roca base más baja de Honduras que está localmente distribuida al nordeste de la Ciudad de Tegucigalpa, él está distribuido ampliamente en la parte nordeste de Honduras, y en la costa norte del mar, no está

distribuido en el Área de Estudio. Los movimientos de la placa de Cocos y de la placa del Caribe en la Mesozoica crearon el límite internacional de Honduras y su cuenca. Los sedimentos de caliza de Cretáceo, dolomita, esquisto, y los estratos rojos del Valle de Angeles se forman en esta cuenca. En la época Oligocena del periodo Terciario, surgió la mayoría de la tierra de Centroamérica y la mayoría de los sedimentos tuvieron fallas y pliegues en dirección este-oeste.

Durante el periodo Terciario Honduras ha continuado mudándose hacia el este, hasta la posición presente. Se generaron actividades volcánicas durante el movimiento de la placa, y se originaron las grandes piedras volcánicas de lava, ignimbrita, y tufo que están distribuidas en la parte occidental, la parte sur de Honduras y extensamente distribuidas en el Área de Estudio. Estas piedras volcánicas se conocen como el Grupo Padre Miguel. Estas se depositaron en tierra y en algunos casos en el agua del lago y cubrieron la capa vieja de piedra base y piedras volcánicas más viejas en forma desigual. Durante el periodo Terciario y Cuaternario temprano, los movimientos geo-estructurales formaron principalmente las fallas del noroeste-sudeste y las fallas del nordeste-sudoeste en el Área de Estudio. Estas fallas desplazaron los estratos rojos del Valle de Angeles y las piedras volcánicas del Grupo Padre Miguel. Pero estas fallas no desplazaron los estratos geológicos recientes de la época de Holoceno (hace menos de 10 mil años) que son llamados “la Falla Activa.”

2.2 SEISMICIDAD

Según los datos de 1900 a 1996, han ocurrido muchos terremotos a lo largo de la costa del mar del Océano Pacífico donde la placa de Cocos ha estado resbalándose bajo la Placa caribeña a la trinchera de Guatemala. La intensidad de la mayoría de los terremotos fue menos de 4.5 en la escala de Richter. Los terremotos ocurrieron en la frontera con Guatemala (Grado 7.5) en 1976. Pero, no ha ocasionado ningún daño grande en la Ciudad de Tegucigalpa. Pequeños sismos y algunos epicentros están sólo distribuidos cerca del Área de Estudio (ver la *Figura A.2.2* y *Tabla A.2.3*).

Un estudio hecho en 1999 por la U.N.A.H. (Universidad Autónoma Honduras Nacional) Sección de Geofísica analizó el registro sísmico histórico y calculó la expectativa de la aceleración de terremotos en las mayores ciudades de Honduras. La *Tabla A.2.3* muestras el resultado del cálculo.

Tabla A.2.2 Aceleración Máxima Esperada de la Tierra

Unidad: m/seg²

Ciudad	Latitud	Longitud	Periodo de Retorno (año)				
			100	200	500	1000	5000
Tegucigalpa	14,084	87,157	0.753	0.926	1.184	1.455	2.276
Santa Rosa de Copan	14,750	88,720	1.150	1.456	1.956	2.516	4.114
Santa Barbara	14,900	88,250	0.939	1.160	1.491	1.848	2.877
Choluteca	13,300	87,270	1.329	1.644	2.145	2.667	4.110
Trujillo	15,920	85,950	0.829	1.131	1.627	2.245	4.310
San Pedro Sula	15,481	88,040	1.144	1.549	2.265	3.040	5.518
La Ceiba	15,667	86,833	0.912	1.245	1.826	2.531	4.865
Puerto Cortés	15,850	88,000	1.262	1.782	2.710	3.724	7.128
Amapala	13,310	87,620	2.300	2.931	3.891	4.957	7.984
El Cajón	14,950	87,750	1.051	1.360	1.875	2.469	4.075
Roatan	16,330	86,504	1.276	1.813	2.764	3.800	7.242

Fuente: Las Amenazas Sísmicas de 11 Lugares Importantes de Honduras por U.N.A.H.

Figura A.2.1 Mapa Geológico del Área de Estudio

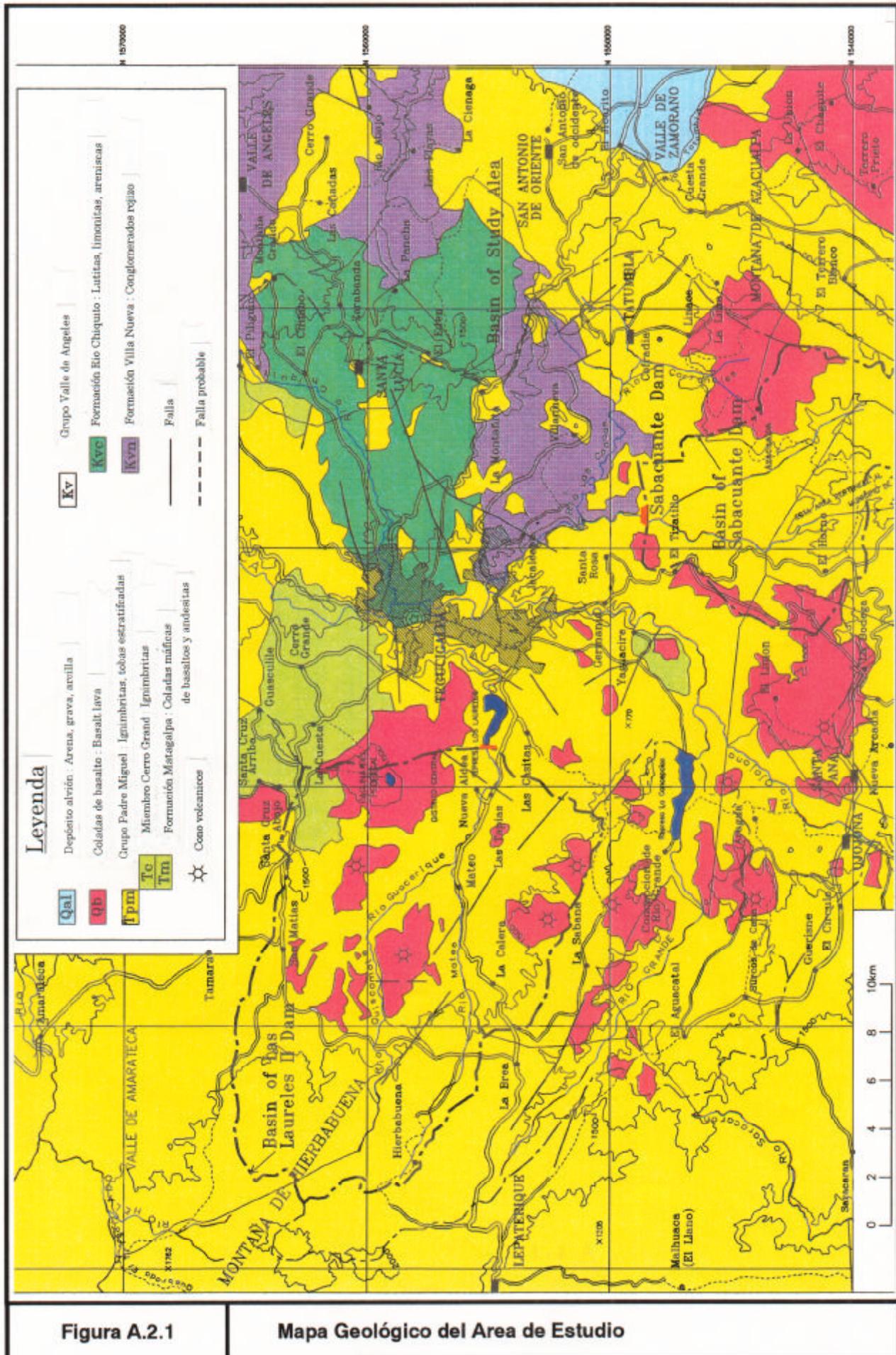
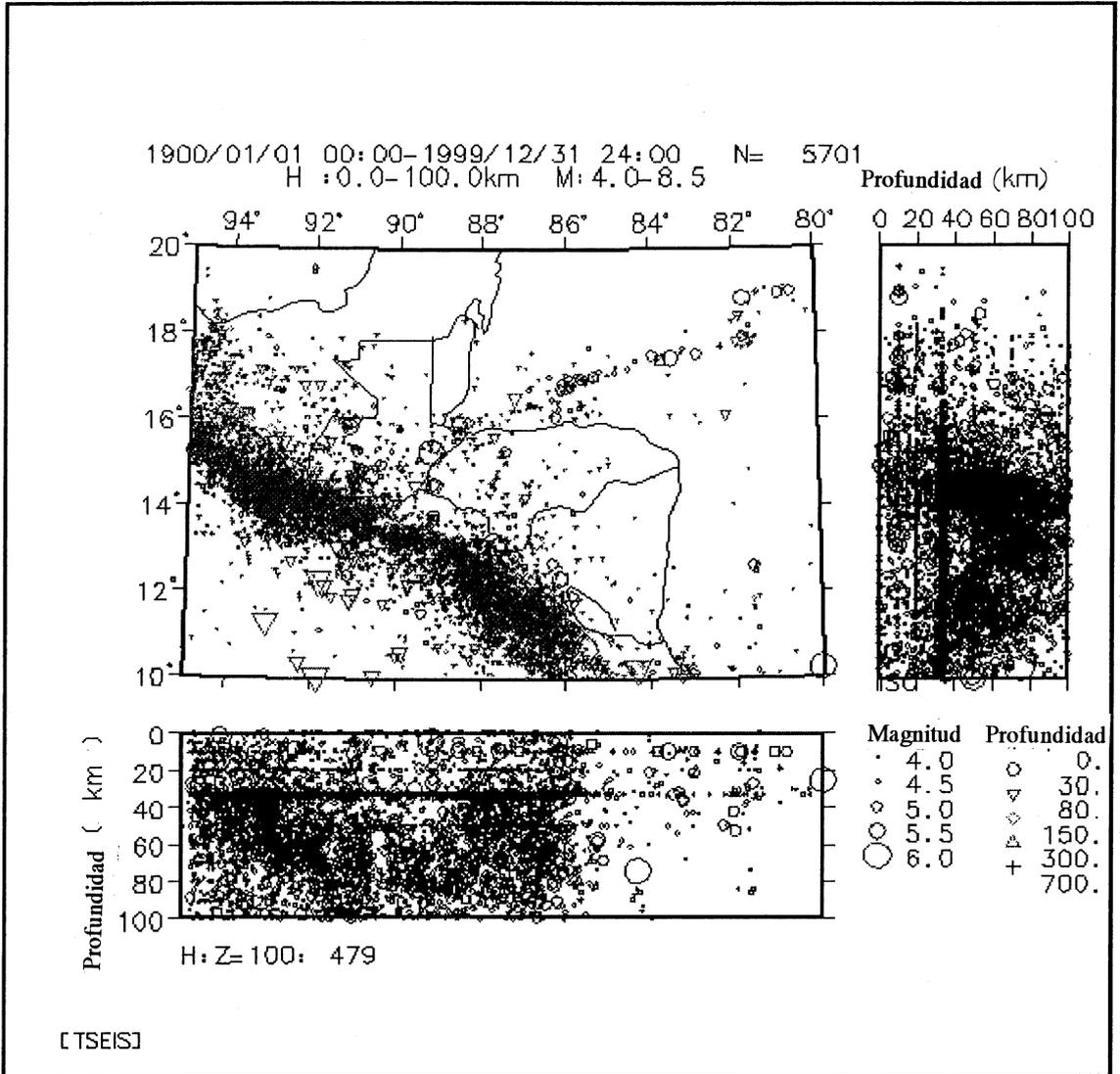


Figura A.2.2 Mapa de Distribución de Terremotos en Centroamérica



Parámetro

TM1:	1900/01/01
TM2:	1999/12/31
RGN:	-95/10/-80/20
DEP:	0.0/100
MAG:	4.0/8.5

Figura A.2.2

Mapa de Distribución de Terremotos en Centroamérica

Tabla A.2.3 Cronología de Terremotos o Actividad Volcánica en Honduras (1/3)

Fecha	Lugar	Intens. Mercalli	Magni. Richter	Fenómeno y Daños
1522	Golfo de Fonseca			Erupción
24-11-1539	Todo Honduras			Terremoto violento, con un radio de 160 kms (desde cabo Higueras)
22-03-1610	Comayagua y todo Honduras			Terremotos y temblores. Daños en la Catedral de Comayagua
1630	Olancho el Viejo (San Jorge)			Se discute si fue una avalancha o un terremoto. La montaña fue destruida con tremenda violencia, el pueblo fue destruido por la lluvia de rocas, piedras y cenizas .
1724	Comayagua			Temblores
1750	Comayagua			Temblores
07-1764	Trujillo	VII	6.50	Terremoto que causó la destrucción de 108 casas en el puerto y cobró varias víctimas (Según el Obispo, fue la erupción del Monte Blanco, un volcán al Este de Trujillo).
9-03-1773	Jicaramani, Yamaranguila, Santiago Colosuca y Belén Gualcho			Multitud de temblores que dejaron las iglesias arruinadas y peligrosas. La iglesia de Belén Gualcho quedó con fisuras y aperturas, que se temía que se caiga.
16-09-1773	Omoa			Un temblor seguido de un diluvio y viento fuerte que inundo la población.
14-10-1774	Gracias, Santa Rosa de Copán, Omoa, Tencoa, Ajuterique, La paz, Lejamani y Comayagua			Un gran temblor se sintió en Comayagua; en Lejamani se ha quebrantado la iglesia y las torres; en La Paz se han maltratado muchas casas, el cerro Gorra de cuero ha caído en su mayor parte aterrando las minas de plata; en Ajuterique la iglesia se abrió y estuvo lloviendo algunos días oyéndose retumbos; en Gracias se crecieron los ríos, se rajaron las paredes de las 3 iglesias y todas las casas del pueblo.
16-12-1788	Gracias a Dios			Ciclón y maremoto (Tsunami)
1795	Comayagua			Temblores
20-23/7-1809	Comayagua y Tegucigalpa			Terremoto que se sintió en todo Honduras. En Comayagua la Catedral sufrió daños, y en Tegucigalpa la Parroquia de San Miguel.
19-20/1809	Tegucigalpa	VIII		Terremoto que se sintió en todo Honduras. En Tegucigalpa destruyó la Iglesia de San Sebastián.
19-10-1820	Villa de Omoa y San Pedro Sula		5.5	Fuerte terremoto que destruyó la Villa de Omoa, y en SPS varias casas y la iglesia e cayeron y hubo varias víctimas.
2-1825	Roatán	VI		Sismo
20/1-23/6-1835	Puerto del Tigre			Erupción del volcán Cosiguina(Golfo de Fonseca, Nicaragua). 20-25/Enero, A las 11 AM se oscureció durante los 2 días la mayor parte del tiempo. Se encuentran en la Isla del Tigre o el mar arroja pájaros muertos, ratones, murciélagos y toda clase de reptiles. Otros informes dicen que cayó arena en Jamaica, Sta. Fe de Bogotá y Oaxaca, México, sobre un área de más de 1,500 millas de diámetro. Las detonaciones se oyeron 800 millas; y un buque navegó hasta 50 leguas (aprox. 200 Km) entre masas flotantes de piedra pómez que ocultaban la superficie del agua.
22-23/6-1836	Omoa y varios lugares de Centro América			Temblores
1839	La Mosquitia			Un fuerte temblor de aproximadamente 5 segundos de duración que fue sucedido por otro temblor y oscuros nubarrones que taparon el sol.
15-2-1848	Islas de la Bahía			Terremoto
1-2-1848	Golfo de Honduras y Trujillo			Temblores
27-10-1849	Honduras, Nicaragua y El Salvador	VIII	6 - 7	Temblores que causo movimientos ondulatorios de la tierra, duro un minuto y hubo vibraciones horizontales por 30 segundos.
8,18/7-1851	Trujillo y el interior de Honduras			Temblores
8,18/8-1851	Trujillo	VI	a)5.50 b)4.50	2 Temblores
1-9-1851	Casi todo Honduras			Temblores

Tabla A.2.3 Cronología de Terremotos o Actividad Volcánica en Honduras (2/3)

11-14/11-1851	Tegucigalpa, Trujillo	VI		Temblores
3-1852	Todo Honduras			Temblores. Aparecen hendiduras cerca del puente y un deslizamiento en el Barrio El Jazmin.
9-2-1853	Guatemala y Trujillo	VI	6 - 7	Un fuerte temblor de movimiento horizontal y vertical
26/8-3/12-1853	Guatemala y Trujillo			Por varios meses la tierra tembló en Trujillo ocasionando muchos daños, destruyendo el puerto.
15-4-1854	Omoa, Trujillo	IX		Sismo
16-8-1854	Omoa, Trujillo y Gracias		7 - 8	Fuertes temblores que destruyeron edificios en pequeños fragmentos. En estas fechas un violento terremoto destruyó a San Salvador.
25/9-9/10-1855	Trujillo	VII	6.50	Sismo de movimientos verticales con 15 segundos de duración que dejó al pueblo seriamente dañado.
5-5-1856	Omoa	VI	7 - 8	Violento terremoto
4-27/8-1856	Toda la Costa Caribe y Olancho	X	7 - 8	Completa ruina de Omoa por el Tsunami. El puerto quedó completamente destruido. Durante 8 días hubo 108 sismos en Omoa y Trujillo. Se sintió hasta en Ocotepeque.
7-9-1856	Omoa y Comayagua			Fuerte temblor
4-11-1857	Zona Central	VIII		Sismo. Produjo averías en Tegucigalpa. Es el más grande terremoto en la zona central.
25/8-3/9-1859	Isla del Tigre y Amapala	VIII	6.50	Varios movimientos de la tierra causaron muchos daños. También se reportó un Tsunami. Hubieron 6 sismos provenientes del volcán Cosiguina.
8-12-1859	Zona Sur y Central, Comayagua.	XI	8	Fuerte temblor que se sintió en Guatemala y El Salvador. El volcán Izalco tuvo movimientos.
28-12-1859	Trujillo			Temblores
19-12-1861	Todo Honduras		6.50	Temblores
19-12-1862	Todo Honduras	X		Sismo
13-1-1867	Todo Honduras			Temblores
12-7-1870	Santa Rosa de Copán	VIII		Fuerte temblor que causó muchos daños.
22-2-1873	Gracias	IX		Sismo
9-10-1873- 20-4-1874	Todo Honduras, Santa Bárbara,			Fuertes temblores que desentrajaron y destruyeron casas y edificios.
21-12-1876	Santa Rosa de Copán			Fuerte temblor
26-3-1878	Santa Rosa de Copán			Terremoto
23-4-1881	Golfo de Honduras	VII		Sismo
28-3-1881	Tegucigalpa, Trujillo y Belice			Sismo
19-4-1882	Trujillo, Olancho, Gracias a Dios			Sismo
19-9-1883	Trujillo	VII		Sismo
14-7-1888	Todo Honduras			Movimientos y tormentas
5-7-1893	La Mosquitia			Temblores que arrasó con todas las casas y varios edificios.
7-1897	Noroeste y Centro de Honduras	VII	5 - 6	Sismo que causó muchos daños en las edificaciones.
28-9-1898	La Ceiba			Fuerte temblor que afortunadamente no causó desgracias.
10-6-1899	Tegucigalpa y otras poblaciones de la república			Fuerte terremoto de aproximadamente 4 segundos de duración que causó leves daños a algunas casas.
29-4-1913	San Marcos de Colón			Temblores. Se dice que poco después cayó nieve sobre los cerros
26-12-1915	Gracias			Temblores que destruyó completamente a la ciudad.
29-12-1915	Trujillo		6.3	Terremoto que produjo muertos en Trujillo.

Tabla A.2.3 Cronología de Terremotos o Actividad Volcánica en Honduras (3/3)

10-11-1916	San Pedro Sula			Temblores. No hubo desgracias.
17-8-1918	Cedros, Juticalpa y Guaimaca			Temblores
15-2-1933	Yoro			Temblores
18-3-1933	La Ceiba			Temblores acompañados por un huracán.
19-3-1933	Olanchito			Temblores
23-3-1933	San Pedro Sula			Temblores
19-6-1933	San Francisco de Atlántida			Temblores
4-6/10-1933				Se reportó que en Occidente especialmente en el Dpto. de Gracias se sintieron algunos mov. sísmicos. Fuente: Revista "Hablemos Claro" 1--7 Dic/1998 citando a Diario Comercial, SPS., 5,6/10 1933.
2,3,8-12-1934	Tegucigalpa, Copán Intibucá y Ocotepeque		6.1	Temblores que causaron desperfectos en las Ruinas de Copán y en Santa Rosa de Copán. Se sintió en toda la región central incluyendo Tegucigalpa. Los daños fueron considerables en el occidente del país.
25-2-1969	Honduras, Guatemala y El Salvador			Terremoto, sentido en varias partes de estos países.
4-2-1976	Pto. Cortés, San Pedro Sula, Guatemala		7.5	Epicentro en Ciudad de Guatemala. Terremoto originado en la falla de Motagua, más próximo a Pto. Cortés que a ciudad de Guatemala. Es el terremoto más grande experimentado por Honduras en este siglo. Muchos daños reportados en Pto. Cortés, San Pedro Sula y la zona fronteriza con Guatemala.
12-1-1982	Golfo de Fonseca		6.0	Terremoto originado en el Golfo de Fonseca. Hubieron dos heridos y unos pocos damnificados.
29-9-1982	Ocotepeque		6.2	Terremoto en Ocotepeque. Dos muertos. 60 heridos y alrededor de 400 damnificados.

Fuente: 1) "Cronología de las Catástrofes Naturales en Honduras", Francisco A. Flores Andino, Revista Geográfica, IGN, SOPTRAVI, Dic. 1996. Síntesis: Nancy Gutiérrez Rivera (Ago/1998). 2) Terremotos Históricos más Relevantes, Diario La Prensa, Aimée Cárcamo, 27 Dic. 1998. 09/12/99 SISMOS.DOC

Nota: La mayoría de los movimientos telúricos han afectado la costa norte, especialmente Trujillo, y han tenido su origen en la interacción de la placa del Caribe y la de Norteamérica y otros en fallas menores en el Litoral Atlántico.

3. ESTUDIO GEOLÓGICO PARA LA PRESA

3.1 INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA

La investigación geológica se realizó en el sitio de la presa Los Laureles II, en el Río Guacerique y en el sitio de la presa del Río Sabacuante, en el río Sabacuante:

Tabla A. 3.1 Contenido de la Investigación Geológica

No.	Sitio	Situación	Profundidad (m)	Prueba Lugeon	S.P.T.	Prueba del laboratorio
Bg-1	Sitio 1	Orilla izquierda	60	11	5	
Bg-2	Sitio 1	Orilla izquierda	60	11		5
Bg-3	Sitio 1	Cauce del río	40	7		5
Bg-4	Sitio 1	Orilla derecha	60	11		
Bg-5	Sitio 1	Orilla derecha	60	11		
Bg-6	Sitio 1	Cauce del río	30	5		
Bg-7	Sitio 1	Cauce del río	30	5		
Bg-8	Sitio 1	Desagüe	40	7		
Bg-9	Sitio 1	Embalse	30	5	4	
Bg-10	Sitio 1	Embalse	30	5	5	
		Subtotal	440	78	14	10
Bs-1	Sitio 2	Orilla izquierda	80	15	4	
Bs-2	Sitio 2	Orilla izquierda	80	15		5
Bs-3	Sitio 2	Cauce del río	80	15		5
Bs-4	Sitio 2	Orilla derecha	80	15		
Bs-5	Sitio 2	Cauce del río	40	7		
		subtotal	360	67	4	10
		Total	800	145	18	20

Sitio 1: Presa Los Laureles II, Sitio 2: Presa de Sabacuante

S.P.T.: Prueba de Penetración Normal

Contenido de las pruebas del laboratorio: gravedad específica y absorción de agua, peso por unidad, velocidad del pulso, y prueba de compresión

Tabla A.3.2 Exploración Sísmica

Línea	Sitio	Situación	Longitud
1	sitio 1	Eje de presa, orilla izquierda,	120m
2	sitio 1	Eje de presa, orilla izquierda,	120m
3	sitio 1	Cauce del río	*60m
4	sitio 1	Eje de presa, orilla derecha,	120m
		subtotal	420m
1	sitio 2	Orilla derecha	120m
2	sitio 2	Eje de presa, orilla derecha,	*60m
3	sitio 2	Cauce del río	*60m
4	sitio 2	Cauce del río	*60m
5	sitio 2	Orilla izquierda	120m
6	sitio 2	Eje de presa, orilla izquierda,	120m
		subtotal	540m
		Total	960m

Sitio 1: Presa Los Laureles II, Sitio 2: Presa de Sabacuante

Espacio de la recogida: normal; 10m, *, 5m

3.2 PRESA LOS LAURELES II

3.2.1 GEOLOGÍA EN EL EMBALSE

(1) Contorno de la Cuenca

La cuenca de la Presa Los Laureles II está caracterizada por una topografía montañosa con una altitud de aproximadamente 1.000 a 1.900 metros del tramo más bajo al tramo superior. La parte más baja de la cuenca se utiliza para el cultivo y para tierra de pastura. El cincuenta por ciento de la tierra está cubierto por pastura en esta área. Por otro lado, el ochenta por ciento de la parte superior de la unión del Río Guacerique y el Río Mateo está cubierto por bosques que actúan para la preservación de la fuente de agua. Pero, estas áreas recientemente han sido urbanizadas, sobre todo a lo largo del Río Mateo y se está generando contaminación de las aguas por lo que se recomienda conservar el bosque para atenuar la contaminación por las aguas de desagües domésticos e industriales (ver *Figura A.3.1*).

(2) Topografía

El Río Guacerique fluye aproximadamente del noroeste al sudeste en la zona del Pueblo Nueva Aldea. El Río Mateo desemboca y fluye aproximadamente de oeste a este. Se forman afluentes excluyendo el área de la distribución del basalto Cuaternario que es bastante duro para resistir el desgaste y la erosión. El Río Guacerique forma una llanura río abajo de la unión con Río Mateo.

(3) Estratigrafía

La ignimbrita y los distintos tufos de Grupo Padre Miguel están distribuidos extensivamente en y alrededor del embalse. Estas capas de roca base están cubiertas por sedimentos de talud en la región montañosa, terrazas sedimentadas en la llanura, y la sedimentación aluvial en el río de la edad del periodo Cuaternario (ver *Figura A.3.2*).

Ignimbrita

Consiste en un tufo riolítico soldado, tufo soldado menos denso, y flujo de piroclástico con cristales, blancos, verdes y rojos, feldespato, biotita, fragmentos de piedra pómez y arena gruesa rojiza del Grupo Valle de Ángeles.

Tufo

El tufo estratificado consiste en tufo arenoso verde, tufo de lapilli, y brecha de tufo que está distribuido a baja altitud en el embalse y a alta altitud en la orilla izquierda del sitio de la Presa. La capa está horizontal en la orilla izquierda de sitio de la Presa y tiene N50W a N85E de intersección y 5 a 10 grados de inclinación en la sedimentación.

(4) Estructura geológica

La ignimbrita que incluye flujos piroclásticos cubre desigualmente el tufo estratificado. Los tufos estratificados tienen estructura horizontal a 10 grados de inclinación hacia río abajo. Las piedras areniscas y piedras sedimentarias de la sedimentación del lago están distribuidas entre ellos. El borde de estos está auto-cementado o margen enfriada en la ignimbrita y la zona erosionada de los tufos.

(5) Estabilidad de la cuesta

Los sedimentos no consolidados del talud y los sedimentos de la terraza están distribuidos en el embalse. Pero el nivel de agua normal (N.W.L.) de 1053 m cubre completamente estas sedimentaciones o alcanza sólo el fondo de estos depósitos. La capa de roca base de ignimbrita es una capa permeable y el agua de lluvia saldrá inmediatamente del subsuelo. De acuerdo con esto, el agua del embalse no afectará la estabilidad de la cuesta.

El presente informe señaló la distribución del derrumbamiento cerca de la base militar (ejecutado por Dressv & Mckee Inc Internacional, 1987). El Equipo de Estudio de JICA ejecutó el reconocimiento de campo y dos perforaciones para investigación. El resultado se muestra en la *Figura A.3.3*. Quedó clara la distribución de zonas pesadamente erosionadas de tufo estratificado, sedimentos permeables de talud, y capas permeables de roca base. También quedó claro por el resultado de la prueba de penetración normal (N-valor:30 a más de 50) que ese sedimento del talud tiene suficiente resistencia. Las rocas sólidas están expuestas y la característica de la cuesta es estable. De acuerdo con esto, esta cuesta será estable donde está distribuida la zona pesadamente erosionada. También se informa que esta cuesta estuvo estable cuando atacó el Huracán “Mitch” debido a la buena característica de distribución de capa permeable y de la cuesta. En conclusión, el agua del embalse no afecta la estabilidad de esta cuesta.

3.2.2 GEOLOGÍA DEL SITIO DE LA PRESA

(1) Topografía

Se propone construir la presa Los Laureles II al extremo río arriba del embalse de la presa existente Los Laureles ubicada cerca de Las Tapias y de Campo del Pueblo de Balampie. El Río Guacerique en las inmediaciones de la presa propuesta tienen un cauce en una línea aproximadamente recta en la dirección de O-E en un tramo de aproximadamente 600 metros, mientras el cauce río arriba no es recto. El Río Guacerique sólo forma un cañón de ignimbrita sólida alrededor del sitio de la presa propuesta, mientras forma una llanura de leve característica geográfica en el tramo superior que da el almacenamiento eficaz para el embalse. La elevación del cauce del río en el eje de presa propuesta es de 1032m con aproximadamente 18 metros de ancho. La gradiente de la pendiente es aproximadamente 45 grados desde el cauce a la EL.1053m del Nivel de Agua Normal (N.W.L) en la orilla izquierda y 40 grados en la orilla derecha. La anchura del cañón es de 64 metros a la EL.1053m, y la relación de la altura con respecto a la anchura del valle a la EL.1053 m es aproximadamente 1:3.2.

(2) Geología

La capa de roca base en el sitio de la presa propuesta está compuesta de tufo de piedra pómez, tufo de lapilli, una capa delgada de sedimentos de piedra arenisca y piedra sedimentada del lago, flujo piroclástico en agua e ignimbrita riolítica. Hay dos tipos de ignimbrita, fuertemente y mediana a levemente amalgamada (ver *Figuras A.3.4, A.3.5, y A.3.6*).

El sedimento aluvial compuesto de arena y arena gruesa cubre la capa de roca base con un espesor de aproximadamente 3 a 6 metros en el cauce del río. El sedimento de talud está distribuido en la orilla con un espesor de aproximadamente 0.5 a 3 metros.

No se desarrollan juntas de ignimbrita pero algunas juntas están sueltas y se abren. Las juntas verticales son dominantes.

(3) Ingeniería Geológica

Es baja la erosión de las piedras de la fundación de ignimbrita y de tufo, excluyendo el tufo de lapilli localizado en la orilla superior izquierda. Por consiguiente, la resistencia y solidez de las piedras de la fundación están determinadas por la consolidación de las piedras consideradas con el desarrollo de fallas y juntas. La ignimbrita no expuesta es más fuerte que los tufos. Los resultados están compilados como el mapa de solidez de las piedras (ver *Figura A.3.7*).

Los valores detallados con respecto a la ignimbrita son desconocidos porque no se han llevado a cabo pruebas de las piedras de fundación, por los resultados basados en pruebas de laboratorio,

exploración sísmica, y reconocimiento de campo, se considera que tienen suficiente firmeza para la construcción de una presa de concreto de gravedad de una altura de aproximadamente 30 metros.

La norma aplicada de clasificación de la solidez de la roca es como sigue:

Tabla A.3.3 Clasificación de la Resistencia de las Piedras Piroclásticas

Clase	Descripción
A	No expuesta y muy dura, ningún desgaste ni alteración, las juntas son sumamente firmes.
B	No expuesta y dura, el mineral y grano están en parte desgastado o alterado, las juntas son firmes.
CH	Sólida, mineral y grano en parte erosionados o alterados excepto el cuarzo. La cohesión de las juntas está ligeramente disminuida con limonita
CM	Comparativamente sólida. Mineral y grano están ablandados un poco por erosiones excepto el cuarzo. La cohesión de las juntas está ligeramente disminuida con limonita y arcilla.
CL	Blanda, se rompe con un golpe suave del martillo.
D	Muy blanda, se rompe fácilmente con un golpe suave del martillo.

El resultado de las pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio fueron ejecutadas para poner en claro la dureza de la ignimbrita. Éstas prueban que las rocas están clasificados como de clase CM.

Artículo	Número de prueba	Unidad	Resultado	Valor promedio
Gravedad específica	10	-	2.01-2.07	2.05
Absorción de agua	10	%	14.1-18.3	16.0
Peso de la unidad (húmedo)	10	g/cm ³	1.76-1.79	1.78
Resistencia a la compresión	10	kg/cm ²	128.6-193.5	163.1
Velocidad del pulso	10	m/s	1400-2500	2250

Los valores anormales no están considerados en el valor promedio

Cada valor armoniza con otro artículo de la prueba y están dentro de las rocas volcánicas Terciarias generales.

Resultado de exploración sísmica

La exploración sísmica fue ejecutada a lo largo del eje de la Presa y cauce del río. El resultado se compila en la *Figura A.3.7*. La velocidad de las dos capas está clasificada como sigue:

Capa	Velocidad (m/s)	Velocidad promedia (m/s)	Profundidad (m)	Geología
1ª capa de la orilla izquierda	501- 654	578	0.1-8.0	cima de la capa del suelo y sedimento de talud
1ª capa de la orilla derecha	455-521	488	1.0-4.0	cima de la capa de suelo y la piedra erosionada
2ª capa de la orilla	1875-2188	1988	-	Piedra no expuesta

La velocidad de la ola longitudinal (V_p) de piedra no expuesta está dentro de la velocidad general de la ignimbrita y tufo del Terciario de aproximadamente 1.700 m/s a 2.600 m/s.

Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante se estimará en base a los resultados antedichos como sigue:

Ignimbrita;	$\sigma_0=80-120 \text{ t/m}^2$ (CM)
Flujo piroclástico;	$\sigma_0=60-80 \text{ t/m}^2$ (CL)
Tufo;	$\sigma_0=60 \text{ t/m}^2$ (CL)
Piedra sedimentada, piedra arenisca, piedra erosionada;	$\sigma_0<60 \text{ t/m}^2$ (D)

(4) Permeabilidad

La prueba de Lugeon fue ejecutada para poner en claro la permeabilidad de las capas de roca base.

Tabla A.3.4 Resultados de la Prueba de Lugeon

Profundidad	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60
BG-1	6	18	1	11	0	0	33	23	2	11	8
BG-2	3	19	4	1	0	1	1	0	0	0	0
BG-3	0	0	0	0	0	0	0				
BG-4	17	4	12	14	1	4	0	2	0	2	24
BG-5	27	15	22	24	21	23	0	3	14	22	23
BG-6	0	0	0	0	1						
BG-7	-	5	3	0	1						
BG-8	17	7	0	18	19	15	1				
BG-9	*	*	*	*	0						
BG-10	*	*	*	*	25						

*: Filtración desde la cima del agujero

La permeabilidad de la roca depende de la distribución y propiedad de las juntas. Al juzgar por el reconocimiento de campo y la prueba de Lugeon, la permeabilidad de la ignimbrita no es en general alta, pero es alta donde existieron juntas. Por ejemplo, las piedras de BG-5 no están expuestas y son comparativamente duras, pero el valor de Lugeon es alto debido a la distribución de juntas verticales en el lugar. La distribución de valores altos de Lugeon refleja la soltura cerca de la superficie del terreno (ver *Figura A.3.8*).

Medición del agua subterránea

Según la distribución de arcilla secundaria en las juntas, fluctuará el agua subterránea entre el verano y el invierno. El nivel de agua subterránea en los pozos perforados debe ser medido unos años en forma continua.

(5) Materiales de Construcción

Los sedimentos de terraza están extensamente distribuidos en la llanura formada por inundaciones en el tramo medio a superior del río. Los sedimentos consisten en arena y arena gruesa de andesita dura y basalto, también incluye aproximadamente 10% de material blando. Hay posibilidades de usar los sedimentos como material para concreto de construcción o como material de transición seleccionado para relleno de la presa de piedra. El basalto distribuido en y alrededor del embalse puede ser usado como material árido para el concreto (ver *Figuras A.3.1* y *A.3.2*).

3.3 PRESA SABACUANTE

3.3.1 GEOLOGÍA EN EL EMBALSE

(1) Contorno de la Cuenca

La cuenca de la Presa de Sabacuante está caracterizada por una topografía montañosa con una altitud de aproximadamente 1.000 a 1.800 metros del tramo más bajo al tramo superior. El 60 a 70 por ciento de la cuenca está cubierto por pastura y se utiliza para el cultivo y tierra de pastura. Por otro lado, el 30 a 40 por ciento de la cuenca está cubierto por bosques que actúan como preservación de las fuentes de aguas.

(2) Topografía

El Río Sabacuante fluye aproximadamente de sudeste a noroeste con meandro. El Río Grande fluye aproximadamente de sur a norte y desemboca río arriba en el Río Sabacuante justo en el sitio de la presa propuesta. El Río Sabacuante forma algunas terrazas pero comparativamente tiene mucha topografía de talud y cuesta que se derrumba aquí y allí. La inclinación de la cuesta es más brusca y la cobertura del bosque es más baja que la de la cuenca del Río Guacerique (ver *Figura A.3.9*).

(3) Estratigrafía

El tufo arenoso con conglomerados y lava riolítica del Grupo Padre Miguel están distribuidos extensamente en el embalse (ver *Figura A.3.10*).

El tufo arenoso está distribuido debajo de la altitud aproximada de 1.140 metros. La intersección va E-O y es casi paralela al eje de la presa y la inclinación es de alrededor de 10 grados hacia río abajo.

La lava de riolítica cubre el tufo arenoso. Tiene estructura horizontal.

(4) Estructura Geológica

El riolite cubre el tufo arenoso uniformemente. El tufo arenoso tiene estructura horizontal de 10 grados de inclinación hacia río abajo. Las capas están pegadas sin zona erosionada. Se supone que existe una falla en el afluente izquierdo y esto hace que se eleven piedras de la parte oriental y esto forma una leve característica geográfica comparado con la otra área del embalse. Esta característica geográfica no afecta el plan de la presa.

(5) Estabilidad de la Cuesta

Los depósitos no consolidados de sedimentos del talud y sedimentos de terraza están principalmente distribuidos bajo el nivel de agua normal (N.W.L.) de 1.122m que cubre completamente estos depósitos. No es necesario considerar un derrumbamiento de estas sedimentaciones. La capa de roca base tiene dos sitios de derrumbamiento de la cuesta distribuidos en el embalse, pero los materiales no consolidados e inestables ya se ha caído. Entonces, el agua del embalse no afectará la estabilidad de la cuesta.

3.3.2 GEOLOGÍA DEL SITIO DE LA PRESA

(1) Topografía

Se propone construir la presa Sabacuante justamente río arriba del Pueblo Aguacate. El Río Sabacuante en la área de la presa propuesta tiene un cauce en una línea aproximadamente recta en la dirección de S-N en un tramo de aproximadamente 300 metros, y serpentea en los tramos superior e inferior. El Río Sabacuante forma un cañón angosto de tufo arenoso y hace que el almacenamiento de agua en el embalse sea pequeño. La elevación del cauce del río en el eje de

la presa propuesta es de 1.051 m con una anchura de aproximadamente 10 metros. La pendiente de la cuesta es aproximadamente 50 grados desde el cauce a la EL.1.080m y de 18 grados hasta una EL. de 1.122 metros del Nivel de Agua Normal (N.W.L) en la orilla izquierda y 40 grado en la orilla derecha. La anchura del cañón es 250 metros en la EL.1.122 metros, y la proporción entre la altura y anchura del valle a EL. 1.122 metros es aproximadamente 1:3.5.

(2) Geología

La capa de roca base en el sitio de la presa propuesta está compuesta de tufo arenoso, riolítico y brecha de tufo del Grupo Valle de Angeles.

El sedimento aluvial compuesto de arena y grava cubre la capa de roca base con una capa de aproximadamente 2 metros de espesor en el cauce del río. El sedimento de talud está distribuido en la orilla con un espesor de aproximadamente 2 a 5 metros (ver Figuras A.3.11 y A.3.12).

No se desarrollan juntas de tufo arenoso pero algunas juntas están sueltas y abiertas. Las juntas de la plancha están casi paralelas al estrato de la roca y son dominantes en el tufo arenoso con pocas juntas verticales. Muchas juntas de la plancha están sueltas y pueden causar filtración. El brecha del tufo y riolítico no se relacionan directamente con el cimiento de la presa.

(3) Ingeniería Geológica

El desgaste del tufo arenoso es bajo. La resistencia y solidez de la roca base del cimiento están determinadas por la consolidación de la roca considerando el desarrollo de fallas y juntas. El resultado se compiló como un mapa de solidez de la roca (ver Figura A.3.13).

Los valores detallados con respecto al tufo arenoso son desconocidos porque las pruebas de la roca base no se han llevado a cabo, pero el esfuerzo cortante se estimará en base a los resultados de las pruebas de laboratorio, exploración sísmica, y reconocimiento de campo.

Resultado de las pruebas de laboratorio

Fueron ejecutadas pruebas de laboratorio para poner en claro la solidez del tufo arenoso. Éstas indican que las rocas están clasificadas como de clase de CL.

Cauce del Río

Artículo	Número de pruebas	Unidad	Resultado	Valor promedio
Gravedad específica	5		1.69-1.96	1.81
Absorción de agua	5	%	18.6-25.8	22.5
Peso unitario (húmedo)	5	g/cm ³	1.30-1.81	1.52
Resistencia a la compresión	5	kg/m ²	(17.7)-106.8	104.7
Velocidad de pulso	5	M/s	(360)-1600	1.400

Los valores anormales no están incluidos en el valor promedio

Orilla Izquierda

Artículo	Número de pruebas	Unidad	Resultado	Valor promedio
Gravedad específica	5		1.85-1.92	1.88
Absorción de agua	5	%	20.0-25.2	22.8
Peso unitario (húmedo)	5	g/cm ³	1.46-1.70	1.54
Resistencia a la compresión	5	kg/cm ²	(16.27)-65.6	50.2
Velocidad de pulso	5	M/s	1200-1400	1330

Los valores anormales no están incluidos en el valor promedio

Cada valor armoniza con otro artículo de la prueba y ellos están dentro de los tufos del Terciario.

Resultado de la exploración sísmica

La exploración sísmica fue ejecutada a lo largo del eje de la presa y del cauce del río. La velocidad de las dos capas está clasificada como sigue:

Capa	Velocidad (m/s)	Velocidad media (m/s)	Profundidad (m)	Geología
1ª capa del cauce del río	875, 1.481	1.178	0.4-2.1	Sedimento aluvial saturado
1ª capa de la orilla	403-543	459	0.8-4.0	Cima de suelo y sedimento de talud
2ª capa del río	2.063, 2.258	2.160	-	Tufo arenoso no expuesto
2ª capa de la orilla	1.243-1.402	1.303	-	Roca suelta

La velocidad de la ola longitudinal (Vp) de roca no expuesta es inferior a la velocidad general del tufo Terciario de aproximadamente 1.700 m/s a 2.600 m/s.

Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante se estimará en base a los resultados antedichos como sigue:

Tufo arenoso; $\sigma_0 = 60-80 \text{ t/m}^2 \text{ (CL)}$
 Roca erosionada $\sigma_0 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (< CL)}$

(4) Permeabilidad

La prueba de Lugeon fue ejecutada para poner en claro la permeabilidad de las capas de roca base.

Tabla A.3.5 Resultados de la Prueba de Lugeon

Profundidad	5 - 10	10- 15	15- 20	20- 25	25- 30	30- 35	35- 40	40- 45	45- 50	50- 55	55- 60	60 - 65	65 - 70	70- 75	75- 80
BS-1	3	6	3	1	4	12	15	48	22	16	2	9	1	1	1
BS-2	*	6	20	28	21	5	27	1	0	0	0	0	0	0	2
BS-3	0	0	0	3	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
BS-4	23	20	20	31	1	0	0	0	0	8	25	0	0	0	5
BS-5	2	5	0	2	0	0	0								

*: Filtración desde la cima del agujero

La permeabilidad de roca depende de la distribución y propiedad de las juntas. Al juzgar por el reconocimiento de campo y la prueba de Lugeon la permeabilidad del tufo arenoso no es en general alta pero es alta en áreas donde existen juntas.

Hubo filtración de junta vertical como también en junta de plancha distribuida en la orilla izquierda del río, en el área donde fue ejecutada la prueba de Lugeon BS-2. Hubo también filtración en las juntas de plancha en la orilla derecha del río, donde fue ejecutada la prueba de Lugeon BS-4. Las rocas de BS-2 y BS-4 no están expuestas y están bien consolidadas, pero el valor de la prueba de Lugeon es alto debido a la distribución de juntas en el sitio. La distribución de valores altos de la prueba de Lugeon cerca de la superficie de la tierra refleja la soltura de esta (ver *Figura A.3.14*).

(5) Materiales de Construcción

Los materiales de construcción tales como áridos para el concreto y los materiales para el relleno de piedra de la presa no están presentes en el área cerca del sitio de la presa. El sedimento de la cuenca del río es extraño en este embalse. El basalto está presente en la orilla izquierda superior del sitio de la presa, pero es difícil de explotarlo. También, existe riolito expuesto en la elevación de 1.140 metros, pero también se supone que es difícil de aprovechar y se teme que haya una reacción alcalina con el cemento debido al contenido de material vitro.

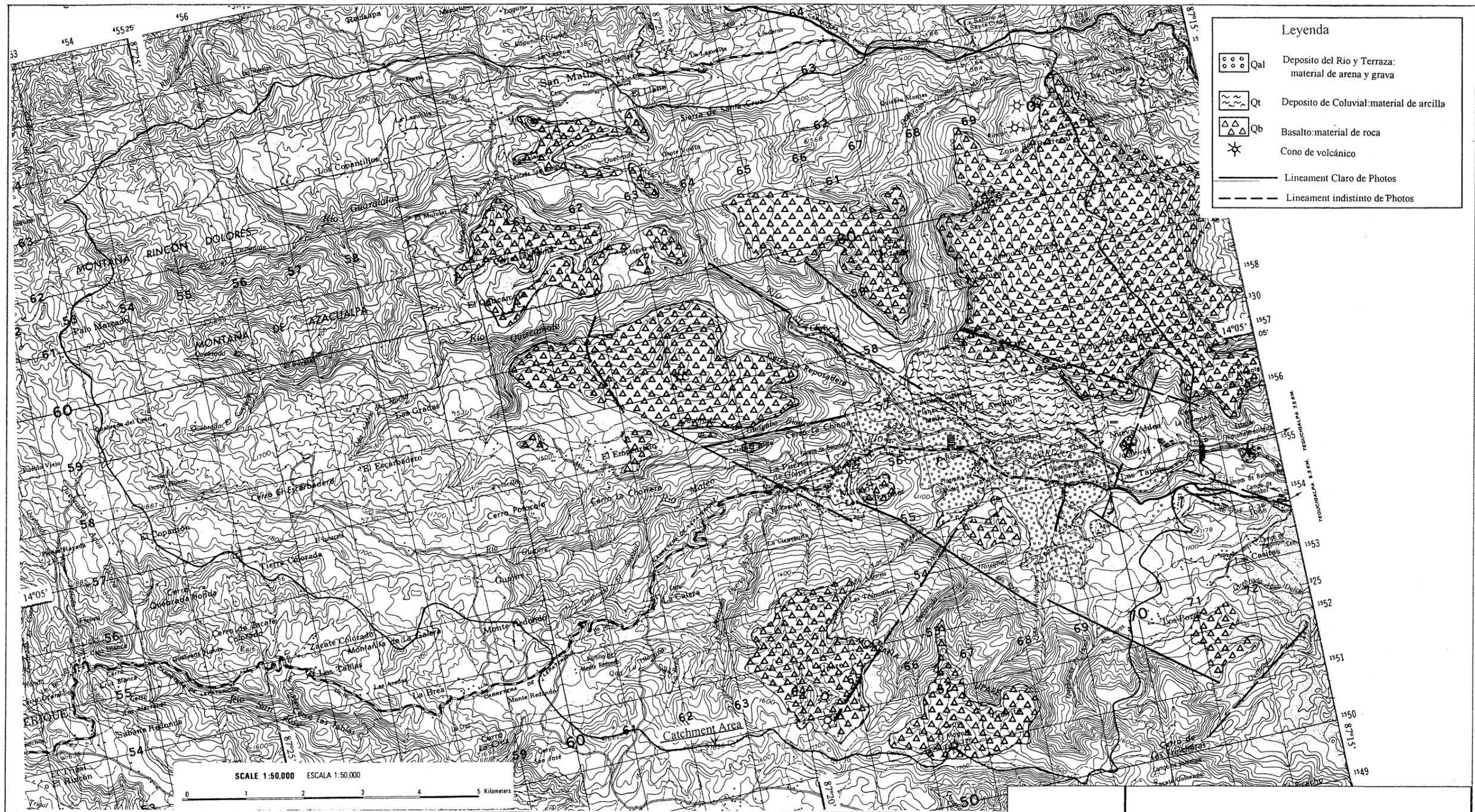


Figura A.3.1

Información Geológica en Cuenca de Los Laureles II

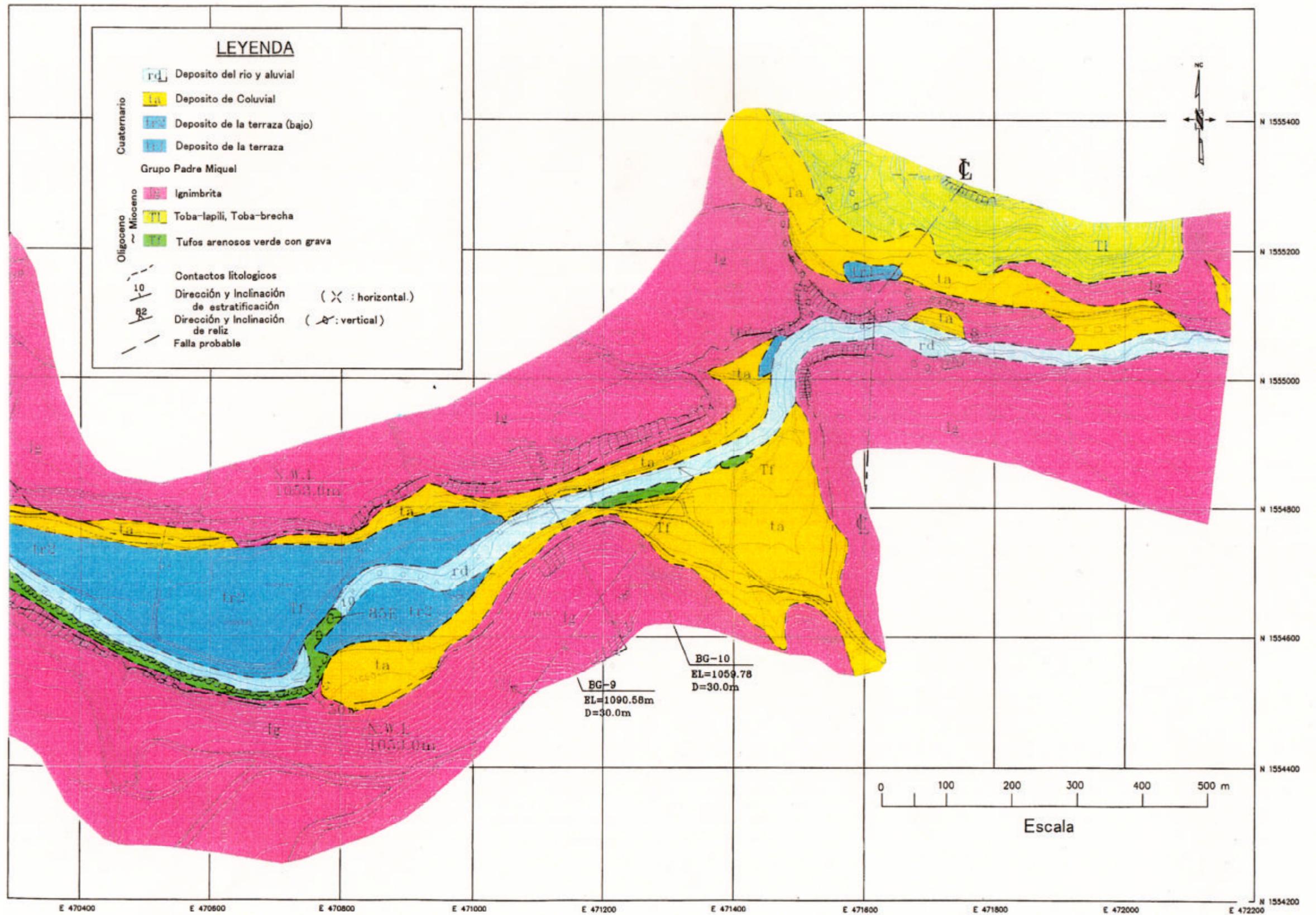


Figura A.3.2 (1/2)

Mapa Geologico, Embalse de Los Laureles II

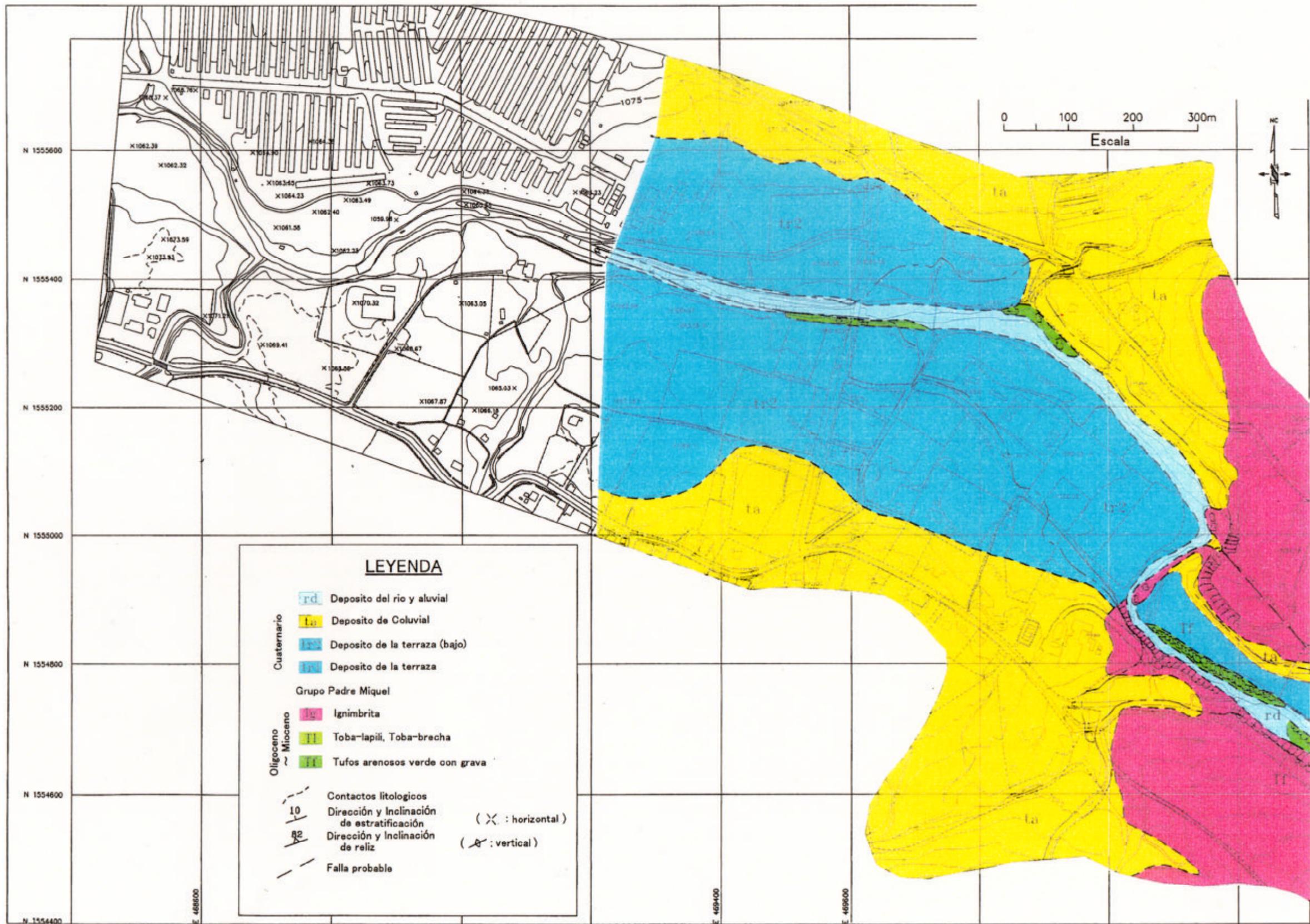


Figura A.3.2 (2/2)

Mapa Geologico, Embalse de Los Laureles II

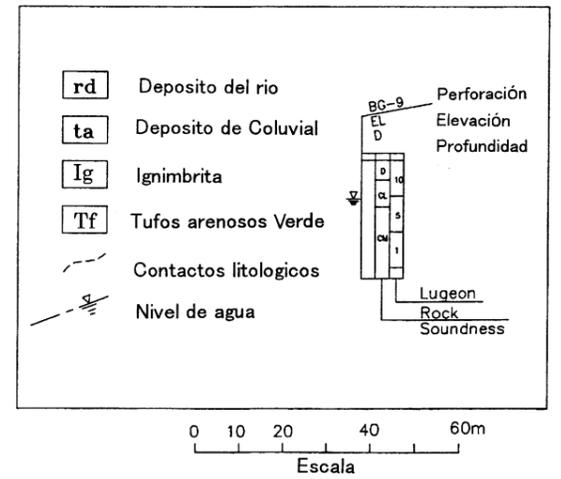
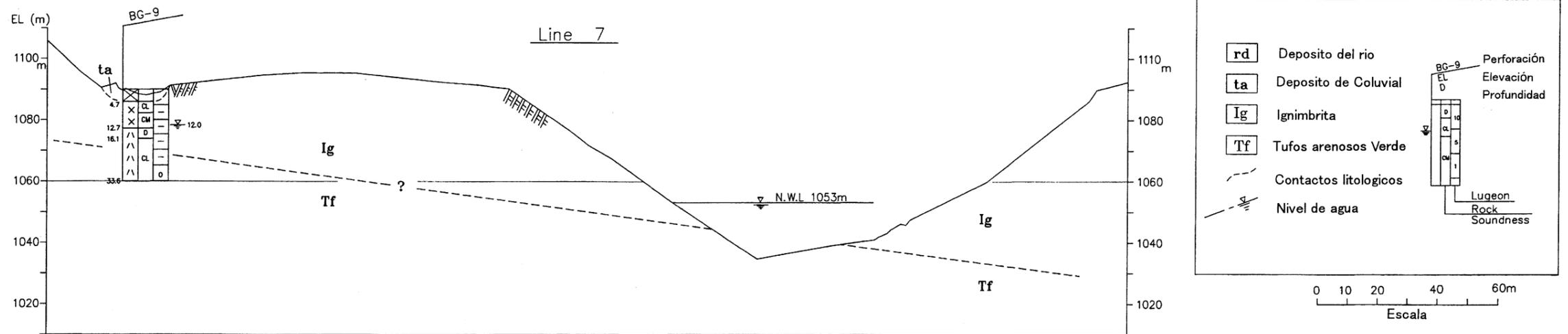
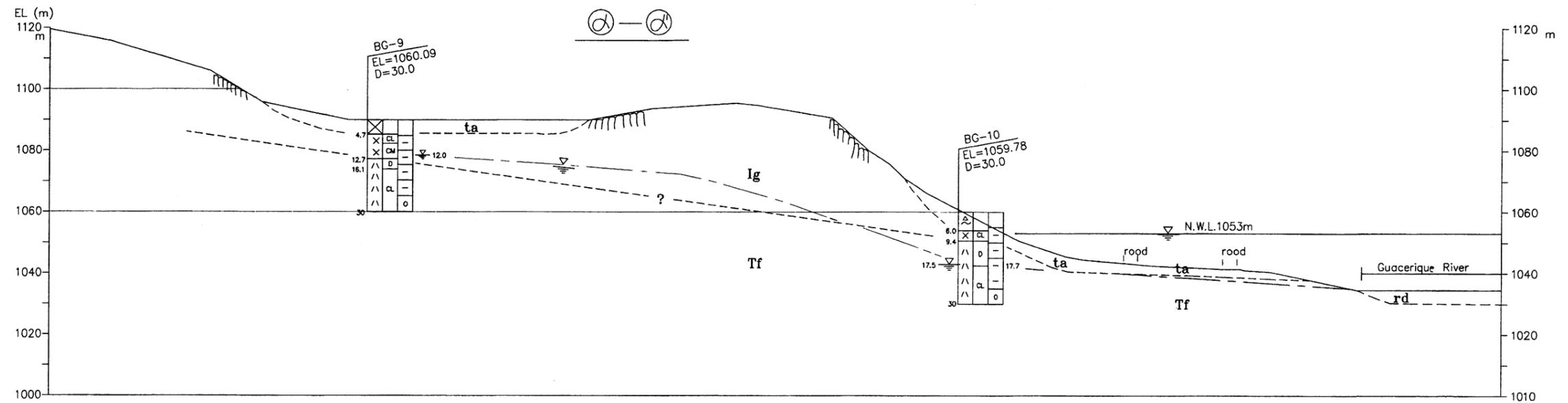


Figura A.3.3

Perfil Geologico, Embalse de Los Laureles II

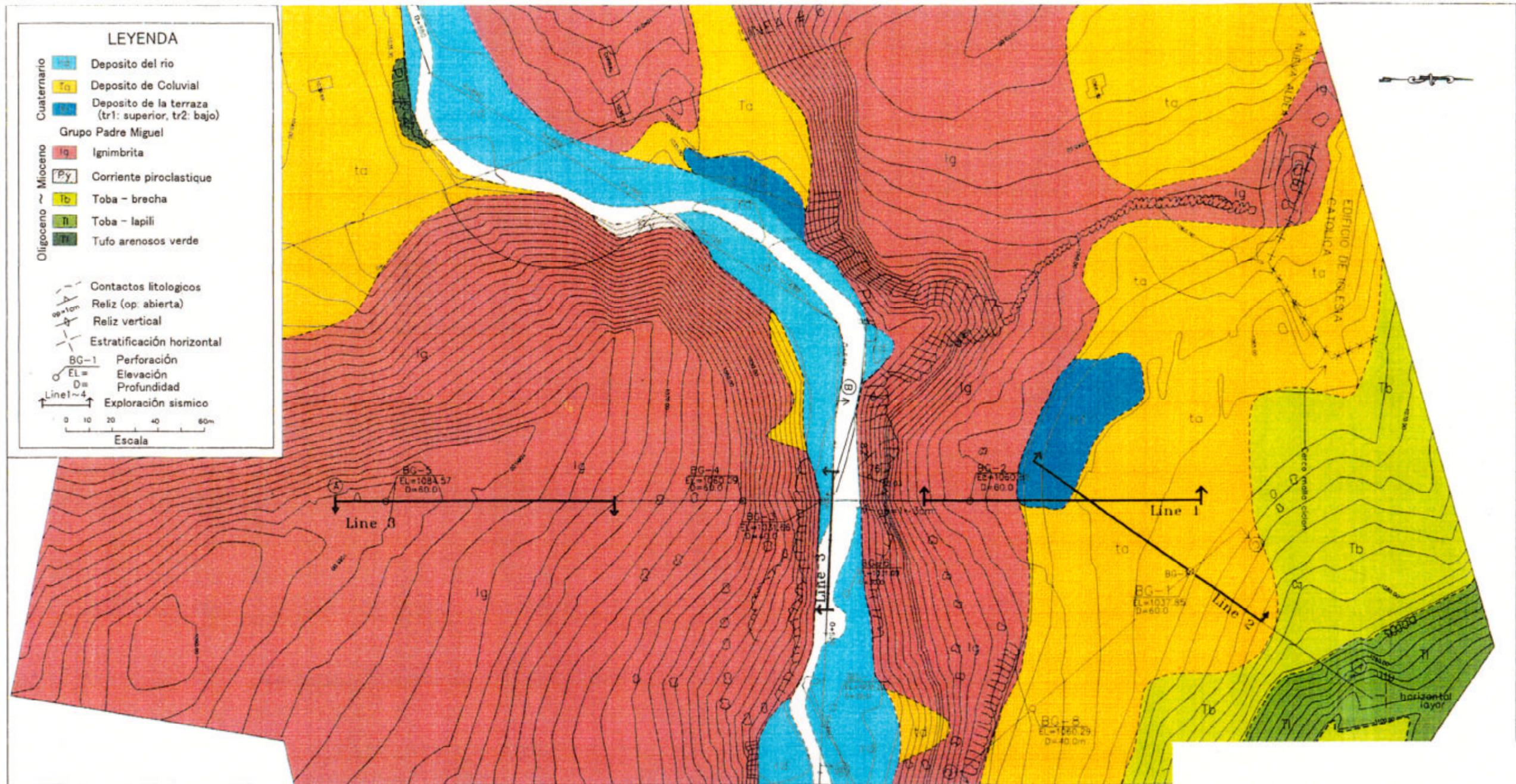
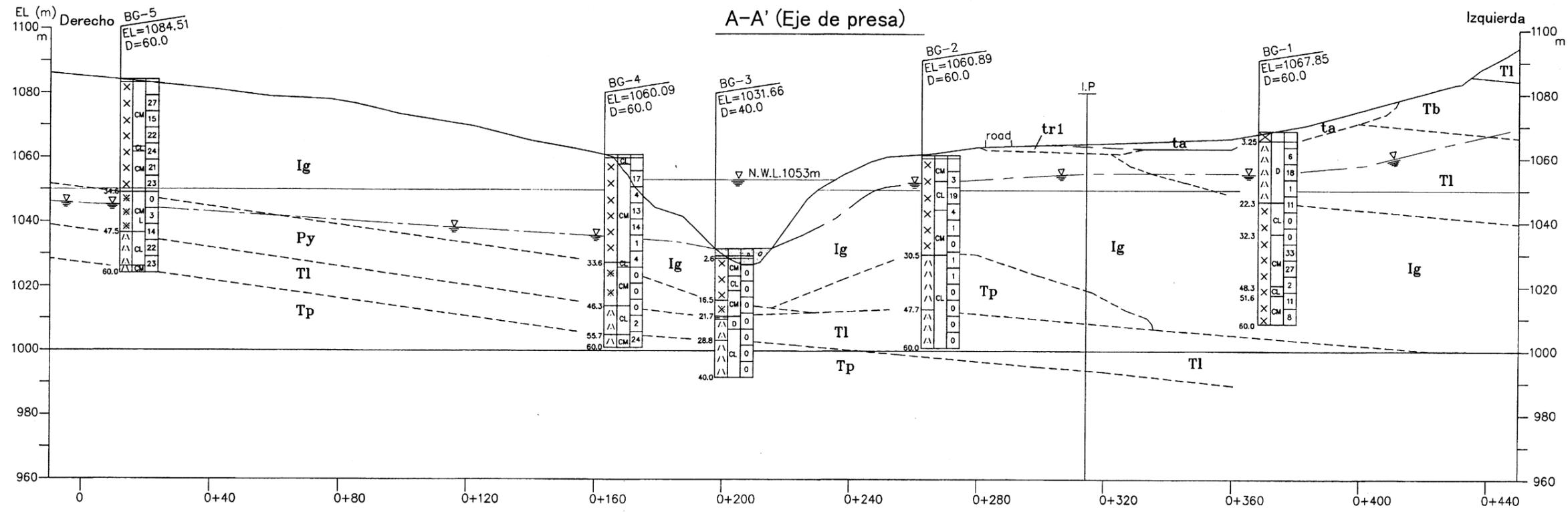


Figura A.3.4

Mapa Geológico, Presa de Los Laureles II



LEYENDA

<p>Cuaternario</p> <ul style="list-style-type: none"> s Depósito del río ta Depósito de Coluvial tr1 Depósito de la terraza (early) 	<p>Mioceno ~ Oligoceno</p> <p style="text-align: center;">Grupo Padre Miguel</p> <ul style="list-style-type: none"> Ig x x Ignimbrita Py x x Corriente piroclástica Tb Toba - brecha Tl ^ ^ Toba - lapilli Tp ^ ^ Toba - pómez 	<ul style="list-style-type: none"> Contactos litológicos Nivel de agua
---	---	--

Perforación BG-1

Elevación	Profundidad
10	0
5	5
1	10

Lugeon
Rock soundness

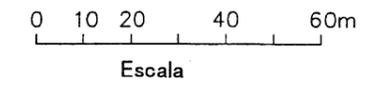
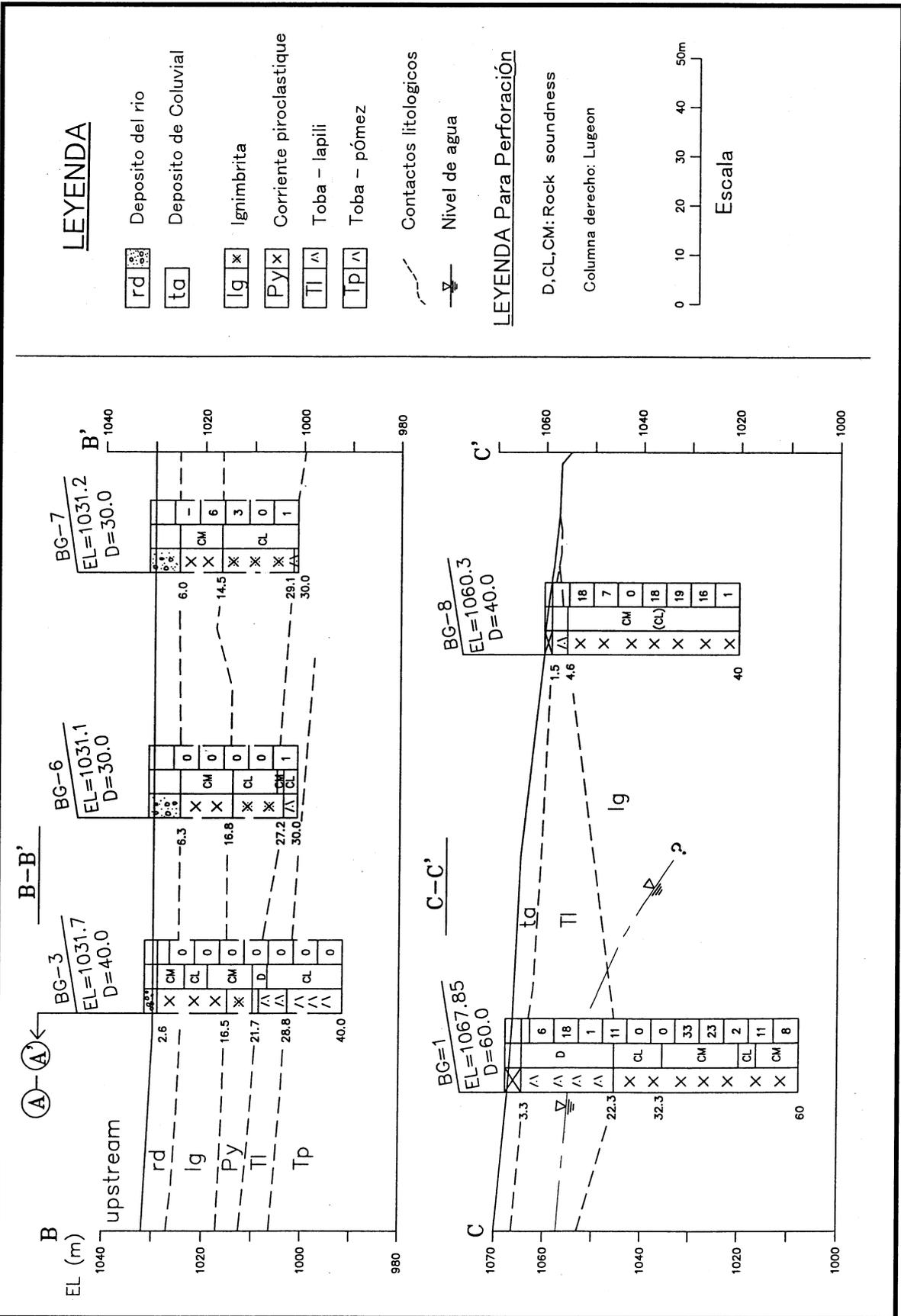


Figura A.3.5 Sección Geológica (A-A'), Presa de Los Laureles II



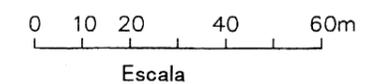
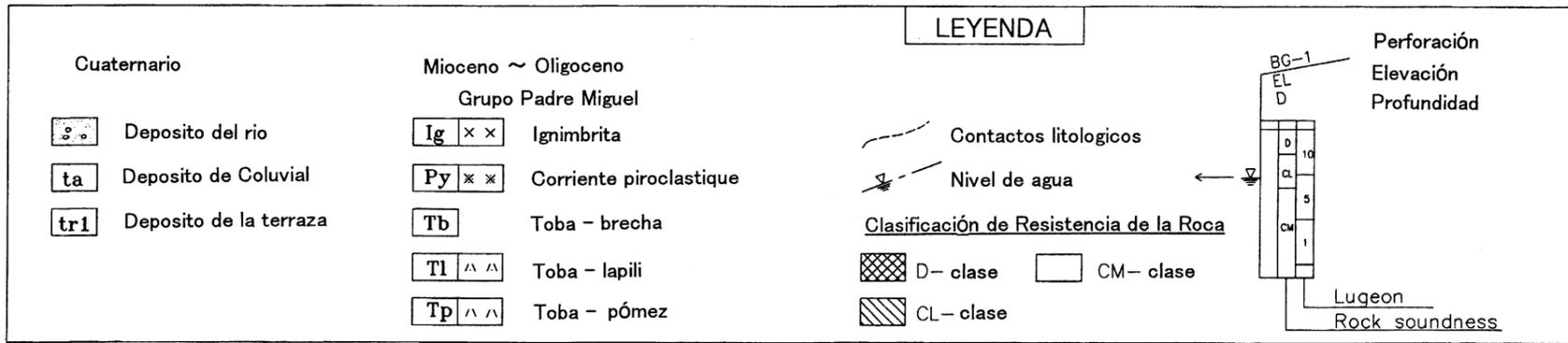
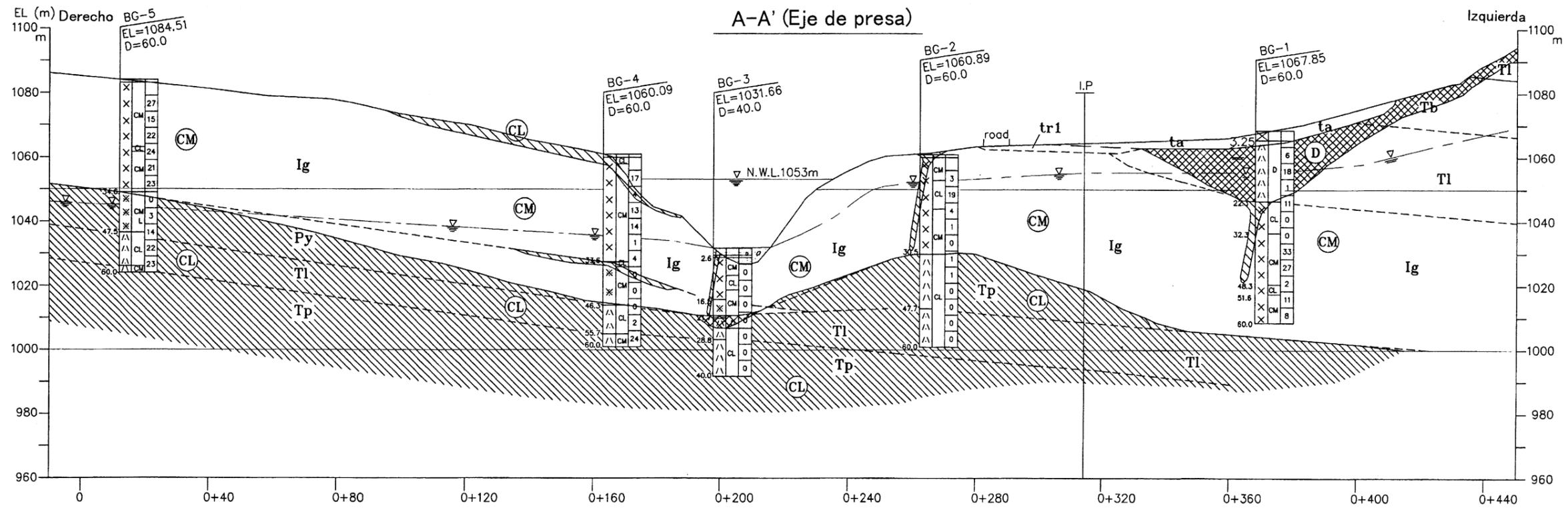


Figura A.3.7 **Mapa de Clasificación de Resistencia de la Roca (A-A'), Presa de Los Laureles II**

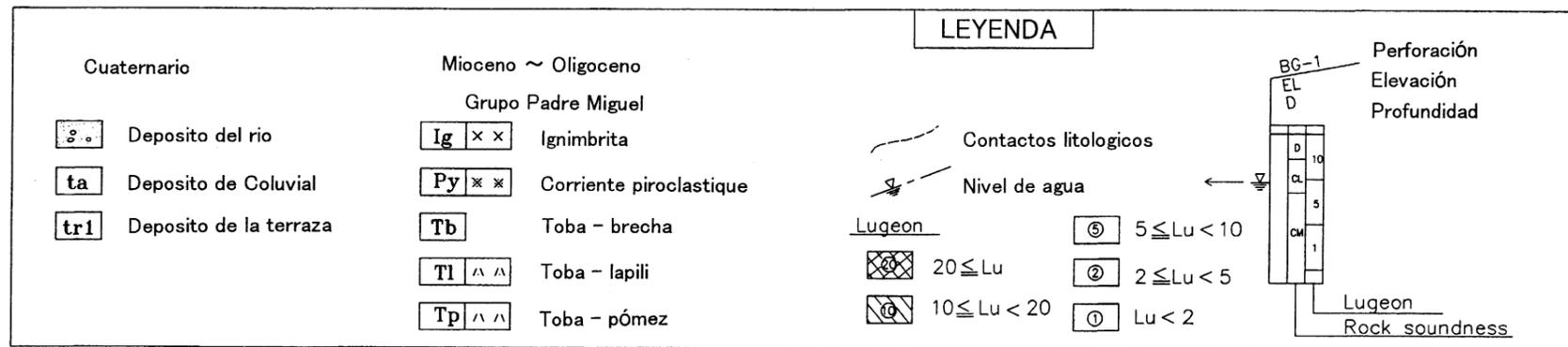
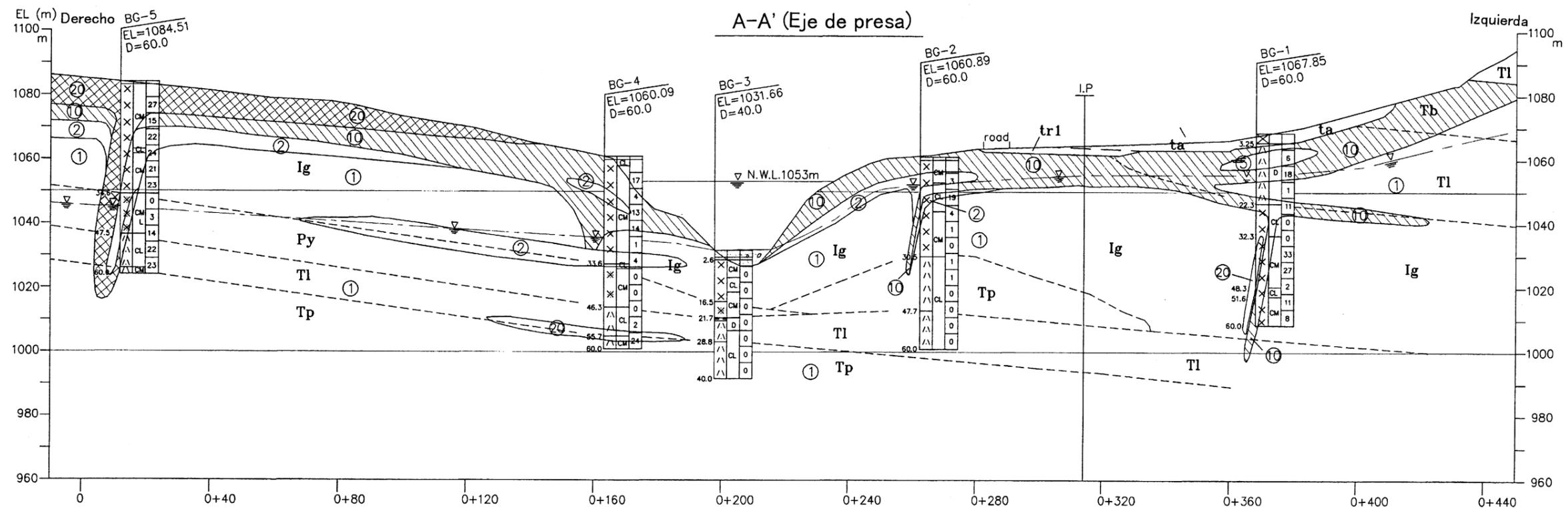
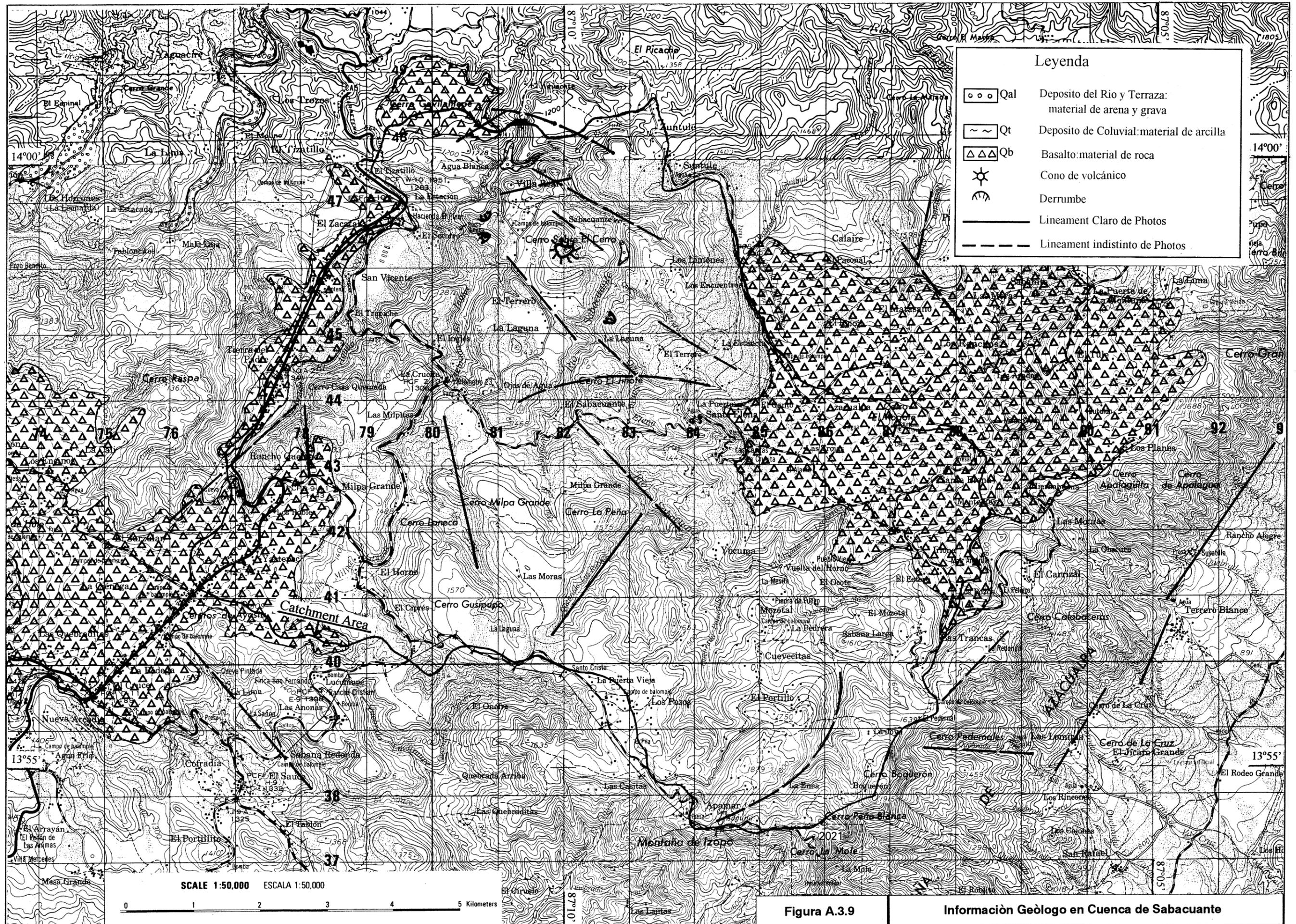


Figura A.3.8

Mapa de Lugeon (A-A'), Presa de Los Laureles II



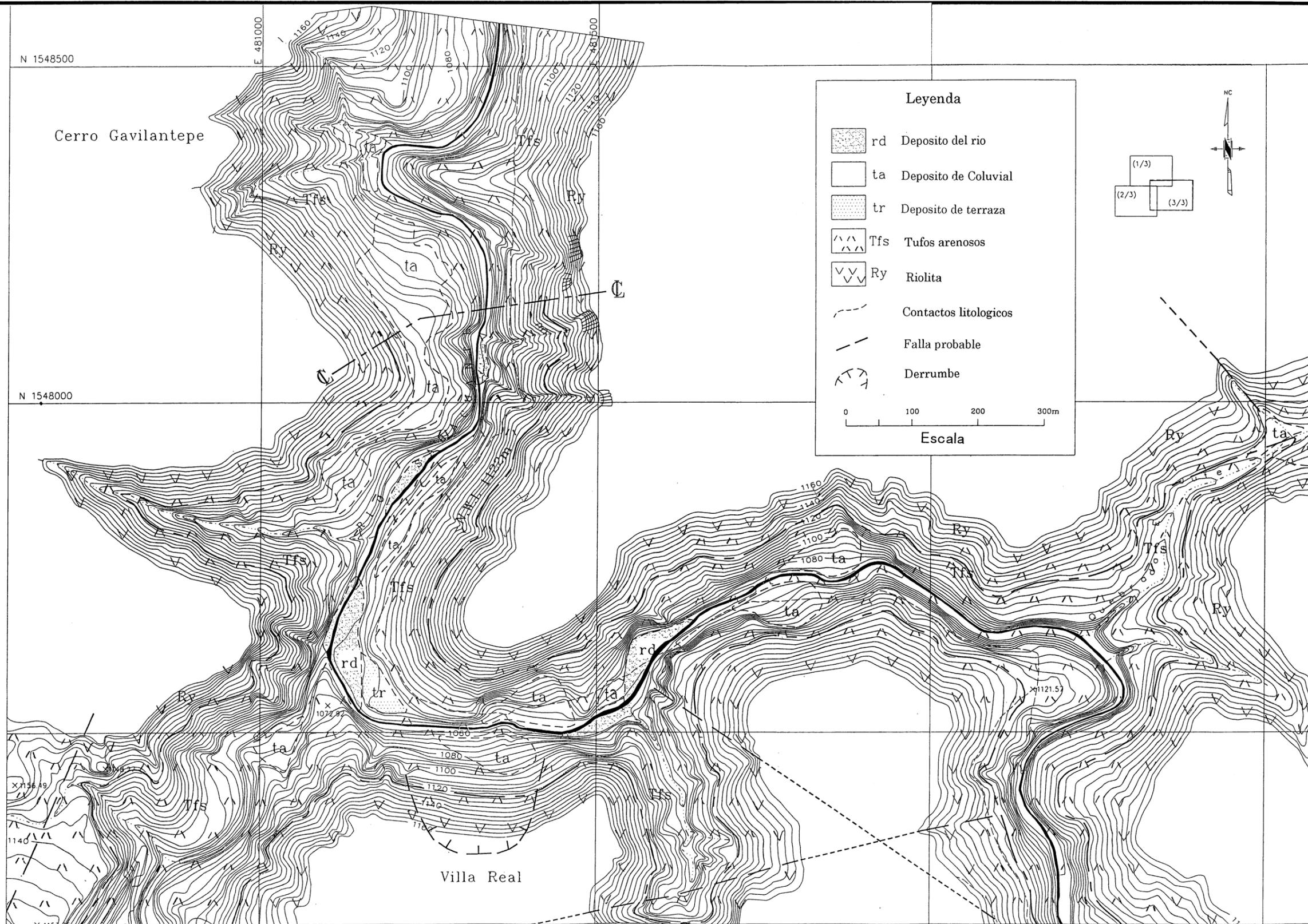


Figura A.3.10 (1/3)

Mapa Geologico, Embalse de Sabacunte

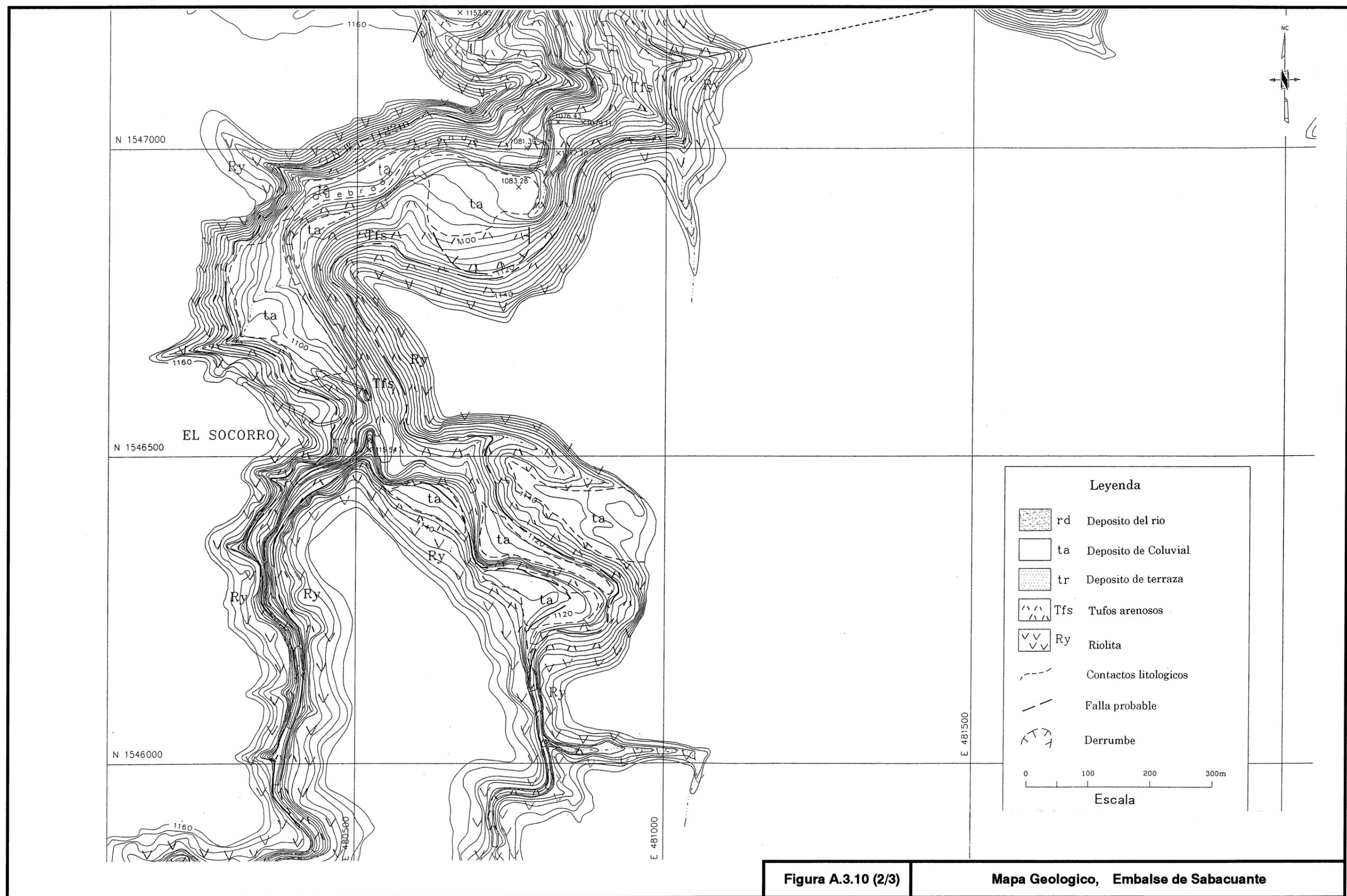


Figura A.3.10 (2/3)

Mapa Geologico, Embalse de Sabacuate

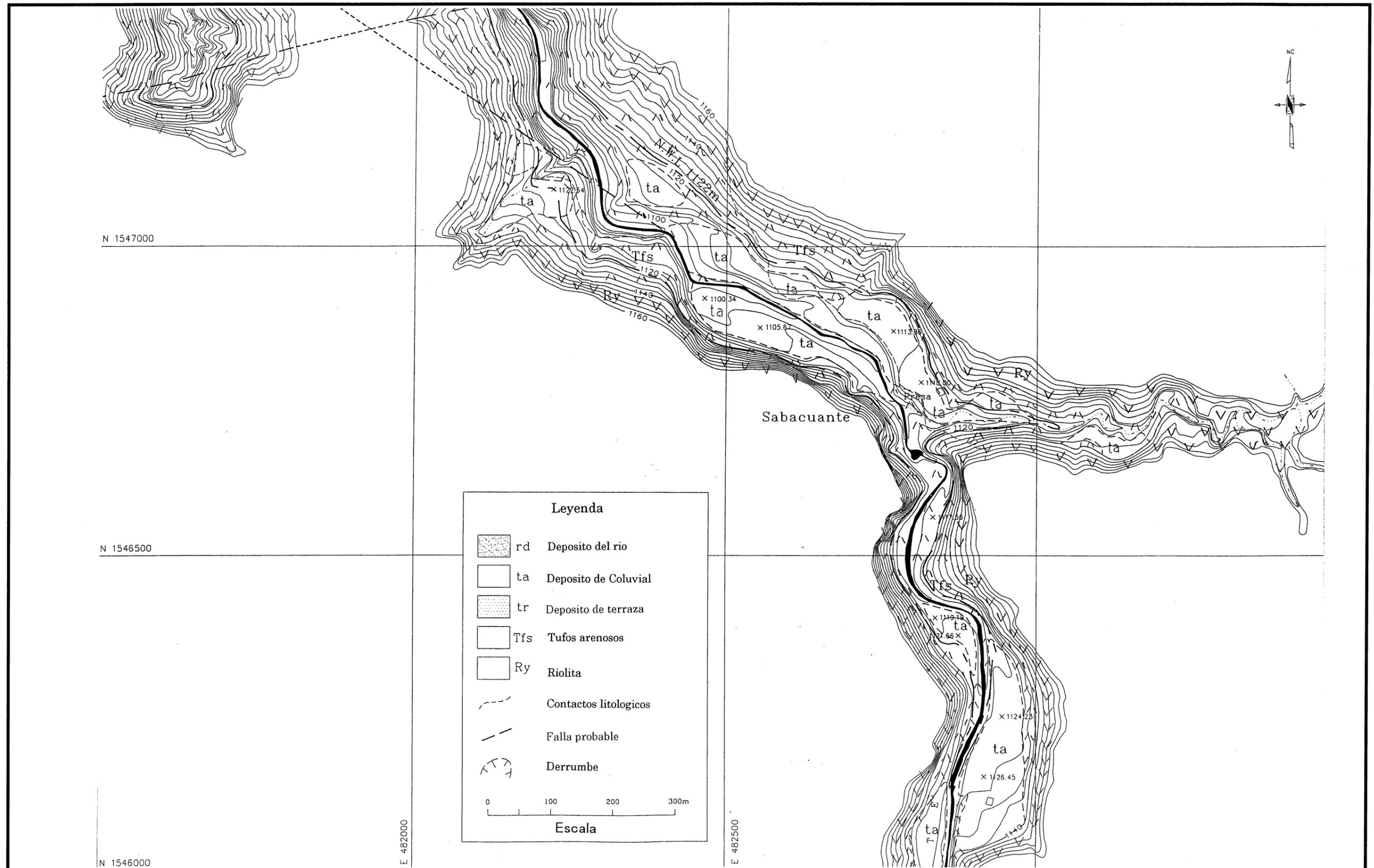


Figura A.3.10 (3/3) Mapa Geologico, Embalse de Sabacuante

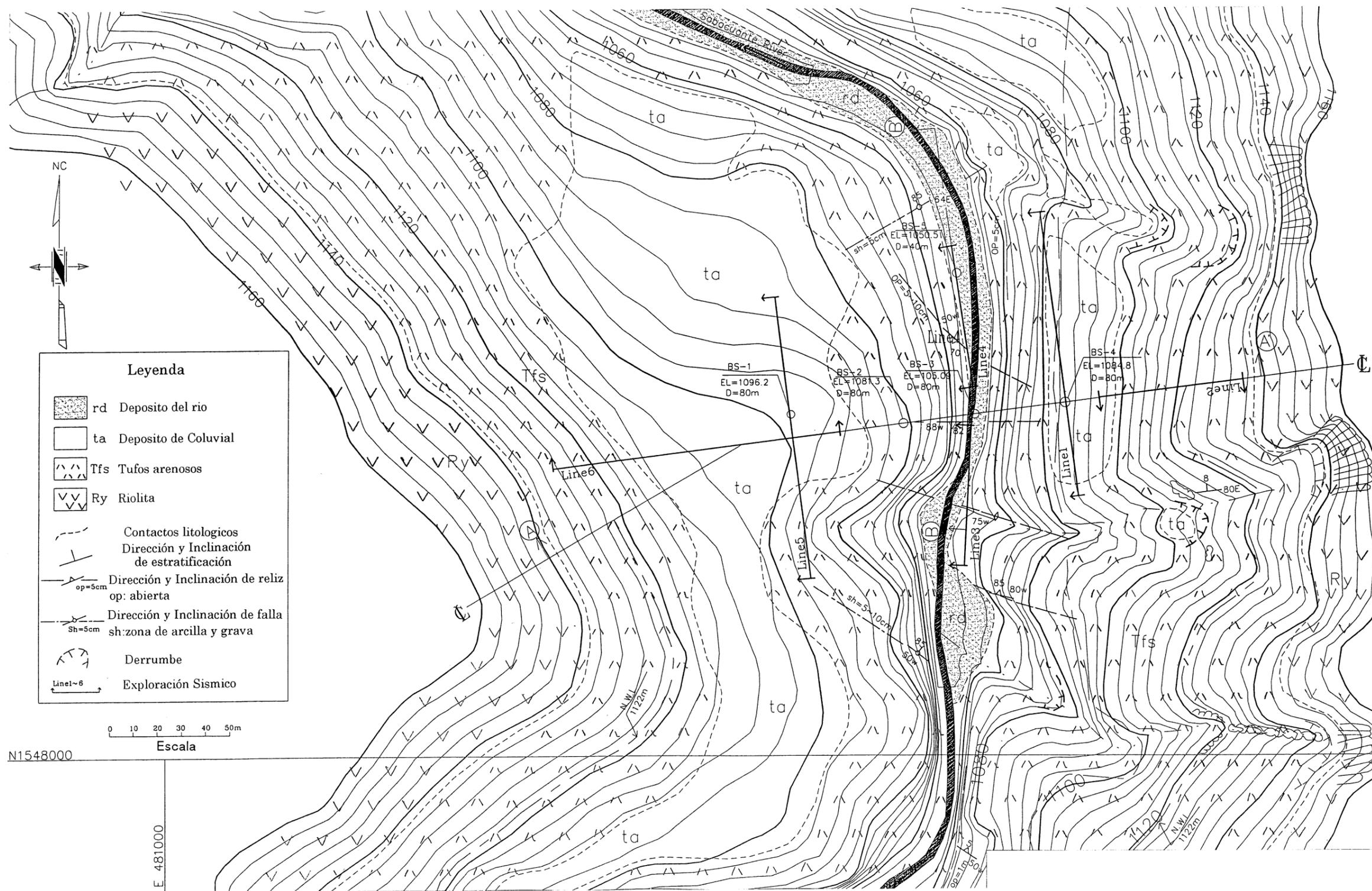
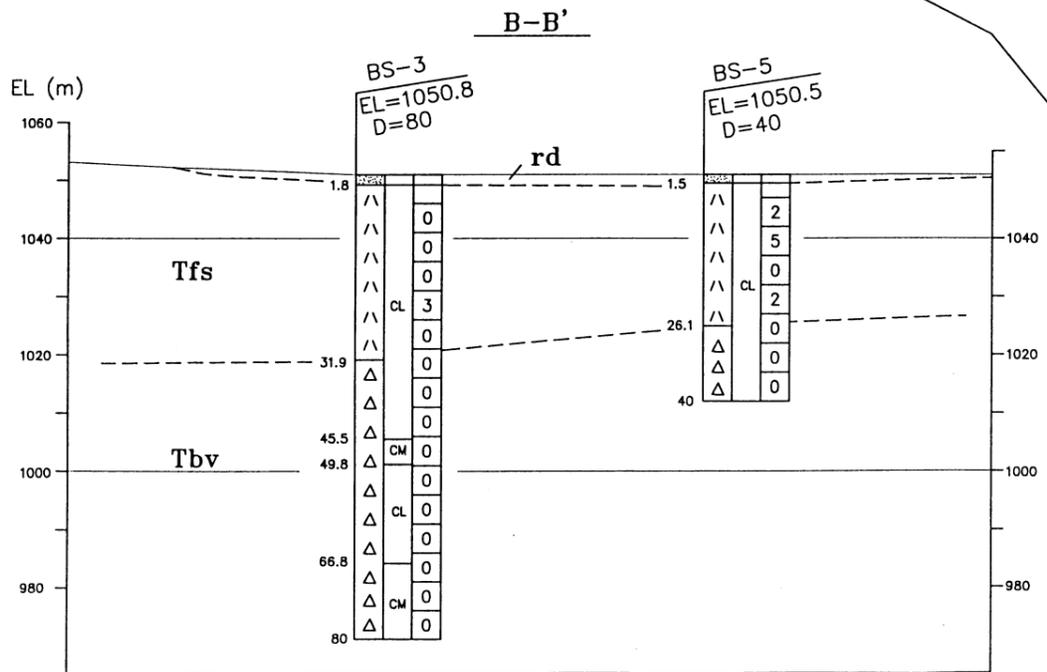
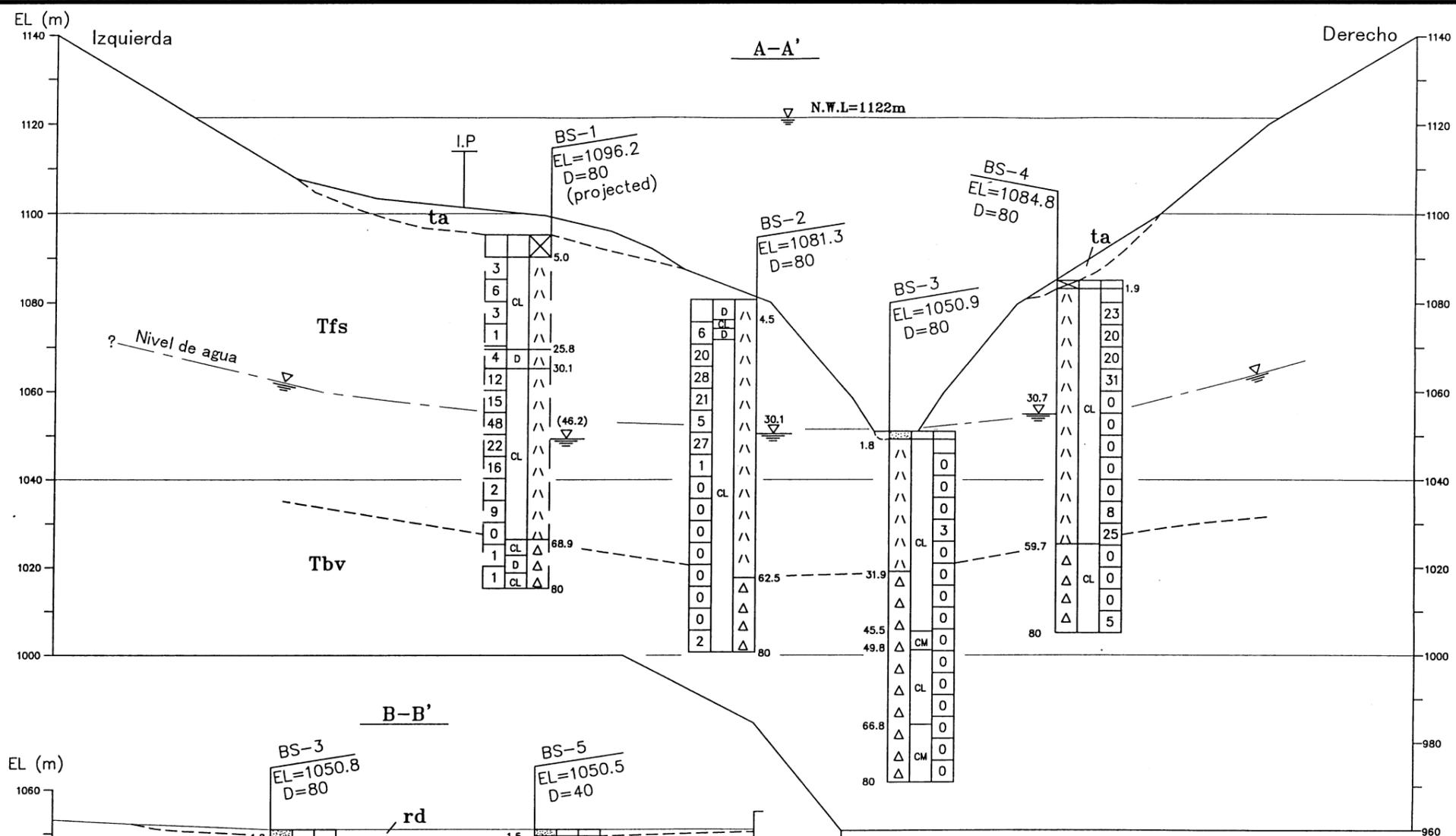


Figura A.3.11

Mapa Geologico, Presa de Sbacuante



LEYENDA

rd	Deposito del rio	LEYENDA para Perforación
ta	Deposito de Coluvial	D,CL,CM :Rock soundness
Tfs	Tufos arenosos	Columna derecho: Lugeon
Tbv	Toba - brecha (Grupo Valle de Angeles)	
	Contactos litologicos	

Escala

Figura A.3.12 **Sección (A-A'), Perfil (B-B') Geologico, Presa de Sabacuate**

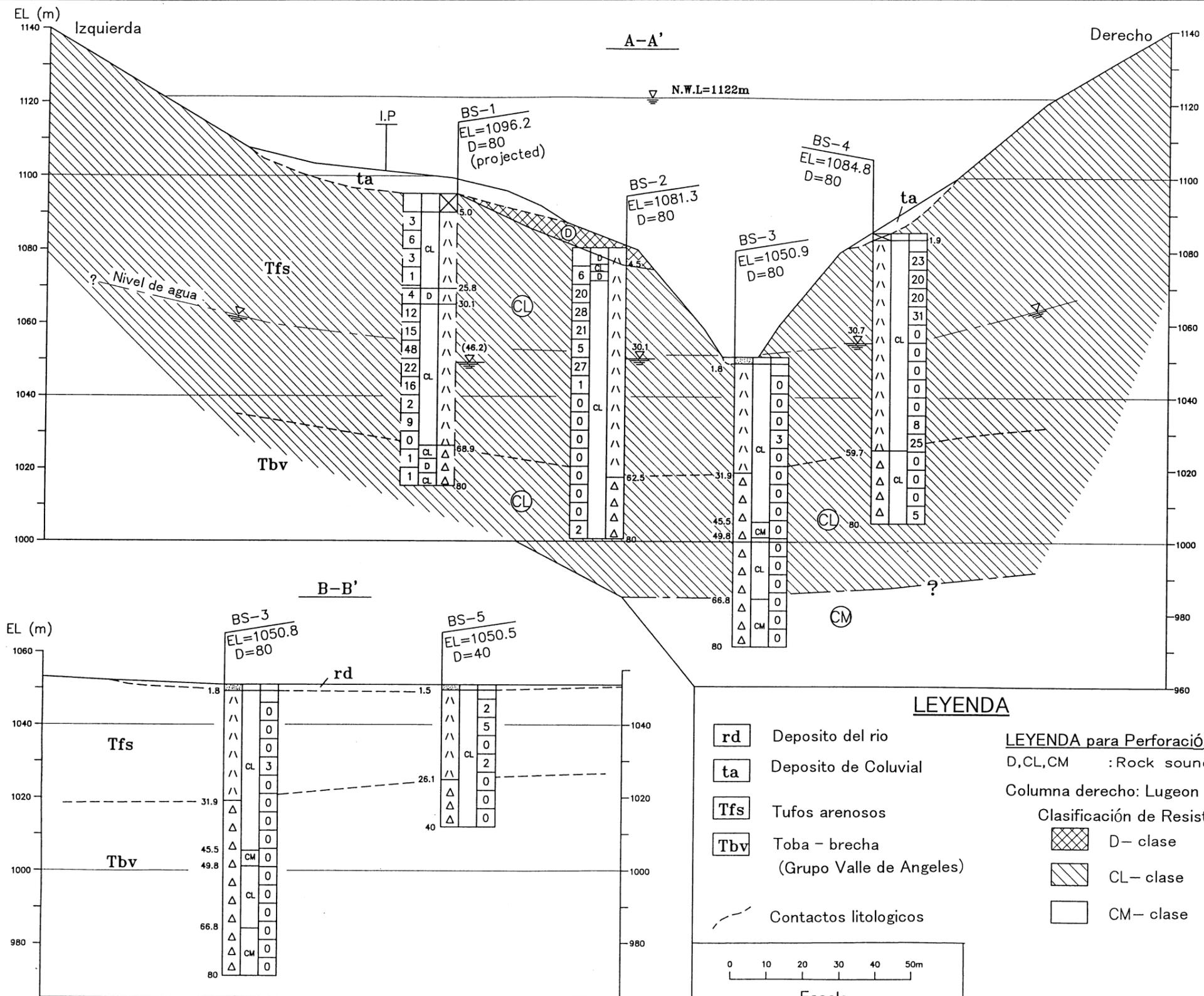


Figura A.3.13

Mapa de Clasificación de Resistencia de la Roca (A-A'),
 Presa de Sabacante

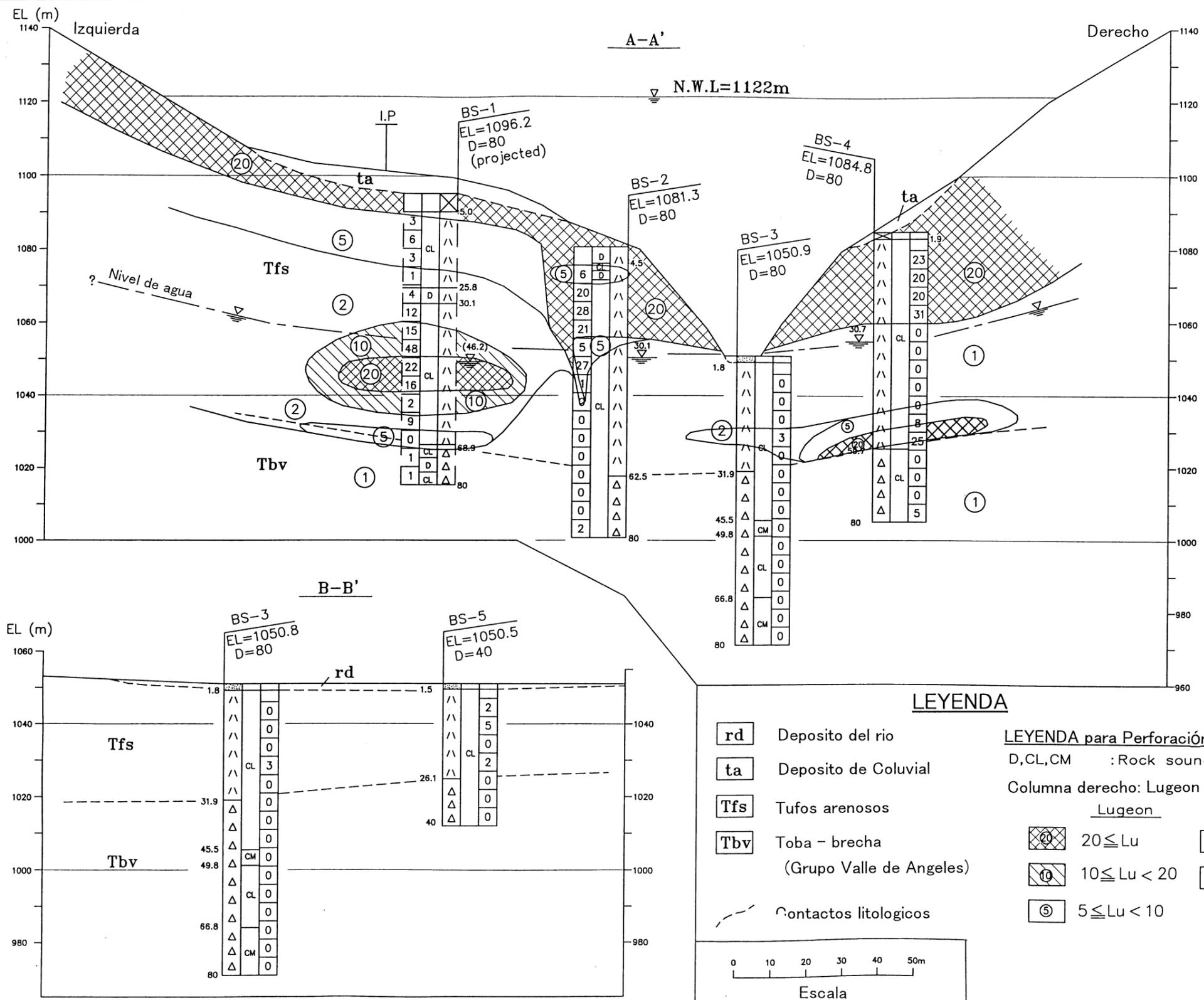


Figura A.3.14

Mapa de Lugeon (A-A'), Presa de Sabacuante