

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
ENTRE SAN BORJA Y TRINIDAD  
EN  
LA REPUBLICA DE BOLIVIA  
(FASE II)**

**INFORME FINAL**

**DATOS DE REFERENCIA TECNICA  
(ESTUDIO DE PERFORACIONES)**

**ENERO 1989**

**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON**

**SDF**

**89-017(10/13)**



JICA LIBRARY



1075276(4)

17317



**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
ENTRE SAN BORJA Y TRINIDAD  
EN  
LA REPUBLICA DE BOLIVIA  
(FASE II)**

**INFORME FINAL**

**DATOS DE REFERENCIA TECNICA  
(ESTUDIO DE PERFORACIONES)**

**ENERO 1989**

**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON**

国際協力事業団

19317

## CONTENIDOS

### PRESENTACION

1. RESUMEN DE ESTUDIO . . . . . 1
2. METODO DE ESTUDIO . . . . . 2
3. RESUMEN ASPECTOS TOPOGRAFICOS Y GEOLOGICOS . . . . . 3
4. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES . . . . . 4

### APENDICES

- CAPA PORTANTE Y FORMA DE FUDACION . . . . . A-1
- FOTO ( FASE II ) . . . . . A-3





## Presentación

El presente documento de Datos de Referencias Técnicas es una recopilación de estos y los resultados del estudio de perforaciones realizadas en 3 sitios previstos para la construcción de puentes, en el marco del Estudio de Mejoramiento de la Carretera entre San Borja y Trinidad, Fase-II. Así mismo, se incluyen los datos recopilados del estudio de perforaciones realizadas durante la Fase-I del Estudio en 4 lugares en donde se prevé la construcción de los puentes.

En la Fase-II del Estudio, se realizó el estudio de perforaciones para fundación de los puentes San Juan, San Gregorio y Puerto Almacén, en las cercanías de Trinidad que son 3 de los 7 puentes programados en este Estudio y que no se realizaron en la Fase-I. Concretamente durante el mes de octubre de 1987 se procedió tanto con los trabajos de campo como ensayos de laboratorio, como ser; perforaciones prueba de penetración normal (STP), recolección de testigos de cada estrato, Límites de Atterberg (LL, LP y IP), Peso específico, etc de los sitios previstos para la construcción de los puentes antes indicados.

En cuanto al estudio de perforaciones para la fundación de puentes realizados entre los meses de julio y agosto de 1986, en la Fase-I del Estudio, es el referente a los puentes Mururita, Matos, Curirabita y Curiraba.



## 1. RESUMEN DE ESTUDIO

EL resumen de Estudio es como se indica a continuación.

### 1) Nombre de Estudio

Estudio de Mejoramiento de la Carretera entre San Borja y Trinidad: Estudio Geotécnico para la Fundación de puentes.

### 2) Nombre de Ruta

Red Fundamental No. 3 Tramo Carretero entre San Borja y Trinidad.

### 3) Ubicación de Sitio Estudiado

(Fase I de Estudio)

	Progresiva
Arroyo Mururita	Km. 116 + 292.0
Río Matos	Km. 163 + 100.0
Río Curirabita	Km. 203 + 443.0
Río Curiraba	Km. 208 + 825.0

(Fase II de Estudio)

San Juan	Km. 0 + 685.4
San Gregorio	Km. 3 + 432.3
Pto. Almacén	Km. 5 + 991.4

### 4) Investigaciones Realizadas

- Perforación Mecánica.
- Ensayos de Penetración Normal (Standard Penetration Test: SPT).
- Pruebas de Laboratorio.

### 5) Periodos de Estudio

Fase I : Desde 11 de julio hasta 17 de julio de 1986.

Fase II: Desde 6 de octubre hasta 10 de octubre de 1987.



## 2. METODO DE ESTUDIO

### 1) Perforación Mecánica

Las perforaciones se efectuaron con una máquina de operación rotativa-percusiva. La apertura del pozo de sondeo de 10cm. de diámetro fué realizada con fluido de circulación, utilizando un tubo "Kelly" dotado de una aleta en su extremo inferior, a objeto de disminuir la resistencia a la penetración de las barras de perforación.

El muestreo de suelos se realizó por medio de muestreadora tipo cuchara.

### 2) Ensayos de Penetración Normal (SPT)

Para ejecutar estos ensayos, se aplicó el siguiente método:

Se dejó caer, libremente, un martillo de 65Kgs. de peso desde una altura de 75cm. para medir el número de golpes que se requieren para la penetración de muestreadora de ensayos de penetración normal (SPT) a cada 30cm. de profundidad, registrándose luego, como Valor-N, el número de golpes aplicados para alcanzar dicha profundidad.

### 3) Pruebas de Laboratorio

En cuanto a estas pruebas se realizó los siguientes ensayos, con las muestras obtenidas en campo.

- Granulometría.
- Peso específico.
- Determinación de porcentaje de humedad.
- Límite líquido.
- Límite plástico.



### 3. RESUMEN DE ASPECTOS TOPOGRAFICOS Y GEOLOGICOS

#### 3-1. Resumen Topográfico

La zona objeto del presente Estudio se encuentra ubicada sobre la red fundamental No. 3, en el tramo carretero entre San Borja y Trinidad, en el Departamento del Beni, como se muestra en la Figura 3-1. Es una zona formada por rios y arroyos que se escurren desde la Cordillera Oriental de los Andes, siendo plana su configuración topográfica conformada por pampas y bosques, puesto que, a pesar de una distancia aproximada de 230Kms. entre San Borja y Trinidad, la diferencia de elevación entre ambas poblaciones es de apenas unos 50 metros.

#### 3-2. Resumen Geológico

Los materiales de origen sedimentario que forman las llanuras bajas del Beni, son productos del escurrimiento de materiales aluviales, provenientes de la Cordillera Oriental de los Andes, los cuales fueron formando capas sedimentarias que alcanzan cientos de metros de espesor. Estos estratos se caracterizan por ser depósitos aluviales del Periodo Cuaternario, Era Cenozoica, y muestran características granulométricas casi uniformes. El suelo correspondiente al sector que corresponde este Estudio, está formado principalmete de arcillas y limos, desde la superficie hasta los 15 metros de profundidad. Sin embargo, mientras más se acerque hacia San Borja, aumenta la existencia de arena fina en los estratos.





#### 4. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES

##### 4-1 UBICACIONES DE PERFORACIONES

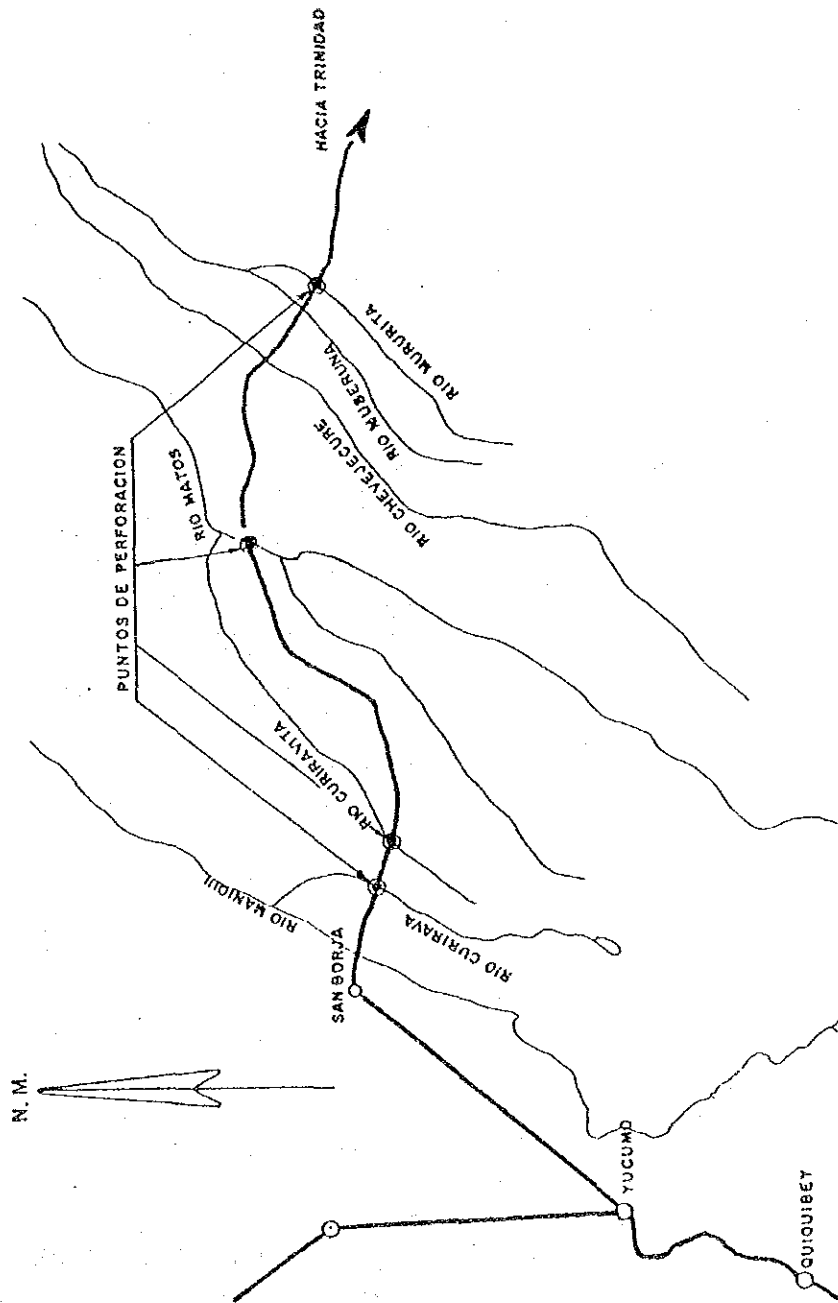


Fig. 4-1 Plano de Ubicacion de Los Trabajos de Fase I

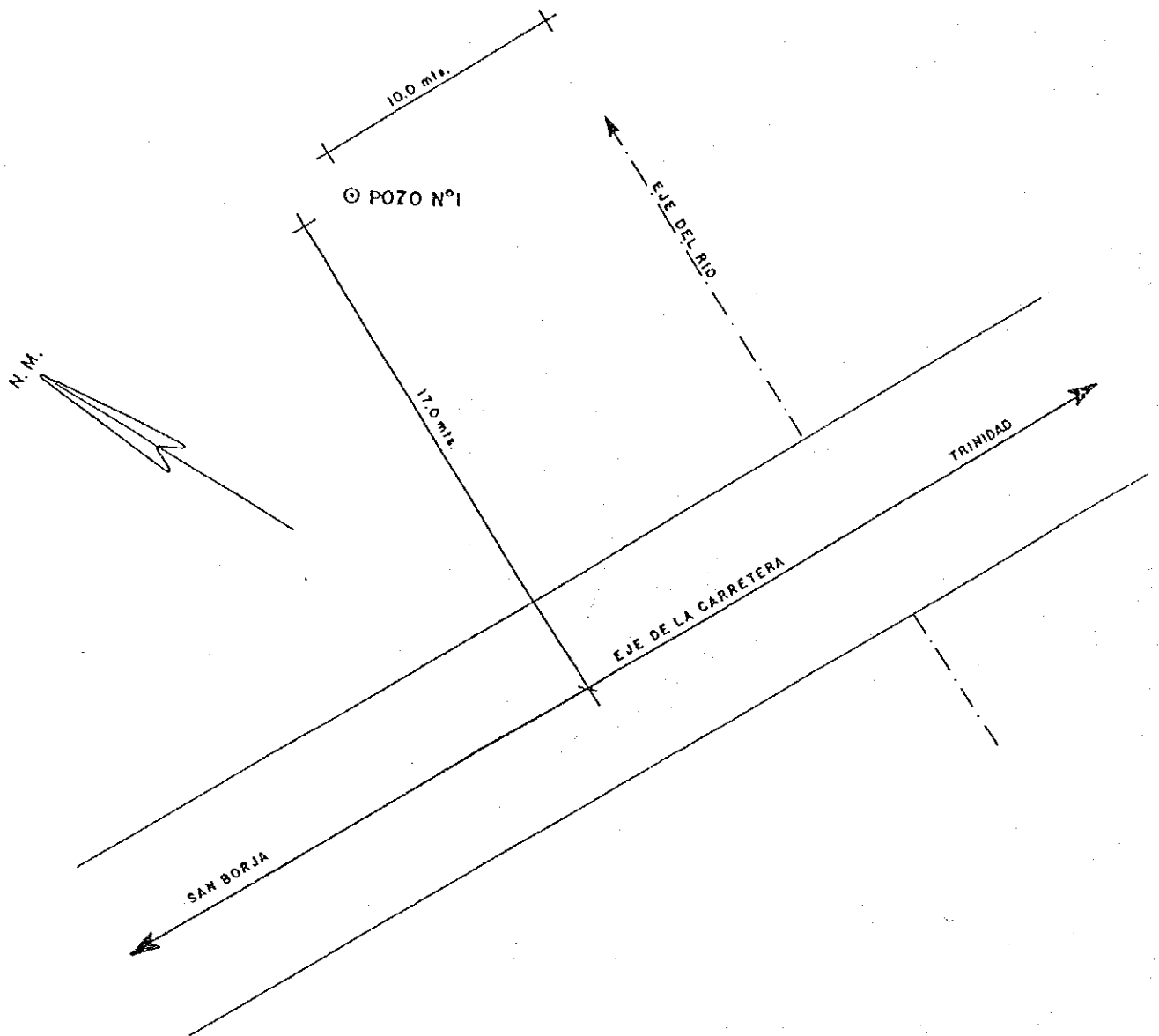


Fig. 4-2 Croquis de Ubicacion de Pozo  
Rio Mururita

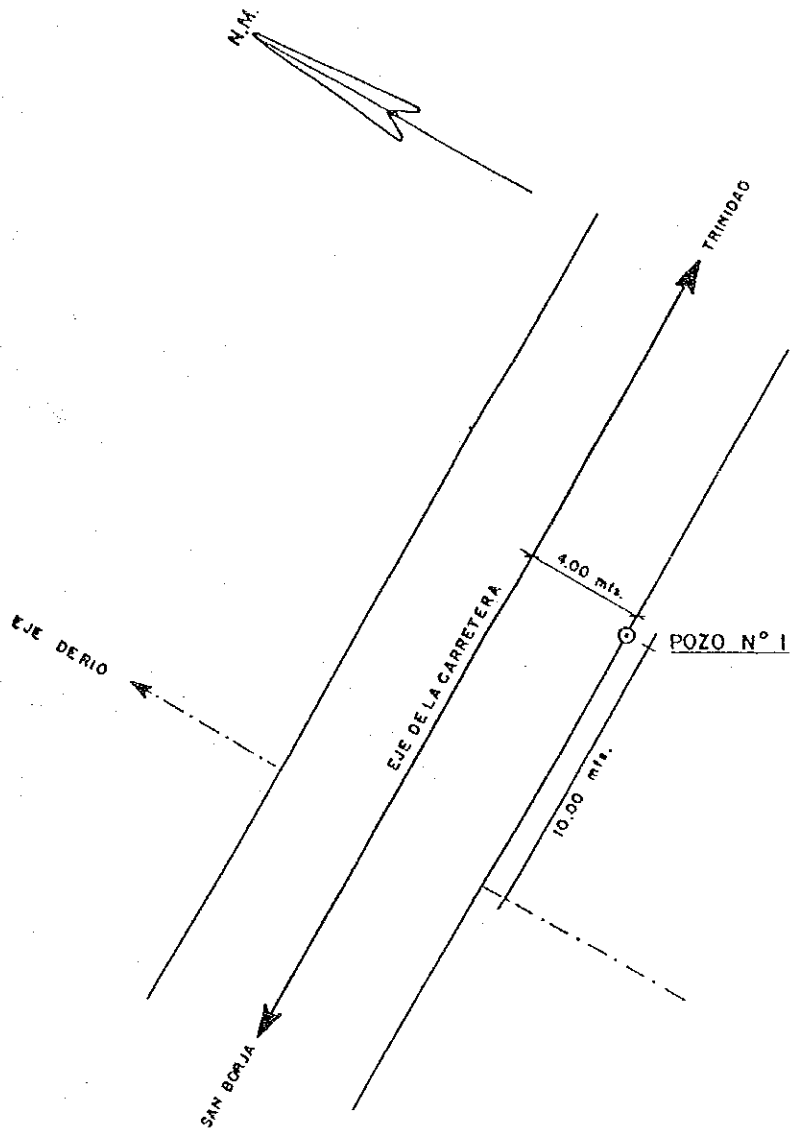


Fig. 4-3 Croquis de Ubicacion de Pozo Rio Matos

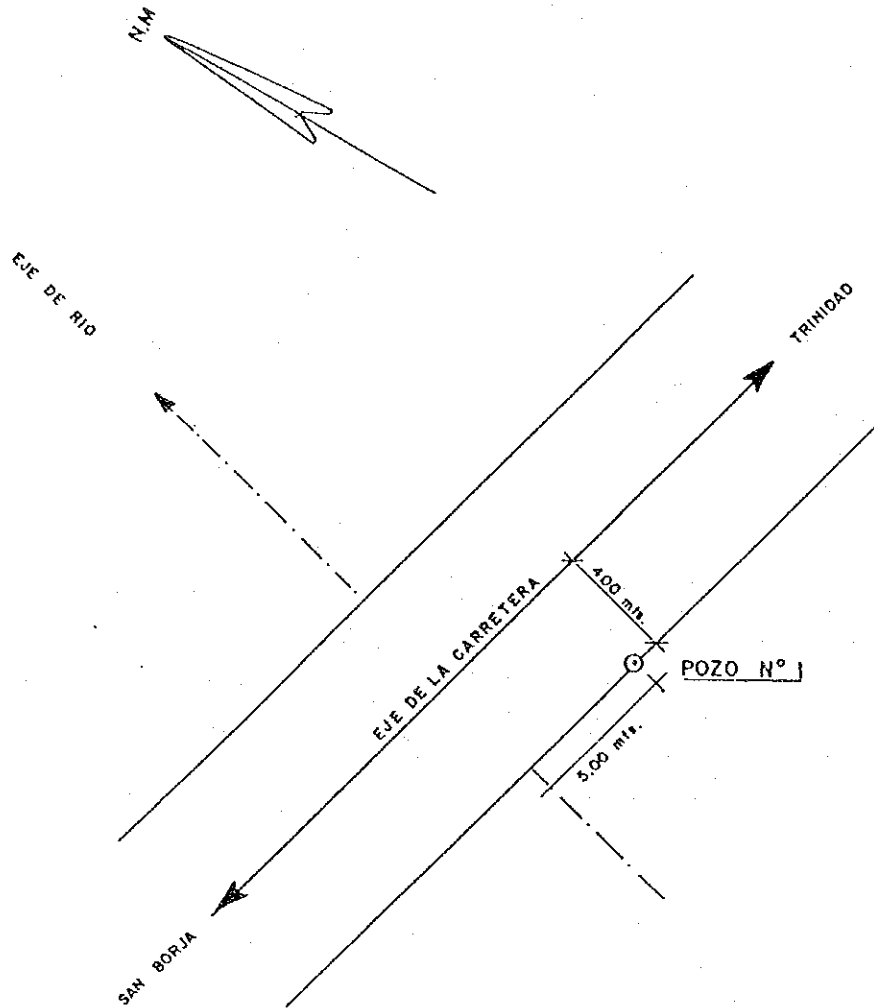


Fig. 4-4 Croquis de Ubicacion de Pozo  
Rio Curirabita

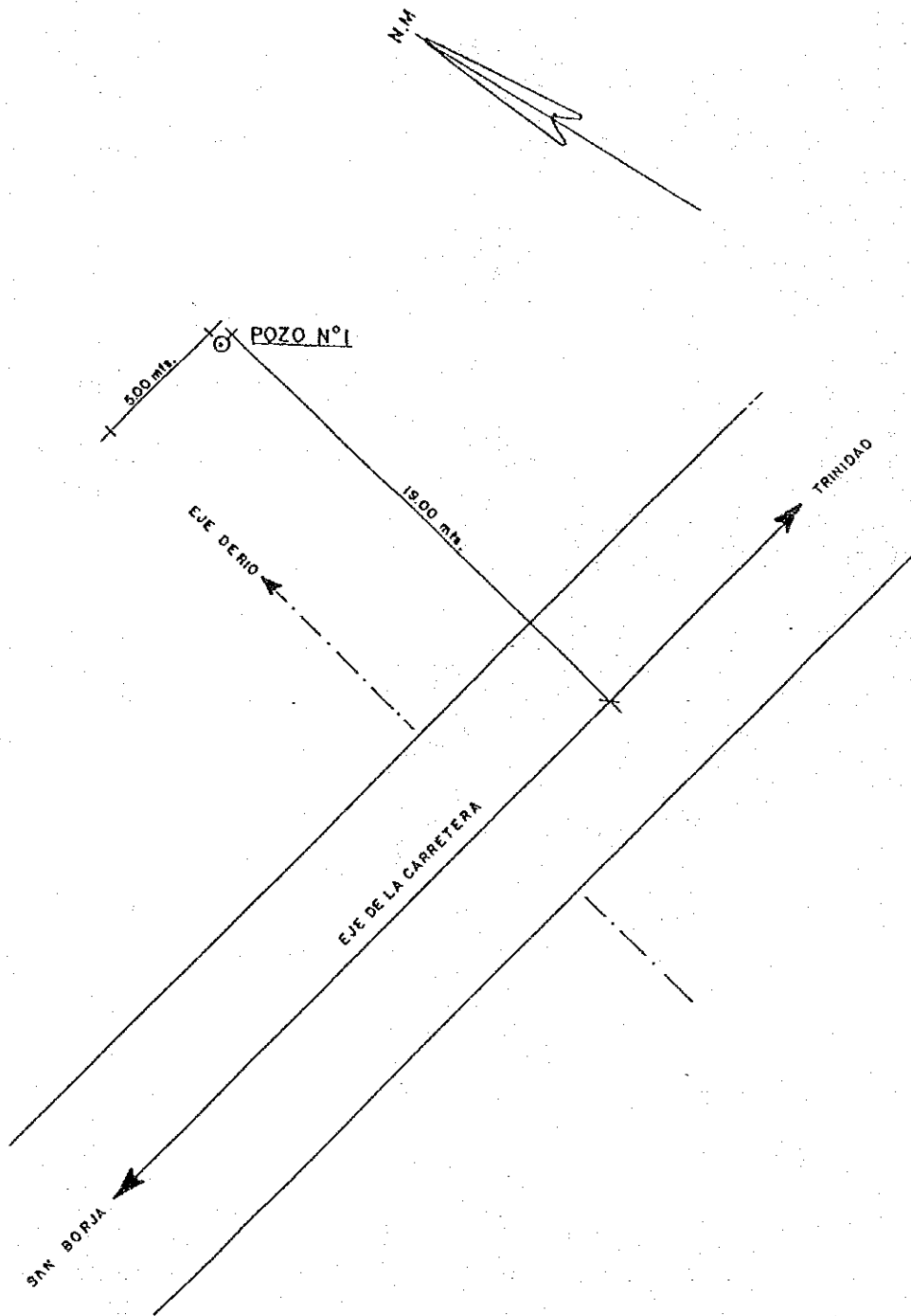
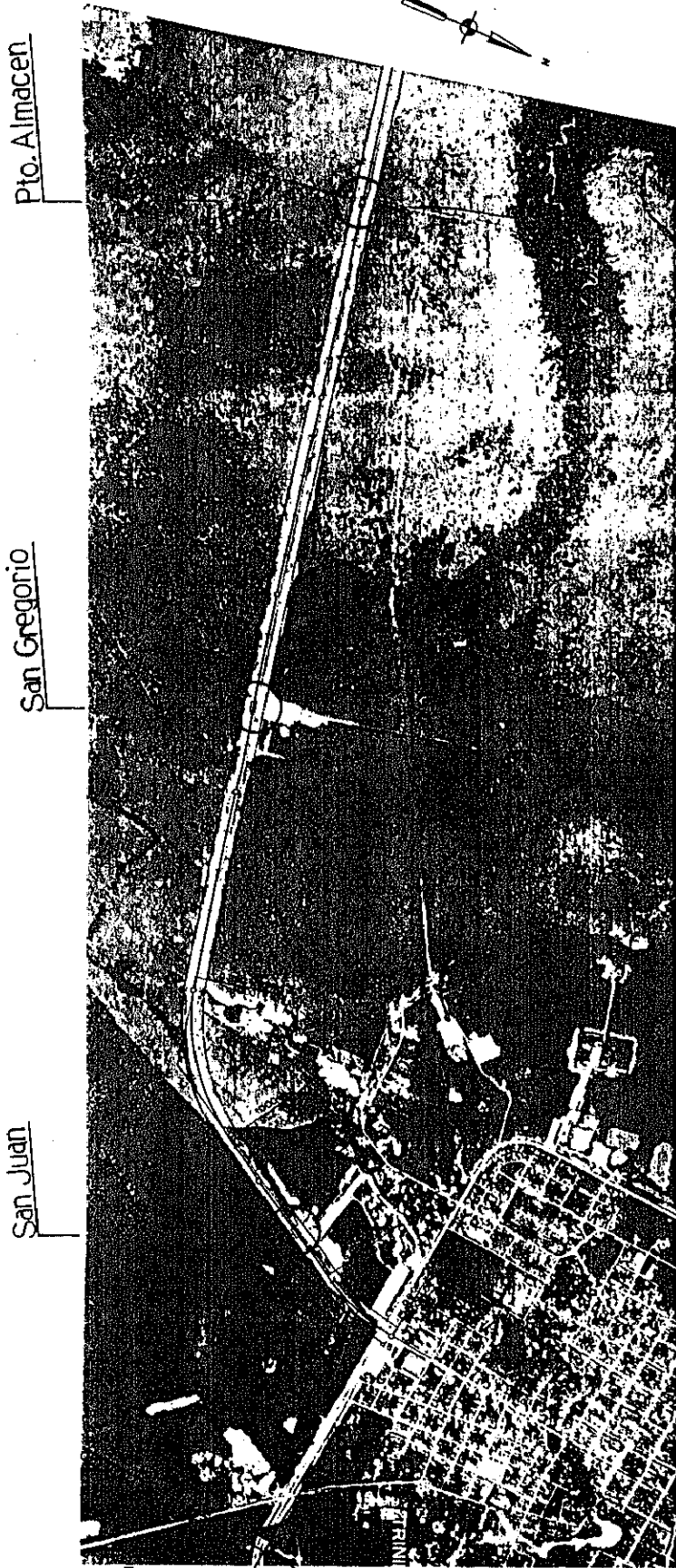


Fig. 4-5 Croquis de Ubicacion de Pozo  
Rio Curiraba



PERFIL

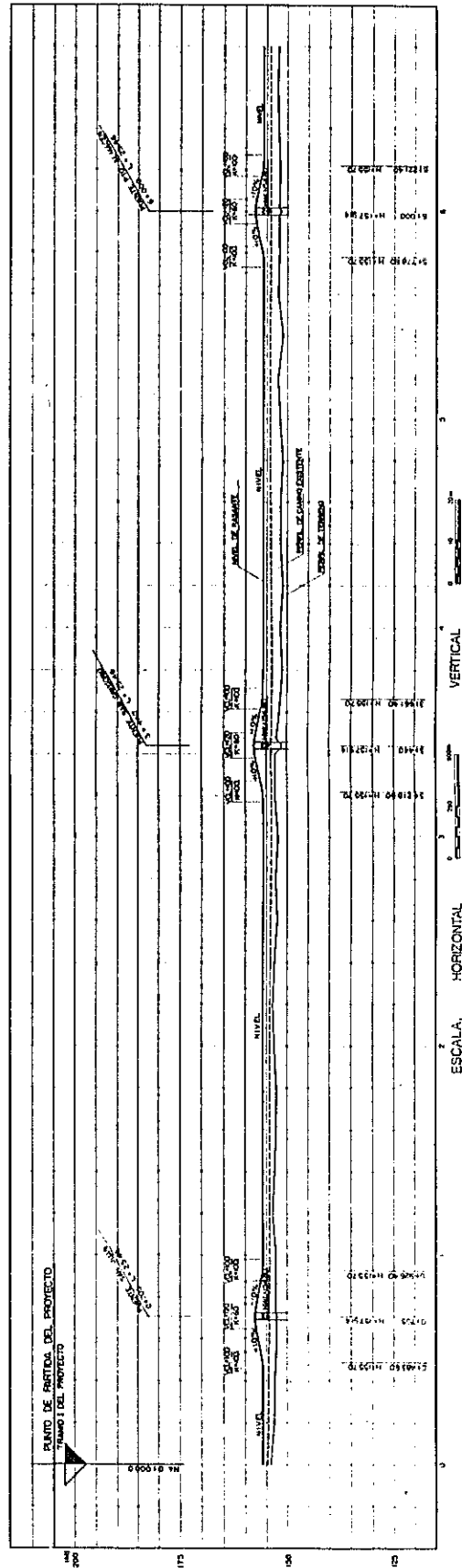


Fig. 4-6 Plano de Ubicacion de Los Trabajos de Fase II

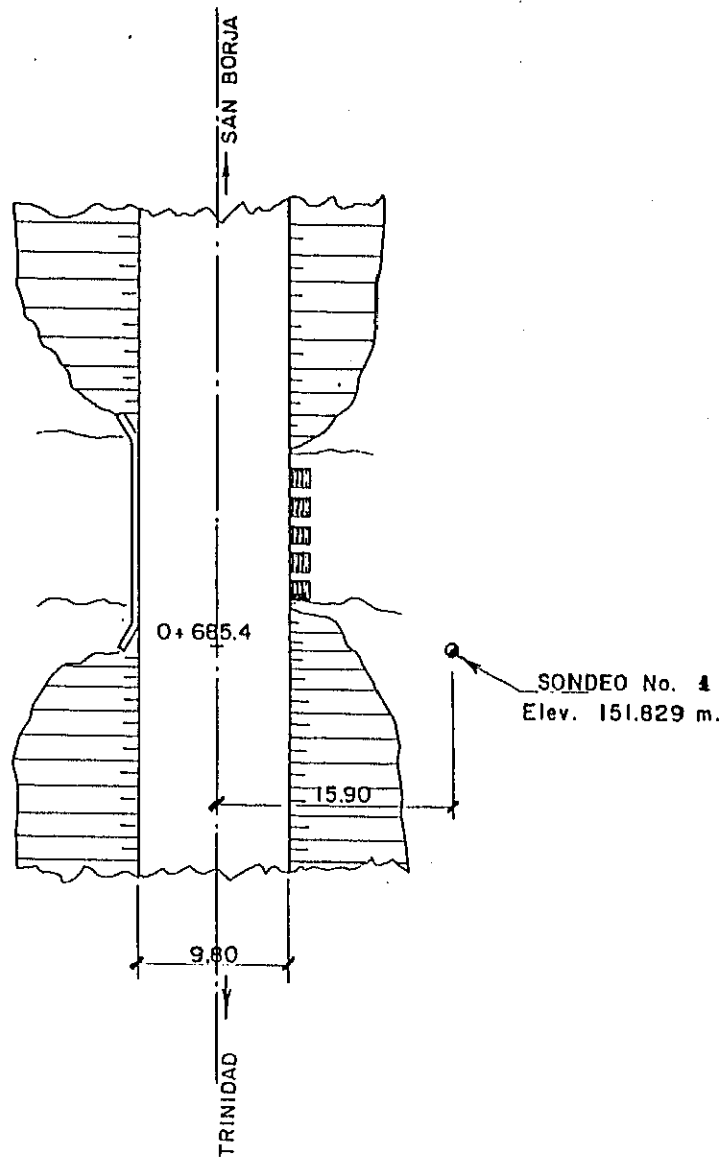


Fig. 4-7 Croquis de Ubicacion de Pozo San Juan

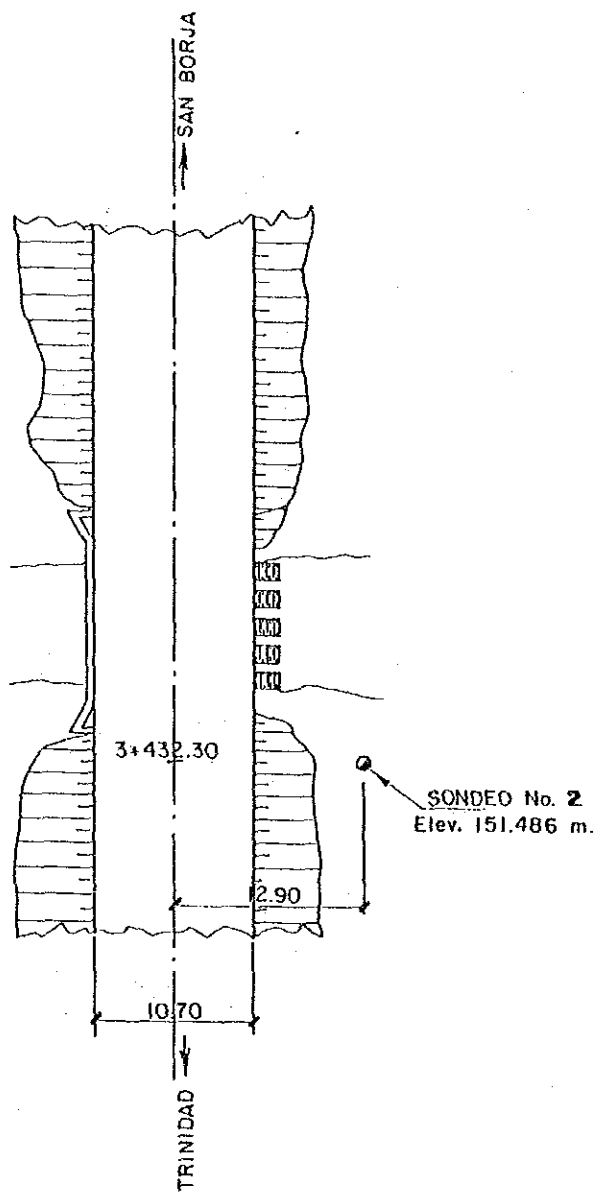


Fig. 4-8 Croquis de Ubicacion de Pozo San Gregorio



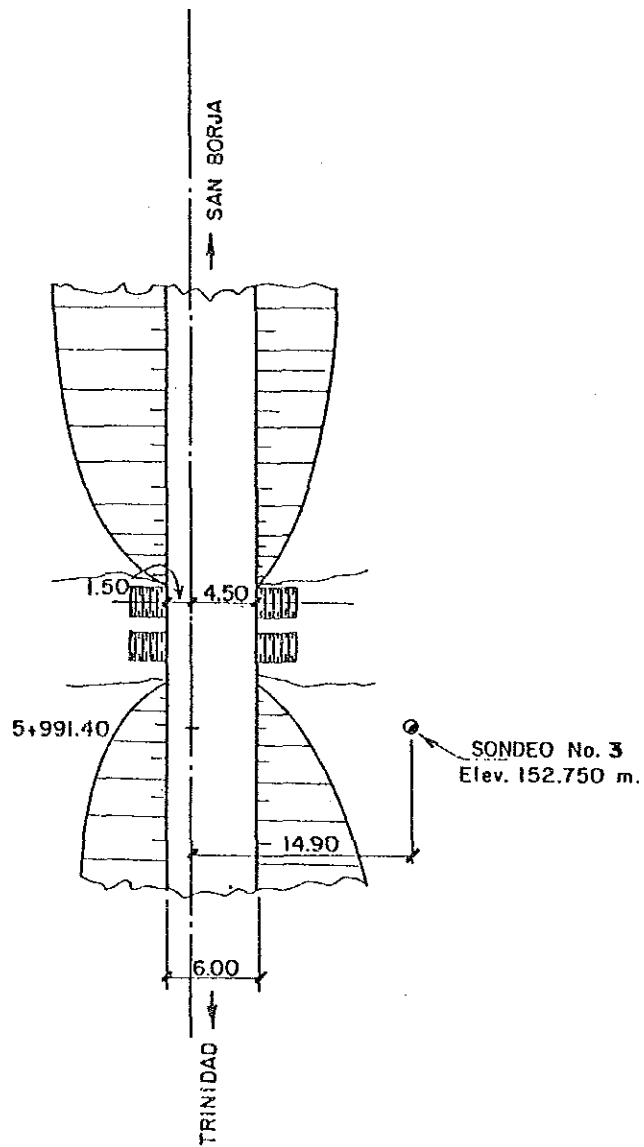


Fig. 4-9 Croquis de Ubicacion de Pozo  
PTO. Almacen

#### 4-2 RESULTADO DE INVESTIGACION (FASE I)

##### DESCRIPCION DE LOS PERFILES GEOLOGICOS

En base a los resultados obtenidos tanto en campo y laboratorio, se determinó la existencia de los siguientes tipos de suelo:

##### RIO CURIRABA

Arcilla Limo Arenosa.- Se trata de una mezcla de arcilla, limo y arena de baja a medianamente plástica inorgánica, prácticamente impermeable, con una mediana resistencia a la tubificación su resistencia al corte es media, su coloración es rojiza.

Arenas Limo Arcillosas.- Mezcla de arena, limo y arcilla, inorgánicas prácticamente impermeables, con una mediana resistencia a la tubificación, su resistencia al corte es de media a baja, su coloración es rojiza.

##### RIO CURIRABITA

Arcilla Orgánica.- Se trata de una arcilla que se la encontró en la parte superficial, altamente plástica de color negro, con presencia de material orgánico.

Arena Limo Arcillosa.- Mezcla de arena limo y arcilla medianamente plásticas, con una resistencia al corte bajas, practicamente impermeable, con una resistencia a la tubificación baja, su coloración es rojiza.

Limo Arcillo Arenoso.- Es una mezcla de limo, arcilla y arena de color rojizo, con plasticidad media, su resistencia al corte es baja tanto como a la tubificación, son casi impermeables.

#### RIO MATOS

Limo Arcilloso Arenoso.- Se trata de una mezcla de limo, arcilla y arena practicamente impermeable, su resistencia a la tubificación es baja tanto como su resistencia al corte, su coloración es rojiza.

Arcilla Limo Arenosa Es una mezcla de arcilla, limo con algo de arena, su coloración es blanca, su plasticidad es de media a alta, su resistencia al corte como a la tubificación es de media a alta, este suelo es expansivo con la presencia de agua, son suelos impermeables.

Arena Limo Arcillosa.- Este suelo es una mezcla de arena y limo con algo de arcilla de color rojizo, su resistencia al corte y a la tubificación es baja, la plasticidad es baja.

#### RIO MURURITA

Limo Arcillo Arenoso.- Es una mezcla de limo arcilla y arena de color rojizo, altamente

plásticos, con una resistencia al corte baja y a la tubificación de media, prácticamente impermeable, estos suelos son expansivos.

Arcilla Limo Arenosa.- Se trata como su nombre lo indica de una mezcla de arcilla, limo con arena, en esta perforación se detectó dos horizontes variando la coloración uno de ellos de color rojizo y el otro blanco, ambos de mediana plasticidad, con una permeabilidad baja, su resistencia al corte y a la tubificación es media, estos suelos también son algo expansivos en presencia de agua.

### CONCLUSIONES

#### ESTUDIOS GEOTECNICOS

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

- Como se trata de una verificación de anteriores trabajos todos los resultados se los puede observar en los gráficos adjuntos al presente informe.
- Se debe tener cuidado en los sectores que existen suelos expansivos.
- Para el apoyo de las fundaciones no se debe usar el pilotaje hincado ya que son suelos que se identifican con mucha facilidad.
- Lo más aconsejable es el sistema de tubulones o pilotes vaciados en situ pre perforado.

Registros de Investigacion

Del Subsuelo (Phase I)



## REGISTRO DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

PROYECTO: DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA SAN BORJA-TRINIDAD

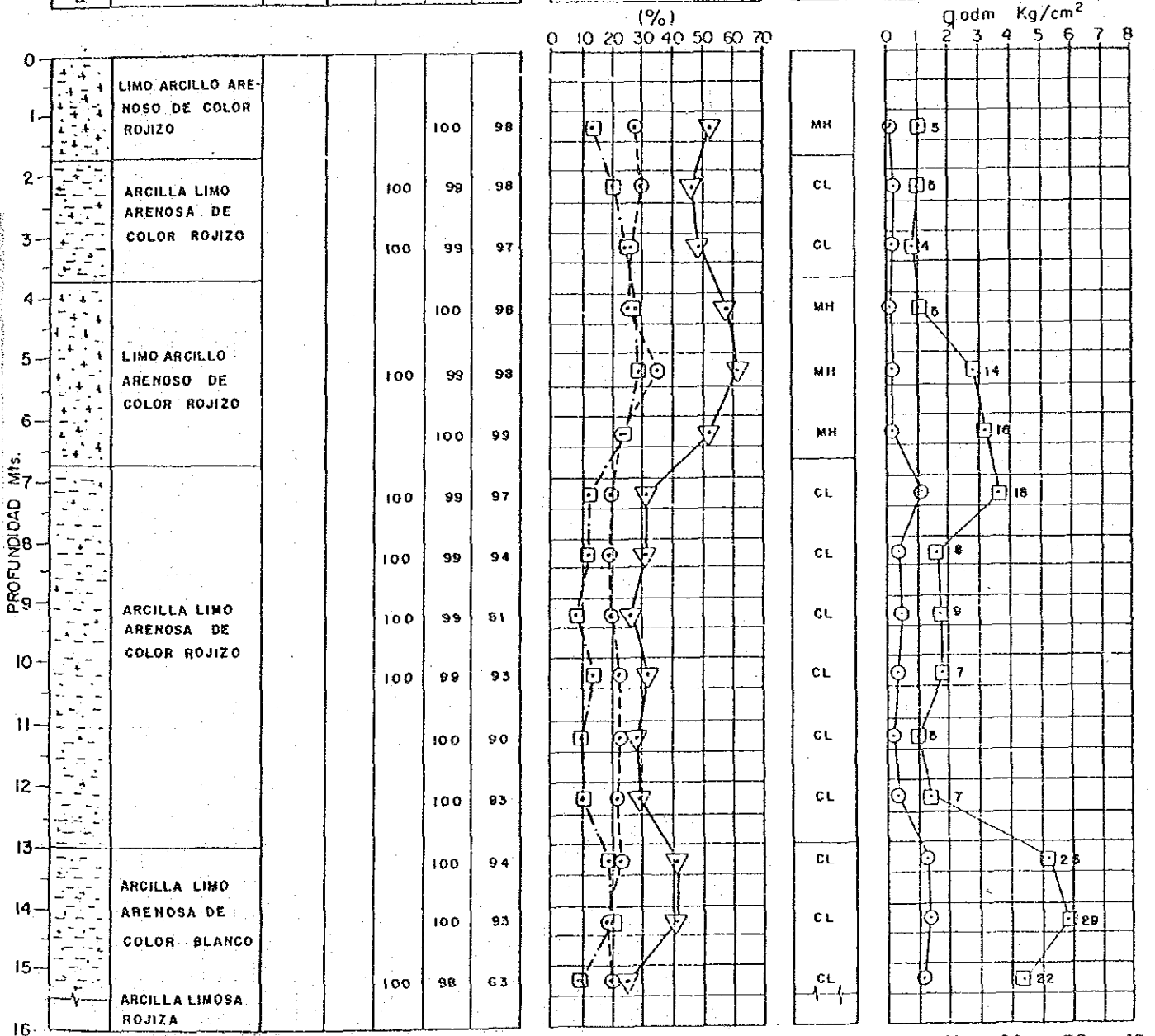
UBICACION: ARROYO "MURURITA"

POZO N° 1

COTA: \_\_\_\_\_

FECHA: Julio 1986

PERFIL GEOLOGICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	DENSIDAD SECA Ton/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA (%) QUE PASA				HUMEDAD NATURAL (%) ○	LIMITE LIQUIDO (%) ▽	INDICE PLASTICO (%) □	CLASIFICACION	ENSAYE DE PENETRACION	
			N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					○ CUCHARA NORMAL	▽ CONO DINAMICO



Q<sub>adm</sub> = Capacidad de soporte admisible ○  
 N.G. = Número de Golpes (SPT) □

Fig. 4-10

N.G.

## REGISTRO DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

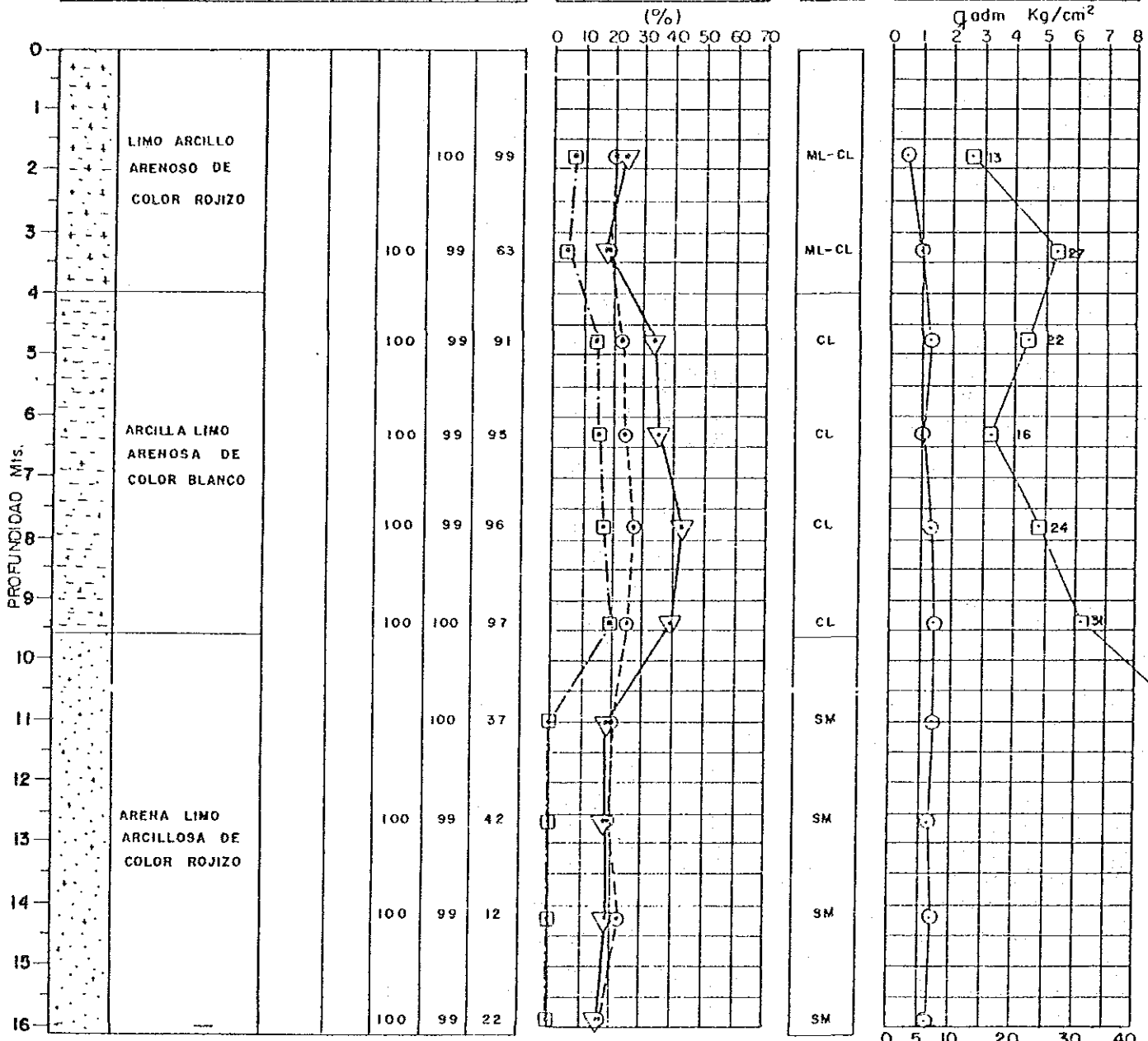
PROYECTO: DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA SAN BORJA - TRINIDAD

UBICACION: RIO "MATOS"

POZO N° 1 COTA: \_\_\_\_\_

FECHA: Julio 1986

PERFIL GEOLOGICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	DENSIDAD SECA Ton/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA (%) QUE PASA				HUMEDAD NATURAL (%) ○	LIMITE LIQUIDO (%) ▽	INDICE PLASTICO (%) □	CLASIFICACION	ENSAYE DE PENETRACION	
			N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					○ CUCHARA NORMAL	▽ CONO DINAMICO



Q<sub>adm</sub> = Capacidad de soporte admisible ○  
 N.G. = Número de Golpes (SPT) □

Fig. 4-11

N.G.



## REGISTRO DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

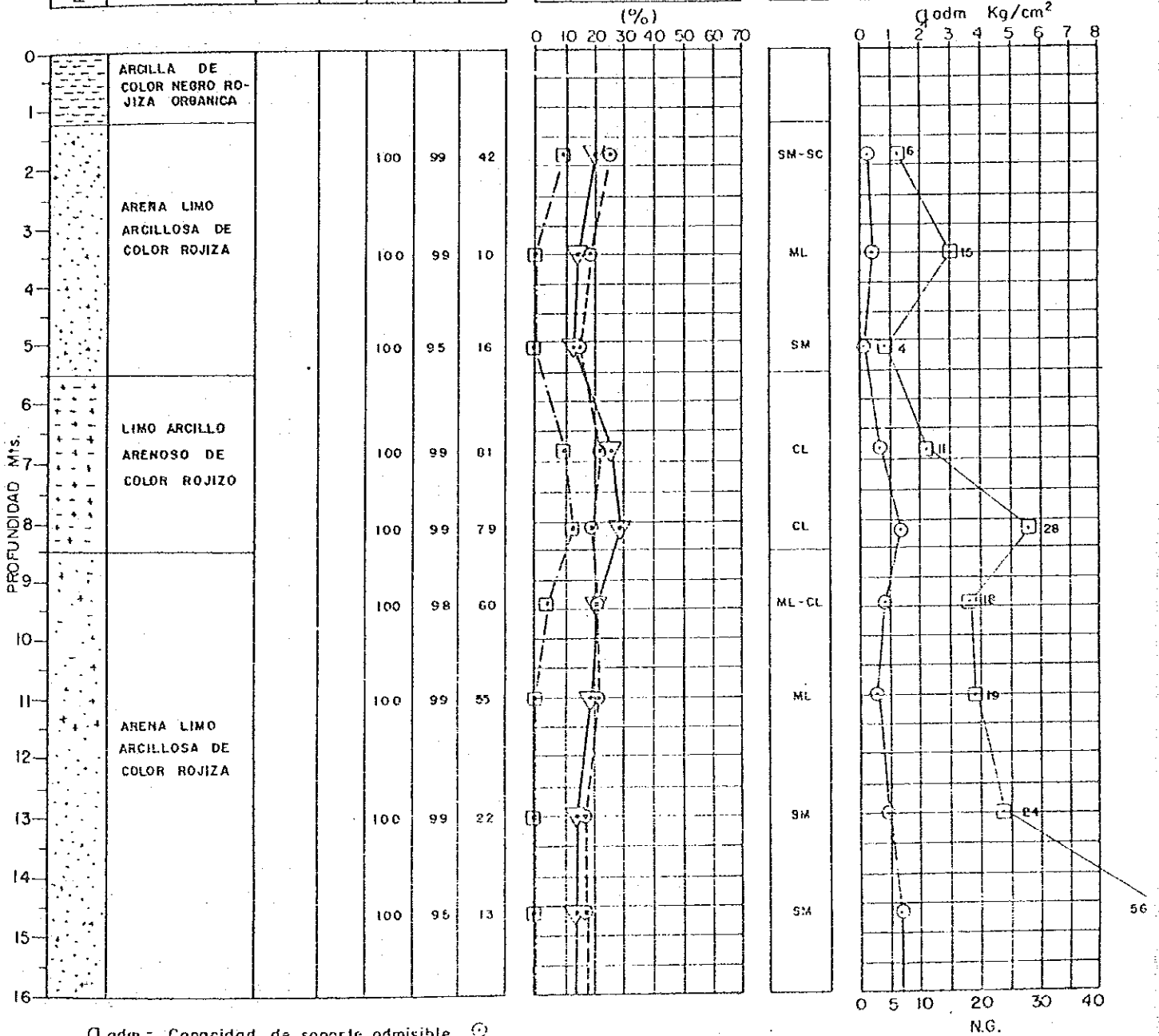
PROYECTO: DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA SAN BORJA-TRINIDAD

UBICACION: RIO "CURIRAVITA"

POZO N° 1 COTA: \_\_\_\_\_

FECHA: Julio 1986

PERFIL GEOLOGICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	DENSIDAD SECA Ton/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA (%) QUE PASA				HUMEDAD NATURAL (%) 0	CLASIFICACION	ENSAYE DE PENETRACION
			N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			
								▽ CONO DINAMICO	
						INDICE PLASTICO (%) □			



Q<sub>adm</sub> = Capacidad de soporte admisible  
N.G. = Número de Golpes (SPT)

Fig. 4-12 (1)

# A & E

INGENIEROS CONSULTORES

CASILLA 11083 - 867  
 TELEFONOS 82270 - 26182  
 LA PAZ - BOLIVIA

## REGISTRO DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

PROYECTO: DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA SAN BORJA - TRINIDAD  
 UBICACION: RIO "CURIRAVITA"  
 POZO N° 1 COTA: \_\_\_\_\_ FECHA: Julio 1986

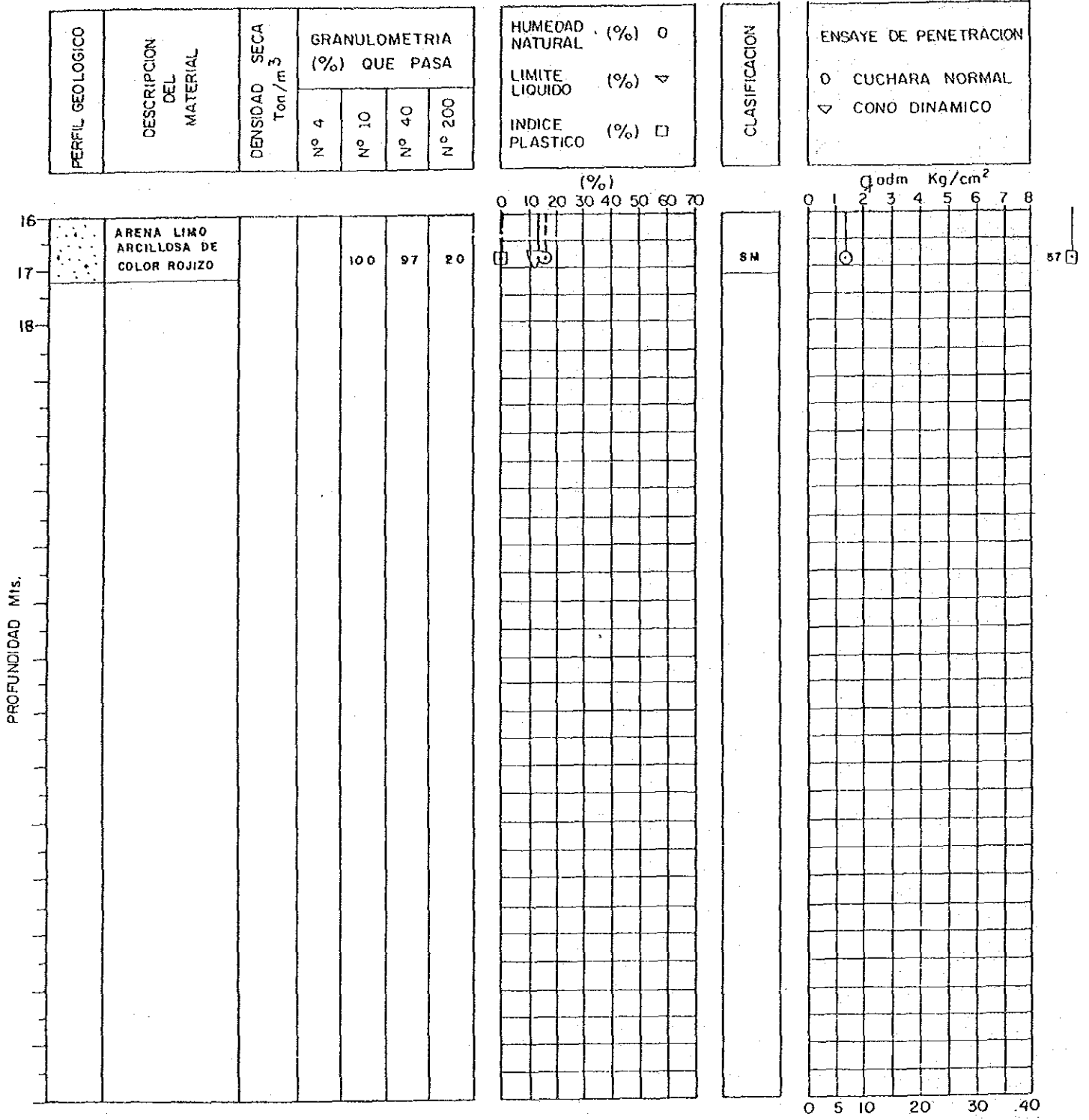


Fig. 4-12 (2)

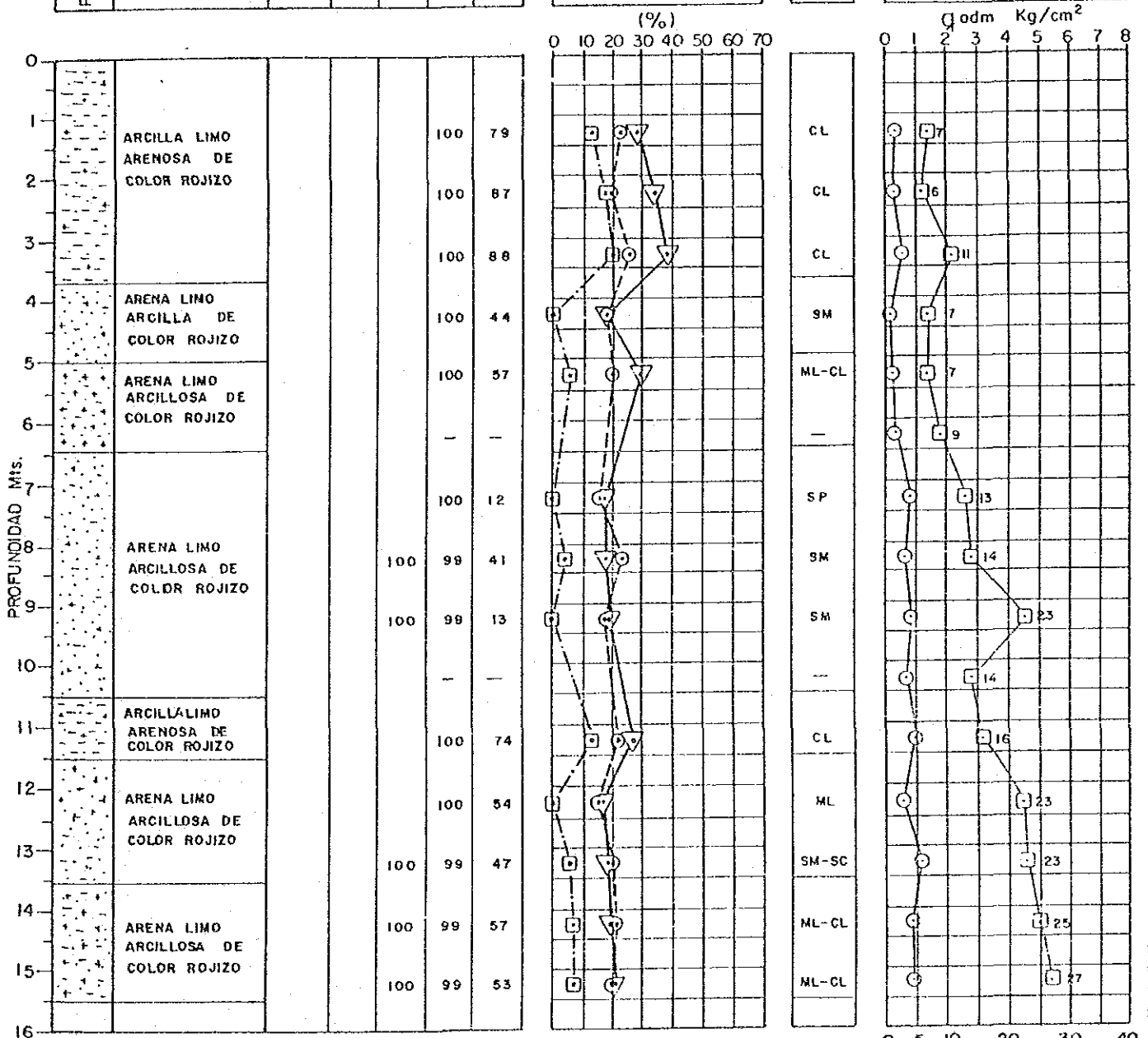
# A & E

INGENIEROS CONSULTORES  
 CASILLA 11083 - 667  
 TELEFONOS 82270 - 26182  
 LA PAZ - BOLIVIA

## REGISTRO DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

PROYECTO: DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA SAN BORJA--TRINIDAD  
 UBICACION: RIO "CURIRAWA"  
 POZO N° I COTA: \_\_\_\_\_ FECHA: Julio 1986

PERFIL GEOLOGICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	DENSIDAD SECA Ton/m <sup>3</sup>	GRANULOMETRIA (%) QUE PASA				HUMEDAD NATURAL (%) ○	LIMITE LIQUIDO (%) ▽	INDICE PLASTICO (%) □	CLASIFICACION	ENSAJE DE PENETRACION	
			N° 4	N° 10	N° 40	N° 200					○ CUCHARA NORMAL	▽ CONO DINAMICO



Q<sub>adm</sub> = Capacidad de soporte admisible ○  
 N.G. = Número de Golpes (SPT) □

Fig. 4-13



Cuadros Resumen de  
Ensayos (Phase I)



# REGISTRO DE ESTUDIO

Proyecto DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA      Ubicación SAN BORJA TRINIDAD      Fecha SEPTIEMBRE 1986

MUESTRA No.	PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD pies.	HUMEDAD NATURAL %	L.L. %	L.P. %	GRANULOMETRIA					CLASIFIC.	ENSAYE DE PENETRACION NUMERO DE GOLPES	CAPACIDAD DE SOPORTE		
						1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10			No. 40	No. 200	REAL (a)
141	R. Mururita	1.0-	27.30	51.8	22.7					100	98	MH	2 - 2 - 3	0.15	0.08
142	"	2.0-2.45	28.50	45.7	19.7				100	99	98	CL	1 - 2 - 3	0.49	0.25
143	"	3.0-3.45	26.00	48.8	23.9				100	99	97	CL	2 - 2 - 2	0.39	0.20
144	"	4.0-4.45	28.00	58.0	25.8					100	98	MH	1 - 2 - 3	0.15	0.08
145	"	5.0-5.45	34.70	60.6	28.7				100	99	98	MH	3 - 5 - 9	0.46	0.23
146	"	6.0-6.45	23.00	51.7	23.7					100	100	MH	3 - 6 - 10	0.41	0.21
147	"	7.0-7.45	19.40	30.9	12.0				100	100	97	CL	4 - 6 - 12	2.17	1.09
148	"	8.0-8.45	19.40	30.7	11.8				100	100	95	CL	3 - 3 - 5	0.83	0.42
149	"	9.0-9.45	19.70	25.8	8.4				100	100	81	CL	3 - 4 - 5	0.95	0.48
150	"	10.0-10.45	22.20	32.0	13.8				100	100	93	CL	3 - 3 - 4	0.72	0.36
151	"	11.0-11.45	22.20	27.9	9.9					100	90	CL	3 - 2 - 3	0.49	0.25
152	"	12.0-12.45	20.8	29.3	10.8					100	93	CL	3 - 3 - 4	0.72	0.36
153	"	13.0-13.45	22.70	40.8	19.1					100	94	CL	6 - 13 - 13	2.58	1.29
154	"	14.0-14.45	18.3	40.7	19.2					100	94	CL	14 - 14 - 15	2.72	1.36
155	"	15.0-15.45	20.10	25.1	8.6				100	99	63	CL	6 - 9 - 13	2.38	1.19

(a) kg/cm<sup>2</sup>

# REGISTRO DE ESTUDIO

Proyecto DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA      Ubicación SAN BORJA TRINIDAD      Fecha SEPTIEMBRE 1986

MUESTRA No.	PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD mts.	HUMEDAD NATURAL %	L.L. %	L.P. %	GRANULOMETRIA					CLASIFIC.	ENSAYE DE PENETRACION		CAPACIDAD DE SOPORTE	
						1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10		No. 40	No. 200	NUMERO DE GOLPES	REAL (*)
169	R. Matos	1.5-2.1	20.00	23.5	6.5				100	100	99	ML-CL	5 - 7 - 6 - 6	0.97	0.49
170	R. Matos	3.0-3.60	19.60	19.1	4.1				100	99	63	ML-CL	10- 12- 15- 13	1.89	0.95
171	R. Matos	4.5-5.10	22.50	34.2	13.6				100	99	91	CL	8 - 10- 12- 13	2.38	1.19
172	R. Matos	6.0-6.60	23.70	34.7	15.1				100	100	95	CL	7 - 7 - 9 - 9	1.95	0.98
173	R. Matos	7.5-8.10	27.50	42.8	17.4				100	100	96	CL	11- 11- 13- 17	2.49	1.25
174	R. Matos	9.1-9.70	25.20	39.6	19.7				100	100	97	CL	11- 15- 16- 21	2.81	1.41
175	R. Matos	10.7-11.3	20.00	19.5	--				100	37		SM	28- 34- 31- 40	2.78	1.39
176	R. Matos	12.3-12.9	19.70	17.9	--				100	99	42	SM	21- 31- 28- 34	2.68	1.34
177	R. Matos	13.9-14.5	23.00	19.2	--				100	100	13	SM	23- 31- 39- 52	2.86	1.43
178	R. Matos	15.6-16.2	16.50	16.0	--				100	100	22	SM	18- 27- 32- 45	2.68	1.34

(\*) Kg/cm<sup>2</sup>



# REGISTRO DE ESTUDIO

Proyecto DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA      Ubicación SAN BORJA TRINIDAD      Fecha SEPTIEMBRE 1986

MUESTRA No.	PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD mts.	HUMEDAD NATURAL %	L.L. %	L.P. %	GRAMULOMETRIA						CLASIFIC.	ENSAYE DE PENETRACION		CAPACIDAD DE SOPORTE	
						1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40		No. 200	NUMERO DE SOLPES	REAL (n)	CORRESPOND.
179	R. Curiravita	1.5-2.1	25.1	20.2	8.6				100	100	42	SM-SC	3 - 3 - 3 - 4	0.44	0.22	
180	"	3.2-3.8	18.1	13.5	--				100	99	10	ML	5 - 3 - 12 - 13	0.80	0.40	
181	"	4.8-5.4	15.1	13.3	--			100	100	95	16	SM	8 - 2 - 2 - 1	0.14	0.07	
182	"	6.3-6.9	21.5	24.8	9.5				100	100	81	CL	7 - 5 - 6 - 9	1.18	0.59	
183	"	7.8-8.4	19.5	29.1	12.6				100	99	79	CL	10 - 11 - 17 - 21	2.67	1.34	
184	"	9.1-9.7	21.0	20.6	3.8				100	98	60	ML-CL	13 - 8 - 10 - 20	1.54	0.77	
185	"	10.7-11.3	21.0	18.9	--				100	99	55	ML	8 - 10 - 9 - 18	1.01	0.51	
186	"	12.7-13.3	17.4	13.8	--				100	99	22	SM	6 - 10 - 14 - 17	1.83	0.92	
187	"	14.3-15.9	17.2	13.8	--				100	95	13	SM	16 - 25 - 31 - 35	2.62	1.31	
188	"	16.5-17.1	15.6	13.3	--				100	97	20	SM	18 - 23 - 34 - 41	2.64	1.32	

(n) Kg/cm<sup>2</sup>

# REGISTRO DE ESTUDIO

Proyecto DE MEJORAMIENTO DE CARRETERA

Ubicación SAN BORJA TRINIDAD

Fecha SEPTIEMBRE 1986

MUESTRA No.	PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD mts.	HUMEDAD NATURAL %	L.L. %	L.P. %	GRAMULOMETRIA				CLASIFIC.	ENSAYE DE PENETRACION NUMERO DE BOLPES	CAPACIDAD DE SOPORTE		
						1"	3/4"	5/8"	No. 4			HAJO	No. 40	No. 200
156	R. Curirava	1.0-1.45	23.20	26.7	12.9								0.72	0.36
157	"	2.0-2.45	19.20	34.4	18.0								0.60	0.30
158	"	3.0-3.45	25.50	37.5	20.3								1.18	0.59
159	"	4.0-4.45	18.20	18.0	--				100				0.35	0.18
160	"	5.0-5.45	20.00	19.4	5.1				100				0.49	0.25
160a	"	6.0-6.45											0.65	0.33
161	"	7.0-7.45	16.00	17.4	--				100				1.65	0.83
162	"	8.0-8.45	23.50	18.4	3.5				100				1.29	0.65
163	"	9.0-9.45	16.90	17.5	--				100				1.80	0.90
163b	"	10.0-10.45											1.29	0.65
164	"	11.0-11.45	22.20	27.3	12.8				100				1.95	0.98
165	"	12.0-12.45	15.4	16.5	--				100				1.12	0.56
166	"	13.0-13.45	20.0	19.4	4.7				100				2.31	1.16
167	"	14.0-14.45	20.7	19.7	6.7				100				1.82	0.91
168	"	15.0-15.45	20.2	20.8	6.7				100				1.89	0.95























































#### 4-3 RESULTADO DE INVESTIGACION (FASE II)

##### CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS

Hasta los 20 m. de profundidad la sucesion geologica de los suelos se resume unicamente a depositos aluviales formados durante el Periodo del Cuaternario o el Reciente. Constituyen en su totalidad, estratos de materiales finos compuestos por arcillas y limos, y gruesos (o granulares) compuestos por arenas.

La secuencia sedimentaria de estos depositos puede ser observada en las Figuras 4-14, 4-15 y 4-16. Debe notarse que la mayoria de estos estratos *no poseen continuidad, por lo que no es posible efectuar una correlacion estratigrafica de sondeo a sondeo, con excepcion talvez del estrato de limo, que aumenta en espesor en direccion a Trinidad, y de la arena gris encontrada en las profundidades mayores.*

Los suelos encontrados poseen una coloracion que varia entre marron y rojiza en los estratos superficiales pasando a gris a profundidades mayores.

La capa superficial de suelo contiene material organico compuesto principalmente por raices y se extiende a algunos centimetros de la superficie. Sin embargo, como puede apreciarse en la Figura 4-15, correspondiente a la estratigrafia del Sondeo No. 2, se han encontrado indicios de remanentes organicos hasta la profundidad de aproximadamente 7 m.

Los suelos no-cohesivos estan por lo general formados por arenas muy finas y uniformes, mezcladas con arcillas y/o limos en proporciones variadas. Su coloracion varia entre amarilla y marron cerca en las capas mas superficiales y gris a profundidades mayores. Las pruebas de Penetracion Standard indican que su densidad tiende a aumentar con la profundidad, aunque esta observacion no se cumple en el Sondeo No. 2 donde mas bien se han obtenido valores variables en los ensayos SPT. Las arenas pertenecen a la categoria SM de la Clasificacion Unificada de Suelos. Su densidad podria catalogarse entre medianamente densa y muy densa y como características generales se pueden citar su semi-impermeabilidad, capacidad de apoyo adecuada y compresibilidad baja.

Los suelos cohesivos, formados por arcillas y limos, por lo general contienen un alto porcentaje de arena fina. Tienen una consistencia que oscila entre medianamente dura y dura, dependiendo de su porcentaje de humedad y de su Índice de Plasticidad.

Los suelos cohesivos de baja plasticidad pertenecen a las categorías CL y ML y poseen propiedades mas o menos constantes. En algunos casos se observa un endurecimiento del suelo a medida que la profundidad aumenta. En otros, este endurecimiento pareciera disminuir. Esto podria en parte atribuirse a las inevitables perturbaciones sufridas por el suelo durante el manipuleo de las barras de perforacion, especialmente al extraer las muestras a la superficie. Los ensayos SPT dan una indicacion mas "precisa" donde se presentan estos cambios de consistencia.

En el caso del Sondeo No. 1 se ha detectado una capa superficial de arcilla plastica (CH) dura, cercana a la superficie del terreno, la misma que posee un Limite Liquido de 51% y un Índice de Plasticidad del 22%. Siendo su porcentaje de humedad natural muy bajo en relacion a su Limite Liquido podria ser una indicacion de que la sensibilidad de estos materiales es muy baja y presumiblemente no mayor a 2. Esta arcilla presenta un cierto grado de sobre-consolidacion debido a la desecacion que ha sufrido, hecho que se comprueba a travez de su Índice de Liquidez el cual esta muy proximo a cero.

El peso especifico de los suelos granulares es de 2.68 y el de los suelos cohesivos de 2.69. Estos valores constituyen un promedio de diferentes pruebas efectuadas considerando muestras de los tres sondeos realizados.

## CONCLUSIONES

- 1) Se han realizado tres perforaciones de 20 m. de profundidad para ejecutar ensayos de penetracion standard y extraer muestras alteradas de suelos.
- 2) Las condiciones geologicas de la zona indican que todos los suelos encontrados estan compuestos por estratos de arcillas, limos y arenas finas, generalmente en combinacion unos con otros.
- 3) Con excepcion del limo arenoso superficial y la arena gris profunda, no parece existir una linea bien definida entre los estratos intermedios.
- 4) En general, los suelos poseen caracteristicas adecuadas en lo que se refiere a su resistencia y cambios de volumen. Esta observacion sin embargo, debe tomarse con cuidado, especialmente en el caso de materiales que contienen limos y arenas finas en combinacion. Dependiendo de las obras a realizarse, estos suelos pueden presentar dificultades en lo que se refiere a excavaciones a cielo abierto, o en la construccion de pilotes vaciados in-situ sin la debida proteccion de los lados de la perforacion.



Registros de Investigacion

Del Subsuelo (Phase II)





PROYECTO Carretera TOD - San Borja  
(Puente, San Juan Prog. 0+685.4)

Perforación No. 4 Hoja No. 1 de 1  
Método Rotativo/Parcuslan Inicio 6/10/87  
Diámetro 2" Encamisamiento No Conclusión 8/10/87  
No. Proyecto E-149

Muestra (#)	Nivel freático	Profundidad, mts.	Descripción	# Golpes 0.10 m.	Penetración Standard SPT (N)					Símbolo	Clasificación	G	H.N. %P				IP	Cc	Parámetros de Resistencia al cizallamiento		
					10	20	30	40	50				LP	LL	PL	%P			Cu	C	$\phi$
			Elev. 151.83 m.																		
D(2)		1	Arcilla limosa - marrón med. arenosa - dura	11, 10, 9																	
D(4)		2	Arcilla limosa - marrón - med. dura - con arena fino	2, 3, 3																	
D(5)		3	Limo arenoso - marrón claro - med. dura	3, 4, 4																	
		4		6, 6, 5																	
		5		4, 4, 6																	
D(6)		6	- arena limosa muy fina - grisacea	3, 6, 5																	
D(7)		7	- grta	7, 6, 6																	
		8		7, 7, 8																	
		9		16, 14, 15																	
		10		14, 14, 17																	
		11		10, 11, 12																	
D(8)		12	Arena limosa fina - grta - denso	9, 10, 13																	
D(9)		13	- med. fina	34, 36, 27																	
D(10)		14		9, 7, 8																	
D(11)		15		11, 11, 9																	
D(12)		16		17, 11, 12																	
D(13)		17																			
D(14)		18																			
D(15)		19																			
D(16)		20																			
D(17)		21																			
D(18)		22																			
D(19)		23																			
D(20)		24																			
D(21)		25																			

Observaciones:

Símbolos

- |                            |                |   |
|----------------------------|----------------|---|
| D(A) Muestra alterada      | Cc             | Índice de compresibilidad                                       |
| U(A) Muestra inalterada    | m <sub>v</sub> | Coef. de compresibilidad de volumen (cm <sup>3</sup> /kg)       |
| X(A) Muestra no recuperada | Cu             | Resistencia al cizallamiento en estado no-drenado               |
| W Muestra de agua          | C', $\phi$     | Parámetros de resistencia al cizallamiento en el estado drenado |
| -Y- Nivel freático         | a, b, c        | Observaciones   |
| N Número de golpes         |                |   |
| G Peso específico          |                |   |
| H.N. Humedad Natural       |                |   |
| L.L. Límite líquido        |                |   |
| L.P. Límite plástico       |                |   |
| I.P. Índice de plasticidad |                |   |
| %P Porcentaje que pasa     |                |   |

Fig.  
4 - 14

Muestra (#)	Nivel Freático	Profundidad, mts	Descripción	Penetración Standard SPT (N)	Símbolo	Clasificación	H.N.				C <sub>c</sub>	IP	Parámetros de Resistencia al Cortamiento			
							LP	LL	%P	%P			Cu	C	φ	
			Elev. 151.49 m.	# Golpes 0.10 m.												
D(1)			Arcilla limosa - marrón - con mol. orgánico	8, 8, 8		CL										
O(2)		1	Arcilla limosa - marrón clara - med. dura	4, 8, 6		CL										
O(3)		2	- con partículas de color gris	4, 5, 6		CL										
O(4)		3	- con arena fina	3, 8, 8		ML										
O(5)		4	Limo arcilloso - rojo - med. duro	4, 8, 8		ML										
O(6)		5	- con arcillas de color gris - con mol. orgánico	9, 9, 9		ML										
O(7)		6	- gris - dura	7, 9, 10		ML										
O(8)		7	- con arena fina	13, 11, 11		ML										
O(9)		8	Arcilla limosa - gris - med. dura	4, 4, 4		CL										
O(10)		9	- gris - dura	3, 3, 3		ML										
O(11)		10	Limo arcilloso - gris - med. duro	3, 4, 4		ML										
O(12)		11	- con arena fina	9, 11, 14		ML										
O(13)		12	Arena limosa fina - gris - densa	6, 6, 7		SM										
O(14)		13	- med. densa	3, 5, 5		SM										
O(15)		14		10, 11, 12												
O(16)		15		9, 11, 11												
O(17)		16														
O(18)		17														
O(19)		18														
O(20)		19														
O(21)		20														
O(22)		21														
O(23)		22														
O(24)		23														
O(25)		24														
O(26)		25														

Observaciones:

Símbolos

- D(#): Muestra alterada
- U(#): Muestra inalterada
- X(#): Muestra no-recuperada
- W: Muestra de agua
- W: Nivel freático
- N: Número de golpes
- G: Peso específico
- H.N.: Humedad Natural
- L.L.: Límite líquido
- L.P.: Límite plástico
- I.P.: Índice de plasticidad
- %P: Porcentaje que pasa
- C<sub>c</sub>: Índice de compresibilidad
- m<sub>v</sub>: Coef. de compresibilidad de volumen (cm<sup>3</sup>/kg)
- C<sub>u</sub>: Resistencia al cortamiento en estado no-drenado
- C, φ: Parámetros de resistencia al cortamiento en el estado drenado
- a, b, c: Observaciones

PROYECTO Carrizal TDD - San Barja  
(Puente Pto. Almacén Prog. 5+991.4)

Perforación No. 3 Hoja No. 1 de 1  
Método Rotativo / Percusión Inicio 10/10/87  
Diámetro 2" Encamisamiento No Conclusión 11/10/87  
No. Proyecto E-149

Muestra (#)	Nivel Freático	Profundidad, mts.	Descripción	Penetración Standard SPT (N)	Simbología	Clasificación	G	HN	%P $\leq 200$	%P $\leq 40$	%P $\leq 60$	%P $\leq 80$	IP	Cc	Parámetros de Resistencia al Cizallamiento		
			Elev. 152.75 m.	# Golpes 0.10m.											$C_u$	$C_c$	$\sigma'$
															$m_v$	$K_g$	$\sigma'$
D(1)			Arcilla limosa - con molero orgánico			CL	2.70						21.9				
D(2)		1	Arcilla arenosa - macron clara - dura - con arena fina	7, 9, 10		SM											
D(3)			Arcilla limosa - macron clara - fina - med. densa	4, 7, 5		SM											
D(4)		2	Arcilla limosa - macron clara - fina - med. densa	4, 4, 5		SM											
D(5)		3	Limo arcilloso - macron clara - med. dura - con arena fina	4, 5, 4		ML	2.69										
D(6)		4		6, 6, 7		ML											
D(7)		5		20, 22, 26		SM											
D(8)		6	Arcilla limosa - macron clara - muy densa - con nucleos de arcilla gris	13, 14, 13		SM	2.70										
D(9)		7	Arcilla limosa - macron - dura	13, 13, 14		CL-ML							7.5				
D(10)		8	Arcilla limosa - macron - dura	11, 11, 12		CL							5.5				
D(11)		9	Arcilla limosa - macron - dura	7, 7, 6		CL	2.71						14.9				
D(12)		10		8, 9, 8		SM											
D(13)		11		3, 2, 2		SM											
D(14)		12	Arcilla limosa - gris - med. densa	13, 13, 14		SM											
D(15)		13	Arcilla limosa - gris - med. densa - con estratos de color marrón	13, 13, 14		SM	2.68										
D(16)		14	Arcilla limosa - gris - med. densa	13, 13, 14		SM	2.70										
D(17)		15	Arcilla limosa - gris - med. densa	18, 21, 22		SM											
D(18)		16		20, 22, 24		SM											
D(19)		17															
D(20)		18															
D(21)		19															
D(22)		20															
D(23)		21															
D(24)		22															
D(25)		23															
D(26)		24															
D(27)		25															

Observaciones:

Observaciones:

Simbología

- D(A) Muestra alterado
- U(A) Muestra inalterado
- X(A) Muestra no-recuperada
- W Muestra de agua
- W Nivel freático
- N Número de golpes
- G Peso específico
- H.N. Humedad Natural
- L.L. Límite líquido
- L.P. Límite plástico
- I.P. Índice de plasticidad
- %P Porcentaje que pasa
- C<sub>c</sub> Índice de compresibilidad
- m<sub>v</sub> Coef. de compesibilidad de volumen (cm<sup>3</sup>/kg)
- C<sub>u</sub> Resistencia al cizallamiento en estado no-drenado
- C<sub>c</sub>' Parámetros de resistencia al cizallamiento en el estado drenado
- a,b,c Observaciones

Fig. 4-16



Cuadros Resumen de  
Ensayos (Phase II)



PESO ESPECIFICO DE SUELOS (ASTM D 854-58)

SONDEO No. 1

HUESTRA #	D(4)	D(5)	D(7)	D(10)	D(14)	D(16)
Peso muestra seca, g	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Peso picnometro con agua, g	349.40	351.19	351.14	355.60	349.45	355.65
Peso picnometro con agua + muestra, g	412.50	414.01	413.90	418.03	412.07	418.05
Temperatura, g	21°	20°	21°	21°	20°	20°
Peso especifico	2.71	2.69	2.69	2.66	2.68	2.66

SONDEO No. 2

HUESTRA #	D(6)	D(10)	D(14)	D(18)	D(21)	D(27)
Peso muestra seca, g	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Peso picnometro con agua, g	351.14	350.32	353.25	350.89	352.21	352.30
Peso picnometro con agua + muestra, g	413.97	412.73	416.08	413.58	415.17	415.12
Temperatura, g	21°	20°	20°	21°	20°	20°
Peso especifico	2.69	2.66	2.69	2.68	2.70	2.69

SONDEO No. 3

HUESTRA #	D(3)	D(6)	D(9)	D(15)	D(18)	D(21)
Peso muestra seca, g	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Peso picnometro con agua, g	351.83	349.30	352.21	355.60	354.15	353.75
Peso picnometro con agua + muestra, g	414.79	412.12	415.17	418.64	416.84	416.71
Temperatura, g	20°	22°	21°	21°	20°	21°
Peso especifico	2.70	2.69	2.70	2.71	2.68	2.70

SONDEO No. 1

MUESTRA #	Límites Atterberg				Granulometrias	
	LL	LP	IP	HN	#200	#40
D(2)	51.0	28.9	22.1	28.6		
D(4)	25.5	20.3	5.2	23.7		
D(5)				25.0	58.8	100
D(6)				20.0	67.8	100
D(7)				21.3	59.9	100
D(8)					18.6	100
D(11)					23.4	100
D(16)					13.9	100
D(18)					9.8	100



BONDED No. 2

MUESTRA #	Límites Atterberg				Granulometrias	
	LL	LP	IP	HN	#200	#40
D(2)	33.3	22.6	10.7	20.5		
D(4)	40.6	23.8	16.8	31.6		
D(7)	28.4	20.4	8.0	26.5	62.4	100
D(8)				22.1	75.2	100
D(9)	21.2	17.2	4.0	21.6		
D(12)	44.9	27.7	17.2	26.8		
D(15)	35.6	21.3	14.3	20.0	97.5	100
D(16)	18.6	--	NP	19.2	60.0	100
D(17)	32.4	22.8	9.6	26.6	97.9	100
D(19)	29.7	21.1	8.6	20.7	93.2	100
D(22)	35.7	23.9	11.8	26.9		
D(23)					75.0	100
D(26)					44.8	100
D(31)					16.8	100

SONDEO No. 3

MUESTRA #	Límites Atterberg				Granulometrias	
	LL	LP	IF	HN	#200	#40
D(2)	42.0	20.1	21.9	13.3		
D(3)	22.7	--	NP	15.1	53.0	100
D(4)					35.7	100
D(5)					70.6	100
D(6)	22.7	--	NP	20.3	75.4	100
D(9)					30.9	100
D(10)	26.2	18.7	7.5	20.4	81.2	100
D(12)	22.6	17.1	5.5	20.0	75.2	100
D(13)					65.1	98.3
D(15)	35.5	20.6	14.9	23.3		
D(16)	37.8	21.8	16.0	27.9	97.4	99.1
D(17)					19.5	100
D(20)					15.4	100
D(23)					24.4	100

## APENDICES



## CAPA PORTANTE Y FORMA

### DE FUDACION

#### CAPA PORTANTE (APOYO)

La capa portante será elegida aplicando las Normas de "Manual de Puentes Carreteros; Diseño de Infraestructuras" de la Asociación de Ingeniería Civil del Japón, por el cual, se establece a la capa portante a aquellas que en resumidas cuentas tengan el valor N (SPT) de más de 30, en las capas arenosas y arena-gravosas, y Valor N (SPT) de más de 20 en las capas arcillosas.

#### FORMA DE FUNDACION

La forma de fundación deberá ser seleccionada, tomando en cuenta la reacción de superestructura, fuerza horizontal, condiciones de suelos y ejecución de la obra.

En el tramo carretero objeto del presente Estudio, se estableció los siguientes aspectos para la fundación de puentes.

- 1) El relleno de la carretera es relativamente alto, por lo cual, la fuerza horizontal que acciona hacia los estribos es grande.
- 2) La condición de suelo varía de acuerdo a la ubicación de puentes, sin embargo, generalmente no existe la capa portante, indicada en el inciso anterior, cerca de la capa superficial.
- 3) En el tramo del presente Estudio existen, aunque sea parcialmente, suelos expansivos, por los que se considera no deseable la colocación de pilotes vaciados con previa perforación, como ser; pilotes vaciados en sitio.
- 4) Parcialmente se realizó la obra de construcción de los puentes en los Ríos Maniquí y matos, en los cuales se ha realizado el hincado de los pilotes prefabricados de hormigón armado.

Por consiguiente, en el presente Estudio se adoptó tipo de fundación mediante el sistema de hincado por percusión con pilotes de hormigón armado.

## CONSTANTES MECANICAS DE SUELO

A pesar de que se debería haber realizado la prueba de Compresión No Confirmada o Prueba de Compresión Triaxial del suelo, para conocer las constantes mecánicas del mismo (en especial, el ángulo de fricción interna;  $\phi$ , y cohesión; C), estas pruebas no han sido posibles debido a varias circunstancias.

Sin embargo, la relación entre estas constantes, suelos y los valores N ha sido investigado por muchos especialistas mundialmente famosos, por lo que, se estimó esta relación en base a bibliografía de ellos.

Por otra parte, para establecer la fricción superficial de pilotes, en la verificación de capacidad portante de los mismos, se adoptó la Tabla A-1 descrita en las Normas de "Manual de Puentes Carreteros; Diseño de Infraestructura " de la Asociación de Ingeniería Civil del Japón.

Además, la verificación de capacidad portante será realizada, aplicando la Fórmula Estática de Terzaghi.

Tabla Fuerza de Fricción Superficial (T/m<sup>2</sup>)

Método de Ejecución	Hincado por Percusión	Vaciado en Sitio	Tubulones
Tipo de Suelo			
Arenoso	0.2N ( $\leq 10$ )	0.5N ( $\leq 20$ )	0.1 ( $\leq 5$ )
Arcilloso	C o N ( $\leq 15$ )	C o N ( $\leq 15$ )	0.5C o 0.5N ( $\leq 10$ )

**Nota:** La confiabilidad es escasa en las capas con valores  $N \leq 2$ , por lo que, en estas capas no debe considerarse la resistencia por fricción superficial.

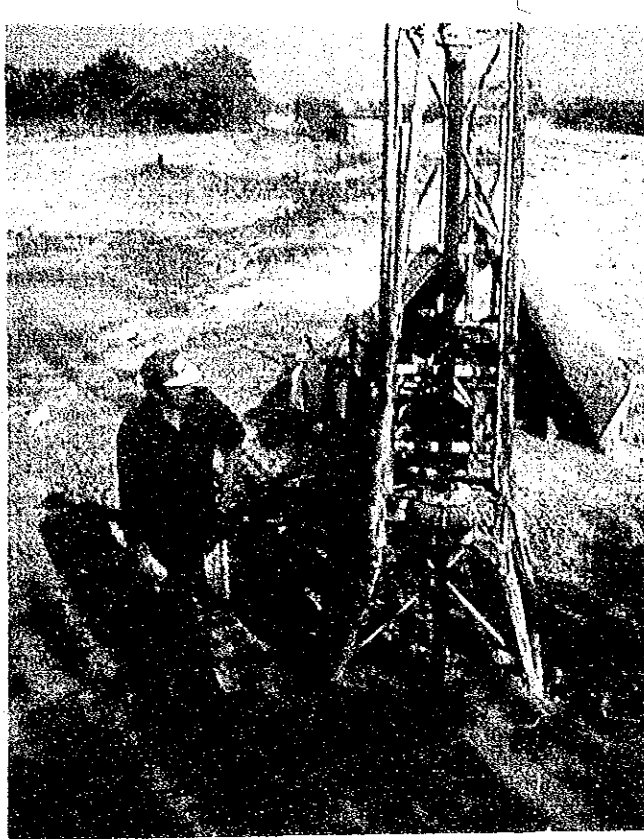
FOTO (FASE II)



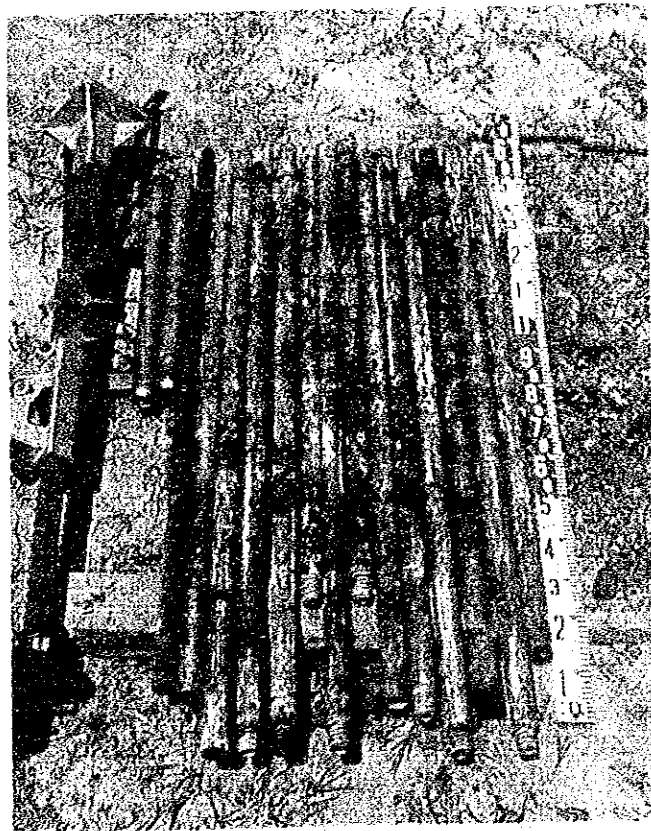


Sondeo No.1



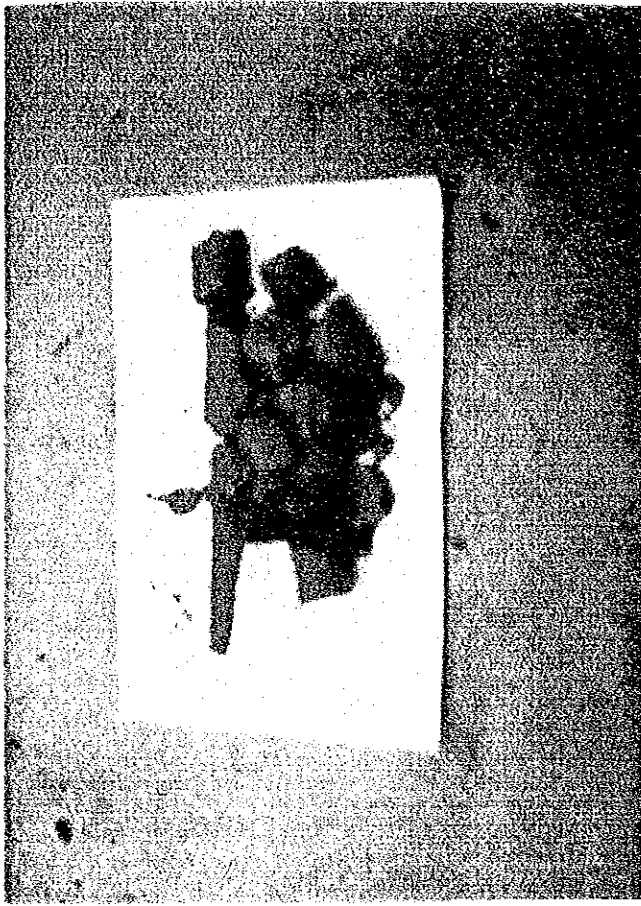


Sondeo 1, Ubicacion

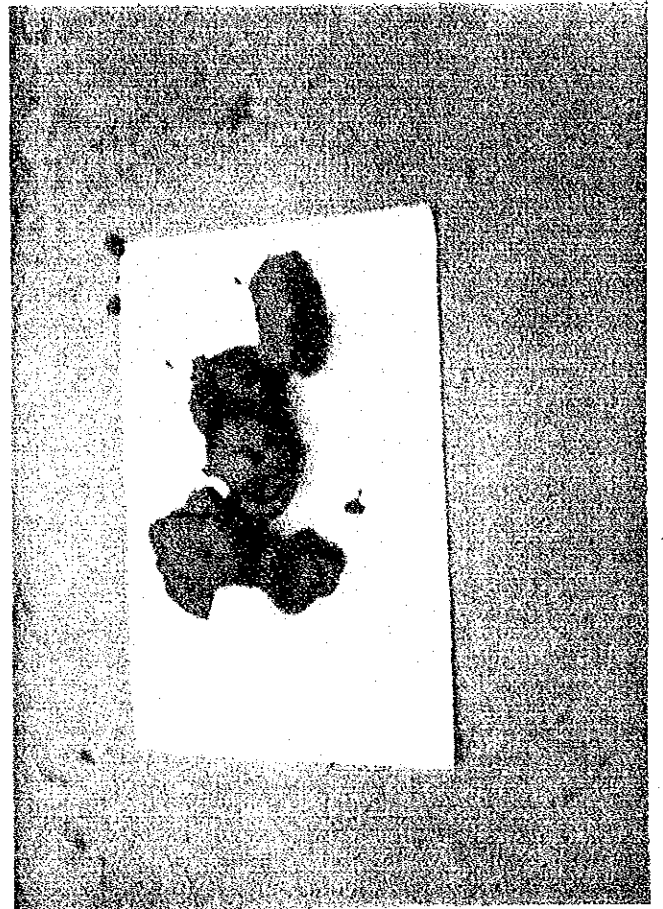


Sondeo 1, Medida Metrica

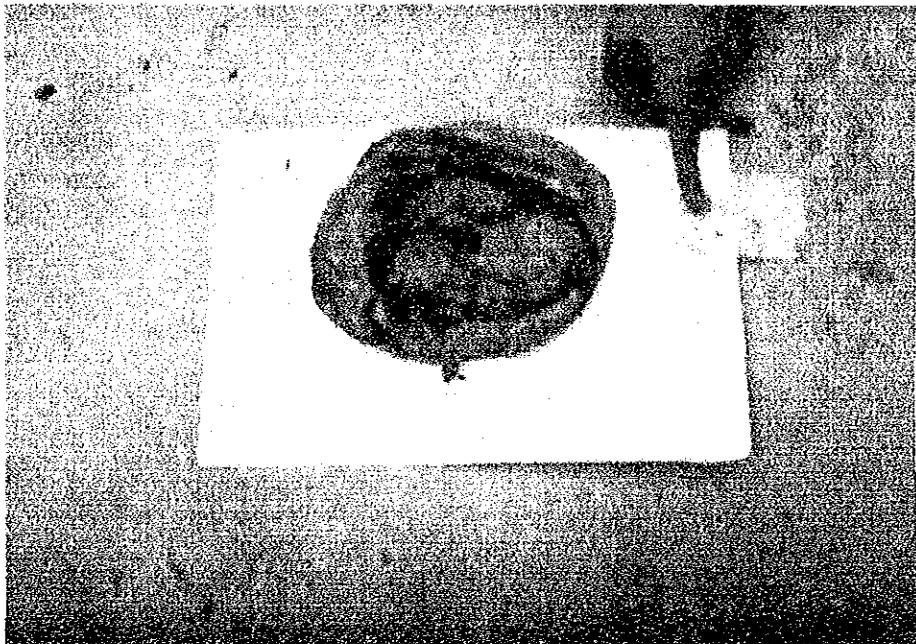




Sondeo 1, Muestra D(1)



Sondeo 1, Muestra D(2)

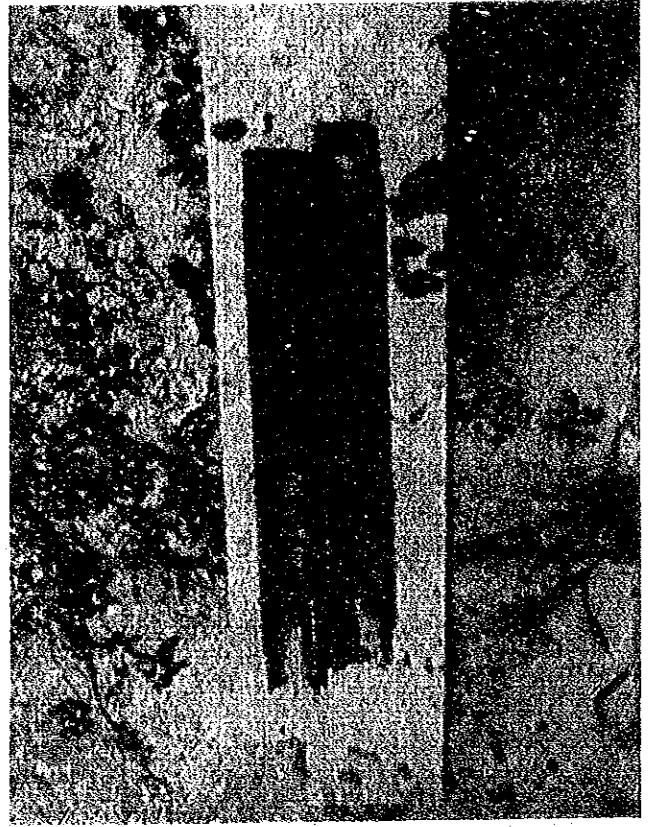


Sondeo 1, Muestra D(5)





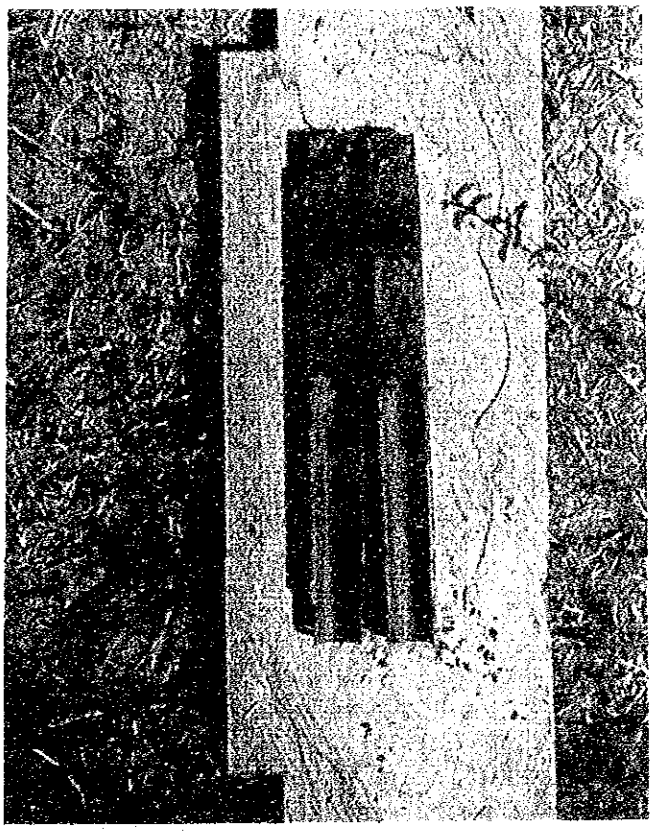
Sondeo 1, Muestra D(7)



Sondeo 1, Muestra D(7)



Sondeo 1, Muestra D(13)



Sondeo 1, Muestra D(13)

