

**ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LADERAS
JUAN VIÑAS, TURRIALBÁ, COSTA RICA**

**M. Sc. Rolando Mora Chinchilla
Sr. Edwin Garita Segura**

**Proyecto Geología Ambiental
Trabajo Comunal Universitario
Escuela Centroamericana de Geología
Universidad de Costa Rica**

DICIEMBRE, 1997

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LADERAS

JUAN VIÑAS, TURRIALBA

CARTAGO

M. Sc. Rolando Mora Ch

Sr. Edwin Garita Segura

Trabajo Comunal Universitario

Escuela Centroamericana de Geología

Universidad de Costa Rica

1. INTRODUCCION.

Este trabajo involucra el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que se encuentran en una ladera, localizada en las cercanías de la ciudad de Juan Viñas, en la margen derecha de la carretera que conduce a Turrialba (fig. 1). También se ha realizado el análisis de las condiciones de estabilidad de la ladera, ya que en su parte superior se ubican los tanques de abastecimiento de agua potable de la ciudad.

El sitio de estudio se ubica en las coordenadas (209000)N y (564400)E, según la proyección Lambert Costa Rica Norte (IGNCR, 1981).

Fig. 1 Localización del sitio de estudio



Geológicamente el sitio de estudio comprende depósitos piroclásticos del volcán Turrialba, así como sedimentos laháricos, arenosos y gravosos, depositados por flujos laminares de escorrentía (Fernández, 1987)

Se han ejecutado una medición de peso unitario, dos determinaciones de gravedad específica, dos determinaciones de los Límites de Atterberg, dos análisis granulométricos, dos ensayos de corte directo y dos mediciones de contenido de humedad. Con esta información se han calculado los parámetros físicos y mecánicos necesarios para realizar los estudios de estabilidad de la ladera, con la ayuda del paquete PC-SLOPE versión 6.1 (GSI, 1996).

Los ensayos de laboratorio se han ejecutado según las normas establecidas por la Asociación Americana de Ensayos y Materiales (ASTM, 1993) y la clasificación de los suelos se realizó con base en el la Institución Británica de Normas (BSI, 1975). Los resultados de los mismos se pueden consultar en el anexo.

2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.

Los resultados de las mediciones de propiedades físicas se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1: Propiedades físicas de los materiales. Talud, Juan Viñas.

Muestra	Peso unitario húmedo (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Peso unitario saturado (kN/m³)	Peso unitario de los sólidos (kN/m³)	Relación de vacíos	Porosidad (%)	Grado de saturación (%)
JV-2	15.10	10.32	16.29	26.38	1.56	60.9	80.0

Los límites de consistencia se pueden apreciar en el cuadro 2 y la figura 2.

Cuadro 2: Parámetros de los Límites de Atterberg, Talud, Juan Viñas.

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Clasificación BSI
JV/1	45.7	31.0	14.7	Limo de plasticidad intermedia (MI)
JV/2	40.4	26.0	14.4	Limo de plasticidad intermedia (MI)

De acuerdo a los análisis granulométricos realizados, las muestras se clasifican como un **limo arenoso (MI), de plasticidad intermedia** (fig. 3).

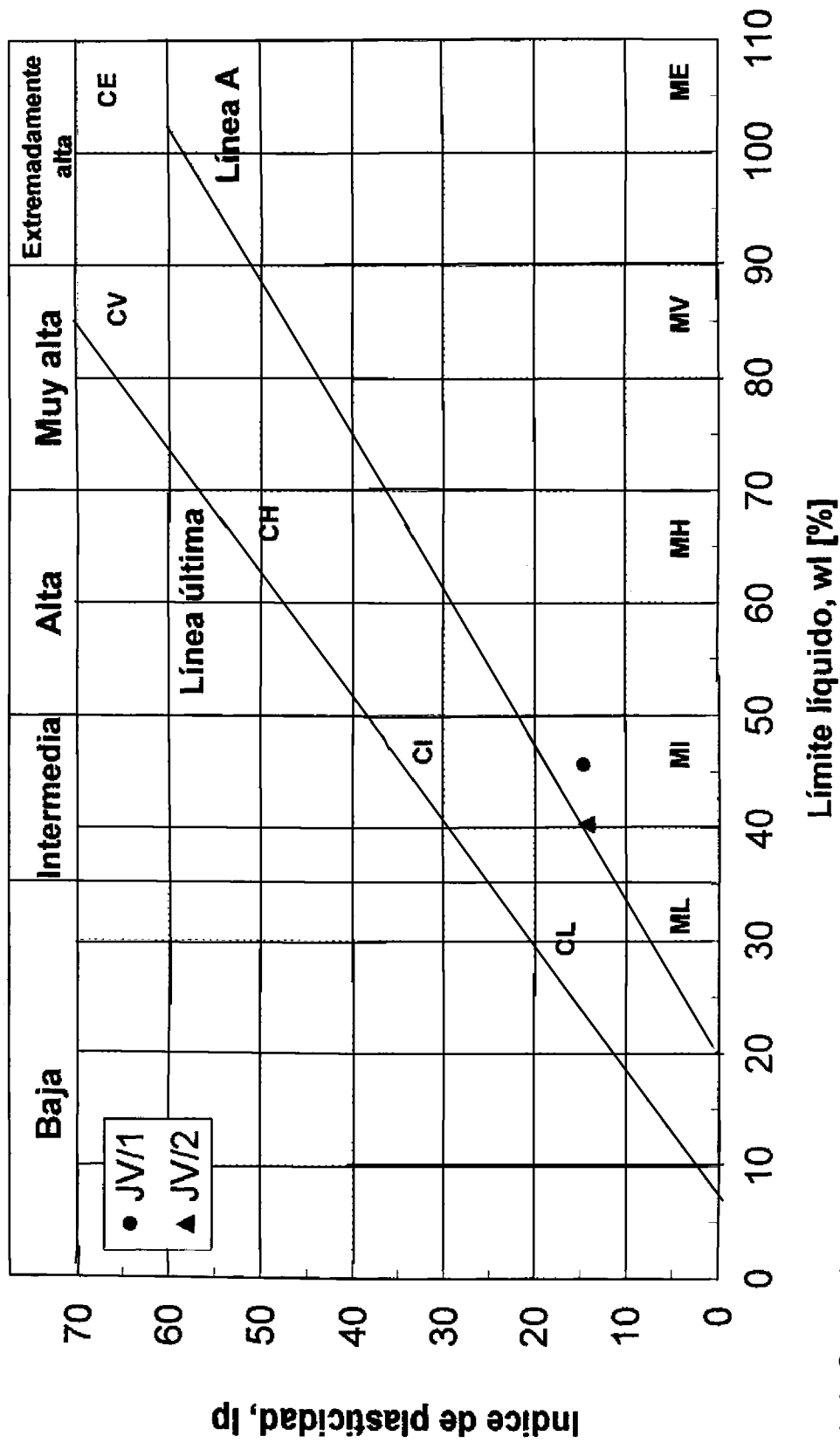
Los parámetros de resistencia al corte se pueden apreciar en el cuadro 3 y la figura 4.

Cuadro 3: Parámetros de resistencia al corte, Talud, Juan Viñas.

Muestra	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción interna (grados)
JV/1	14.58	28.9°
JV/2	0.00	36.0°

Aunque ambas muestras se clasificaron como el mismo tipo de suelo, la primera muestra presenta resistencia por fricción y cohesión, mientras que la segunda muestra se comporta como netamente friccionante.

Fig. 2 Gráfico de Plasticidad, según BSI
Juan Viñas-Turrialba, Cartago



**Fig. 3 Curvas Granulométricas,
Juan Viñas, Turrialba - Cartago**

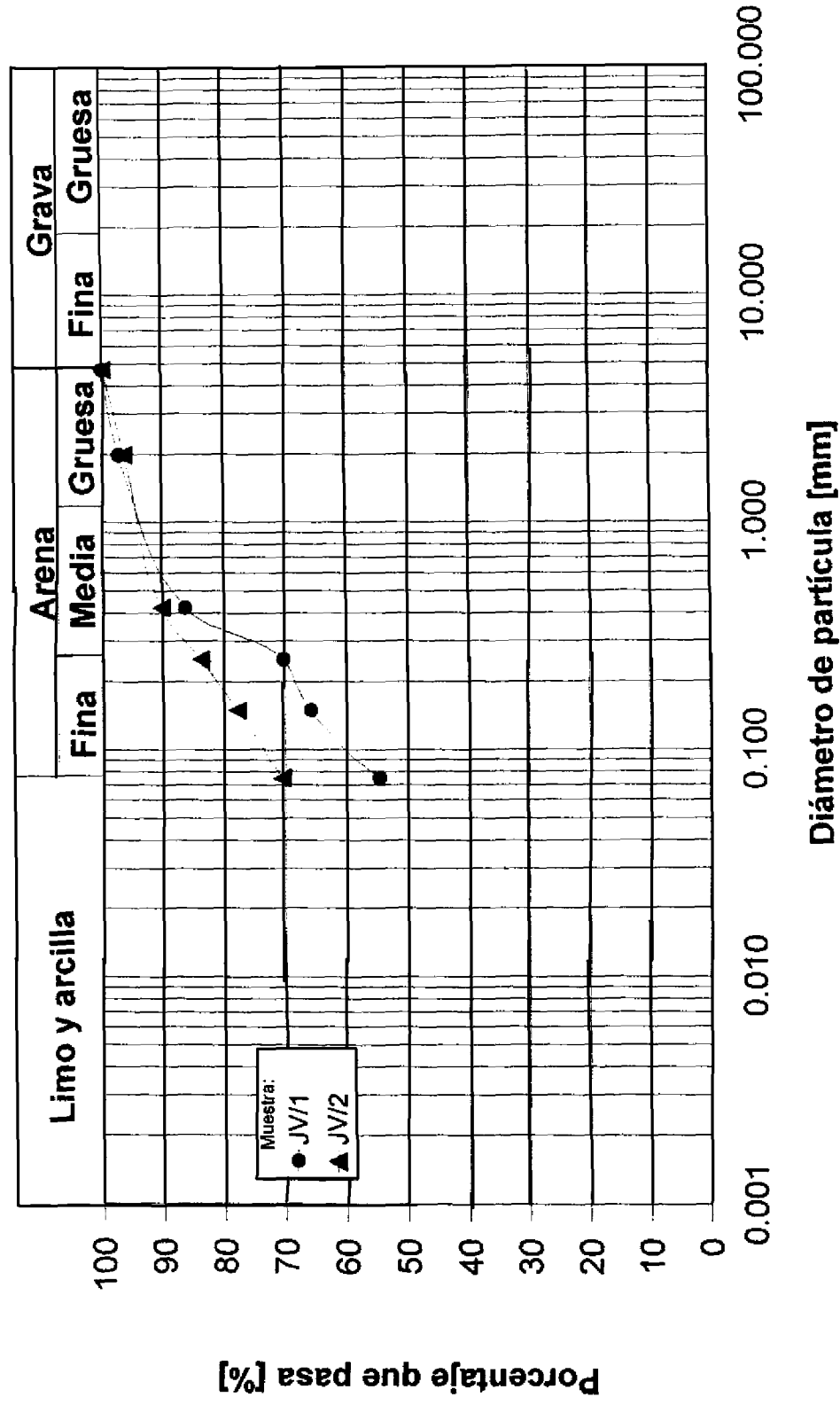
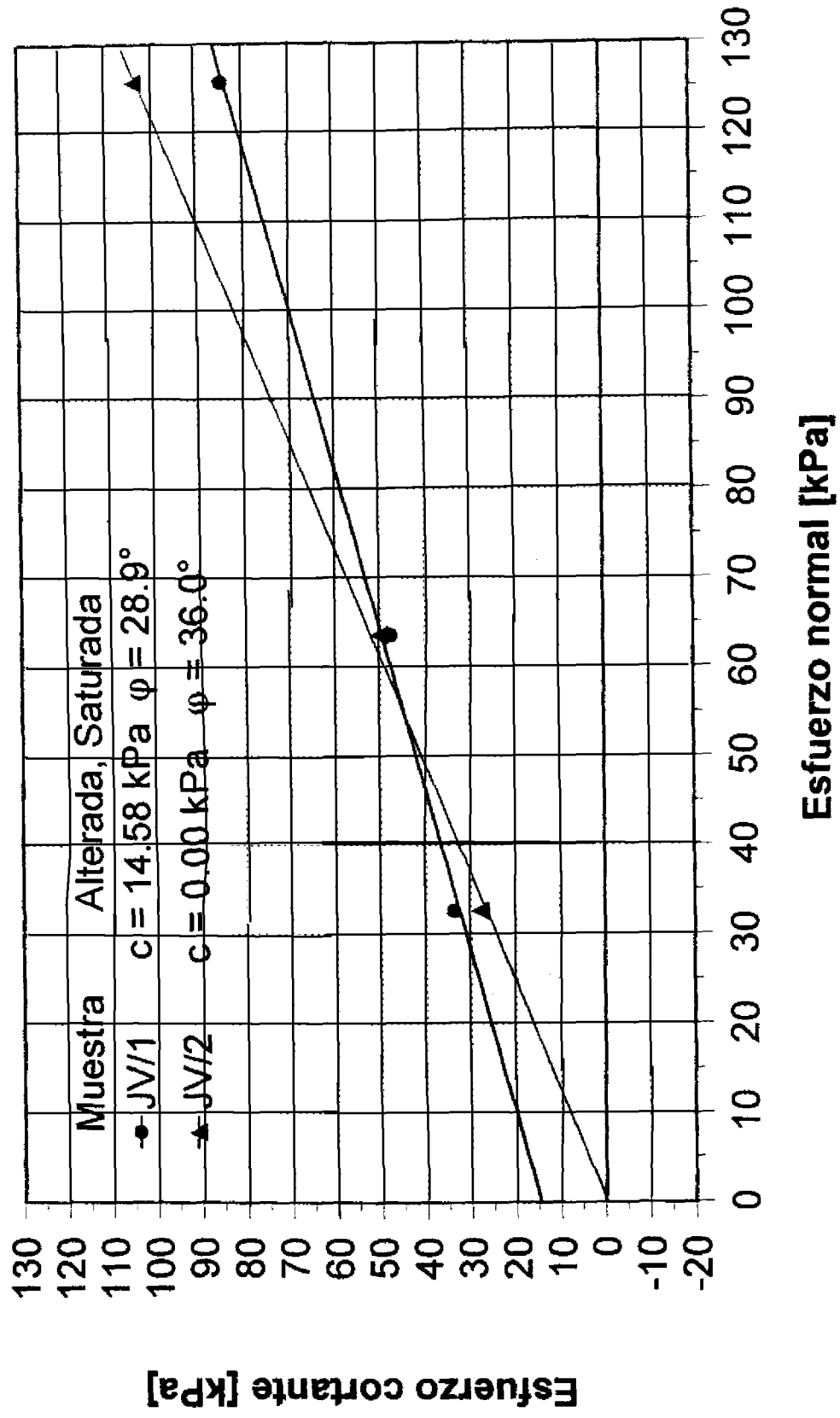


Fig. 4 Parámetros de Resistencia al Corte
 Juan Viñas, Turrialba - Cartago



3. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

La estabilidad de la ladera se ha estudiado utilizando los métodos siguientes: Ordinario de Fellenius, Modificado de Bishop y Simplificado de Jambu (GSI, 1996).

El primer análisis se realizó sin incluir la sollicitación dinámica por sismos, ni la sobrecarga producida por los tanques de abastecimiento de agua, los cuales se localizan en la parte trasera de la ladera.

Los resultados (cuadro 4) indican que la ladera es estable de acuerdo a su condición actual, considerando que un factor de seguridad de 1.4 es el recomendado en estos casos (GCO, 1981)

Cuadro 4: Estabilidad de la ladera existente. Juan Viñas, Turrialba, Cartago.

Método	Factor de seguridad
<i>Ordinario de Fellenius</i>	1.496
<i>Modificado de Bishop</i>	1.574
<i>Simplificado de Jambu</i>	1.480

En el segundo análisis se ha estudiado la estabilidad de la ladera considerando el efecto de un sismo que produzca una aceleración de 0.2 g, según recomendación verbal de expertos de la Red Sísmológica Nacional (RSN), en este caso tampoco se ha tomado en cuenta la sobrecarga producida por los tanques de abastecimiento de agua.

Los resultados (cuadro 5 y figura 5) indican que la ladera es inestable en caso de un sismo que produzca tal aceleración, o bien en caso de presentarse lluvias de intensidades muy altas (> 75 mm/h).

Cuadro 5: Estabilidad de la ladera existente. Juan Viñas, Turrialba, Cartago.

Método	Factor de seguridad
<i>Ordinario de Fellenius</i>	1.016
<i>Modificado de Bishop</i>	1.067
<i>Simplificado de Jambu</i>	1.006

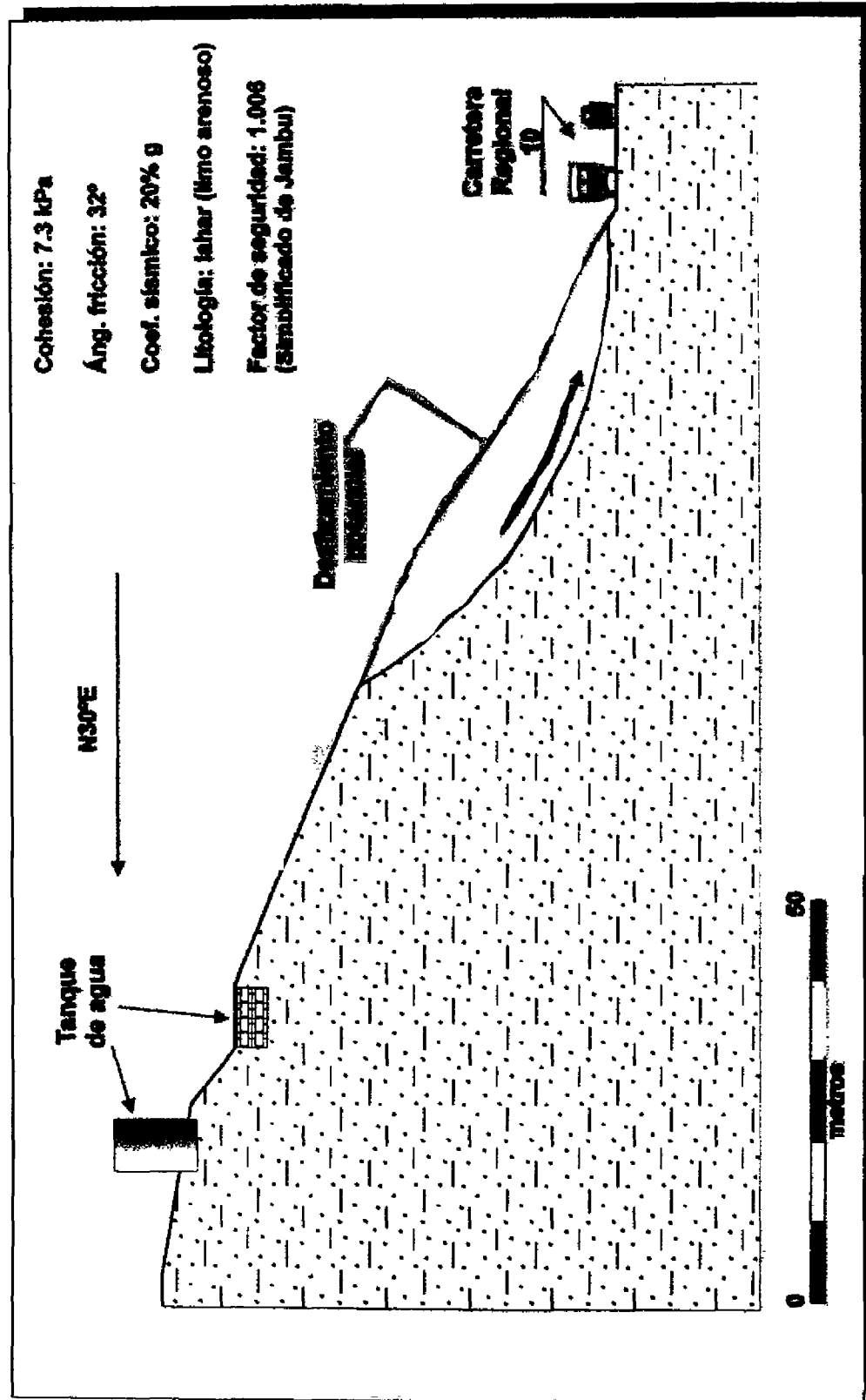
Con base en la figura 5, se determinó la longitud y profundidad máxima, mientras que en el estudio de campo, se midió el ancho máximo del deslizamiento potencial (cuadro 6). Lo anterior con el objetivo de establecer el volumen del deslizamiento, para lo cual se utilizó la siguiente expresión (Cruden, 1989):

$$V = 1/6 * \pi * Ld * Dd * Wd$$

Cuadro 6: Valores máximos de longitud, profundidad y ancho. Juan Viñas, Turrialba, Cartago.

Datos	
<i>Longitud máxima (Ld)</i>	37.22 m
<i>Ancho máximo (Dd)</i>	15 m
<i>Profundidad máxima (Wd)</i>	7.30 m

**Fig. 5 Análisis de estabilidad de laderas,
Juan Vías - Turrialba, Cartago**



Entonces, el volumen se ha calculado como:

$$V = 1/6 * \pi * 37.22 \text{ m} * 15 \text{ m} * 7.30 \text{ m}$$

$$V \approx 2135 \text{ m}^3$$

Con el volumen conocido del deslizamiento potencial, se puede calcular el número de vagonetas necesarias para remover el material. Si se toma en cuenta que una vagoneta promedio puede transportar un volumen de 15 m³, el total a utilizar sería de 142 vagonetas.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El sitio de estudio está compuesto por un suelo de origen volcánico y que se clasifica como un limo arenoso (MI) de plasticidad intermedia.

El factor de seguridad mínimo, con base en el método Simplificado de Jambu, sin sobrecarga y sin el efecto de un sismo, es de 1.480, lo cual significa que bajo estas condiciones la ladera es estable con la seguridad apropiada.

Por otro lado, considerando el efecto de un sismo que produzca una aceleración de 0.2 g, el factor de seguridad disminuye a 1.006, lo cual produciría un deslizamiento de proporciones considerables.

La ocurrencia del deslizamiento también puede darse por el efecto de lluvias de intensidad muy alta o la conjugación de un sismo con precipitaciones intensas.

El volumen del deslizamiento potencial es de 2135 m³, lo que equivale a 142 vagonetas de 15 m³ cada una.

El peso de los tanques de abastecimiento de agua actualmente no inducen problemas en la estabilidad de la ladera, pero si se produjese el deslizamiento, se formaría un escarpe pronunciado, el cual sería inestable también. Lo anterior conduciría al desarrollo de deslizamientos posteriores, con movimiento retrogresivo, generando daños a mediano y largo plazo, que podrían llegar a producir problemas en la estructura de los tanques.

Se recomienda la realización de obras y movimientos de tierras, con el objetivo de brindar la estabilidad necesaria en caso de presentarse circunstancias desfavorables. Se pueden mencionar los terraceos, refuerzos al pie de la ladera (muros de retención, gaviones), cunetas de drenaje perimetrales para aguas pluviales. Toda obra debe contar con la asesoría de expertos en geología e ingeniería civil.

5. BIBLIOGRAFIA.

ASTM, 1993 : Annual Book of ASTM Standars. Section 4, Construction, volume 04.08, Soil and Rock, Geosynthetics.

BRITISH STANDARS INSTITUTION, 1975: Methods of test for soils for civil engineering purposes, BS 1377, London, BSI.

CRUDEN, D M., 1989 The International Geotehcnical Societes UNESCO working party on world landslide inventory. Departament of Civil Engineering. University of Alberta. Edmonton, Alberta. Canada. pp.11

GCO, 1981. Geotechnical Manual for Slopes. Geotechnical Control Office, Engineering . Development Department, Hong Kong.

GSI, 1996 . PC-SLOPE, a slope stability program to calculate the factor of safety. Users manual GEO-SLOPE INTERNATIONAL LTD. Calgary, Alberta, Canada.

FERNANDEZ, J.A., 1987 . Geología de la Hoja Topográfica Tucurrique (1: 50 000, I.G.N.C R., nº 3445 I). Tesis de Licenciatura en Geología. Escuela Centroamericana de Geología. Universidad de Costa Rica. pp. 104

IGNCR, 1981: Hoja Topográfica Tucurrique. Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, 2 ed, escala 1: 50 000. Nº 3445 I.

ANEXO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-MECÁNICO (diseñó R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: T.C.U
Localización: Juan Viñas, Turrialba, Cartago
Descripción: ensayo vía húmeda

Perforación:
Muestra: JV/1
Profundidad:
Fecha: 25/08/97
Peso inic. [g]: 396 70

Realizado por: J. Alvarado & R. Mora

Tamiz No	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50 800		0.00	100.00
1 1/2"	38 100		0.00	100.00
1 1/4"	31.500		0.00	100.00
1"	25.400		0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	100.00
1/2"	12.700		0.00	100.00
3/8"	9.500		0.00	100.00
4	4.750		0.00	100.00
10	2.000	11.04	2.78	97.22
20	0.850		0.00	97.22
30	0.600		0.00	97.22
40	0.425	42.97	10.83	86.39
50	0.300		0.00	86.39
60	0.250	63.75	16.07	70.32
80	0.180		0.00	70.32
100	0.150	17.68	4.46	65.86
200	0.075	44.65	11.26	54.60
270	0.053		0.00	54.60
325	0.045		0.00	54.60
FONDO		216.61	54.60	
	total:	396 70	100.00	

Pérdida de material [g] : 0.00 D60 [mm]:
Pérdida de material [%] : 0.00 D30 [mm]:
D10 [mm]:

Porcentaje de grava: 0.00 Coef. de uniformidad, Cu : ERR
Porcentaje de arena gruesa: 2.78 Coef. de concavidad, Cc : ERR
Porcentaje de arena media: 10.83
Porcentaje de arena fina: 31.78 Límite líquido (wl%): 45.7
Porcentaje de finos: 54.60 Límite plástico (wp%): 31.0
Índice de plasticidad: 14.7

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos :

LIMO ARENOSO (MI), DE PLASTICIDAD INTERMEDIA

**LABORATORIO DE GEOTECNIA
 ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
 UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

<i>Muestra</i>	JV11	<i>Perfor</i>	
<i>Descripcion</i>		<i>Sitio</i>	Juan Viñas
<i>Tecnico</i>	J. Alvarado & R. Mora	<i>Prof</i>	
<i>Secado</i>	Aire	<i>Fecha</i>	25/08/97

LIMITE LIQUIDO [%]: 45.7

No. de lata	17	12	18	6	8
Peso del suelo húmedo + lata [g]	34.50	42.70	42.99	41.90	45.99
Peso del suelo seco + lata [g]	28.54	34.13	33.36	32.36	34.74
Peso de la lata [g]	13.46	14.67	13.11	13.50	13.66
Peso del suelo seco [g]	15.08	19.46	20.25	18.86	21.08
Peso del agua [g]	5.96	8.57	9.63	9.54	11.25
Contenido de Humedad %	39.5	44.0	47.6	50.6	53.4
Número de golpes	34	29	24	19	14

LIMITE PLASTICO [%] : 31.0

No. de lata	29	13	33
Peso del suelo húmedo + lata [g]	5.95	5.97	5.96
Peso del suelo seco + lata [g]	5.44	5.53	5.48
Peso de la lata [g]	3.88	4.08	3.87
Peso del suelo seco [g]	1.56	1.45	1.61
Peso del agua [g]	0.51	0.44	0.48
Contenido de humedad [g]	32.7	30.3	29.8

INDICE DE PLASTICIDAD [%] . 14.7
CLASIFICACION (BSI) : Limo de plasticidad intermedia (MI)

PRIMER ENSAYO DE CORTE DIRECTO -----

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, ESCUELA DE GEOLOGIA, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

<i>Proyecto:</i>	T C U	<i>Trabajo No.</i>	
<i>Localización:</i>	Juan Viñas, Turrialba, Cartago	<i>Trinchera:</i>	
<i>Descripción del suelo:</i>	Limo arenoso (Ml)	<i>Muestra No:</i>	JV/1
<i>Realizado por:</i>	J. Alvarado & R. Mora	<i>Prof. muestra:</i>	
		<i>Fecha:</i>	31/07/97

Dimensiones de la muestra

Lado [mm]:	50.80
Altura [mm]:	19.00
Area [cm ²]:	25.81
Volumen [cm ³]:	49.03

Peso específico de la muestra

Wr+Wm [g]:	235.36
Wr [g]:	153.87
Wm [g]:	81.49

Peso específico [kN/m³]

húmedo:	16.30
seco:	10.31

Carga normal

[kg]	8.42
------	------

Esfuerzo

normal [kPa]	32.6
--------------	------

Dinamómetro:	0.00032
--------------	---------

Contenido de humedad

Wh+Wl [g]:	80.59
Ws+Wl [g]:	55.93
Wl [g]:	13.44
Ww [g]:	24.66
Ws [g]:	42.49
w [%]:	58.04

Desplazamiento vertical [0.01 mm]	Lectura del deformímetro horizontal [0.001"]	Desplazamiento horizontal [%]	Lectura del deformímetro de carga [0.0001"]	Esfuerzo cortante [kPa]
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.095	10.0	0.5	23.0	12.4
-0.190	20.0	1.0	26.0	14.0
-0.350	40.0	2.0	30.5	16.4
-0.510	60.0	3.0	35.0	18.9
-0.610	75.0	3.8	38.0	20.5
-0.740	100.0	5.0	36.5	19.7
-0.830	125.0	6.3	47.0	25.3
-0.890	150.0	7.5	52.0	28.0
-0.950	175.0	8.8	57.0	30.7
-0.990	200.0	10.0	60.0	32.3
-0.995	250.0	12.5	63.0	33.9
-0.985	300.0	15.0	67.0	36.1
-0.960	350.0	17.5	68.0	36.6
-0.860	400.0	20.0	63.0	33.9
-0.820	450.0	22.5	60.0	32.3
-0.800	500.0	25.0	58.0	31.2

----- SEGUNDO ENSAYO DE CORTE DIRECTO -----

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, ESCUELA DE GEOLOGIA, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: T C U
Localización: Juan Viñas, Turrialba, Cartago

Trabajo No:
Trinchera:
Muestra No: JV/1

Descrip. del suelo: Limo arenoso (MI)
Realizado por: J. Alvarado & R. Mora

Prof. de la muestra:
Fecha: 31/07/97

Dimensiones de la muestra

Lado [mm]: 50.80
 Altura [mm]: 19.00
 Area [cm²]: 25.81
 Volumen [cm³]: 49.03

Peso específico de la muestra

Wr+Wm [g]: 251.76
 Wr [g]: 168.36
 Wm [g]: 83.40

Peso específico [kN/m³]

húmedo 16.68
 seco 10.67

Carga normal

[kg] 16.42

Contenido de humedad

Wh+Wl [g]: 73.47
 Ws+Wl [g]: 51.76
 Wl [g]: 13.24
 Ww [g]: 21.71
 Ws [g]: 38.52
 w [%]: 56.36

Esfuerzo

normal [kPa] 63.6

Dinamómetro: 0.00030

Desplazamiento vertical [0.01 mm]	Lectura del deformímetro horizontal [0.001"]	Desplazamiento horizontal [%]	Lectura del deformímetro de carga [0.0001"]	Esfuerzo cortante [kPa]
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.070	10.0	0.5	33.0	19.0
-0.145	20.0	1.0	40.0	23.0
-0.330	40.0	2.0	51.0	29.3
-0.420	60.0	3.0	60.0	34.5
-0.480	75.0	3.8	67.0	38.5
-0.540	100.0	5.0	73.0	41.9
-0.560	125.0	6.3	83.0	47.7
-0.570	150.0	7.5	87.0	50.0
-0.570	175.0	8.8	92.0	52.9
-0.570	200.0	10.0	92.5	53.1
-0.530	250.0	12.5	90.0	51.7
-0.515	300.0	15.0	87.0	50.0
-0.515	350.0	17.5	85.0	48.8
-0.515	400.0	20.0	83.0	47.7
-0.515	450.0	22.5	80.0	46.0
-0.515	500.0	25.0	79.0	45.4

----- TERCER ENSAYO DE CORTE DIRECTO -----

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, ESCUELA DE GEOLOGIA, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

<i>Proyecto:</i>	T C U.	<i>Trabajo No:</i>	
<i>Localización</i>	Juan Viñas, Turrialba, Cartago	<i>Trinchera.</i>	
		<i>Muestra No.</i>	JV/1
<i>Descrip del suelo</i>	Limo arenoso (Ml)	<i>Prof de la muestra.</i>	
<i>Realizado por</i>	J Alvarado & R. Mora	<i>Fecha .</i>	31/07/97

Dimensiones de la muestra

Lado [mm]	50 80
Altura [mm]	19 00
Area [cm2]	25 81
Volumen [cm3].	49.03

Peso específico de la muestra

Wr+Wm [g]	258.55
Wr [g]:	168.80
Wm [g]	89.75

Peso específico [kN/m3]

húmedo	17 95
seco :	11.60

Carga normal

[kg]	32.4
-------------	------

Esfuerzo

normal [kPa]	125.6
---------------------	-------

Dinamómetro:	0.00033
---------------------	---------

Contenido de humedad

Wh+Wl [g]:	81.66
Ws+Wl [g]:	57.04
Wl [g]:	12.08
Ww [g].	24.62
Ws [g]:	44.96
w [%]:	54 76

Desplazamiento vertical [0.01 mm]	Lectura del deformímetro horizontal [0.001"]	Desplazamiento horizontal [%]	Lectura del deformímetro de carga [0.0001"]	Esfuerzo cortante [kPa]
0 000	0.0	0 0	0.0	0 0
-0 020	10.0	0 5	53 0	27 7
-0.080	20.0	1.0	70.0	36.6
-0.195	40.0	2.0	104 0	54.3
-0.305	60.0	3.0	141 0	73 7
-0.340	75.0	3.8	153 5	80.2
-0 400	100.0	5.0	176.0	91.9
-0 400	125.0	6 3	183.0	95.6
-0 375	150.0	7.5	182.0	95 1
-0.325	175.0	8 8	182.0	95 1
-0.315	200.0	10.0	181.0	94 5
-0.290	250.0	12 5	170.0	88 8
-0.280	300 0	15 0	168.0	87.8
-0.280	350 0	17.5	160 0	83 6
-0.280	400.0	20.0	162.0	84.6
-0 275	450.0	22.5	153.0	79.9
-0 275	500.0	25.0	147.0	76.8

**DETERMINACION DEL PESO UNITARIO
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Muestra JV-2 *Prof. [m].*
Proyecto Talud *Fecha.* 24/07/97
Localiz Juan Viñas *Perforac*

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]	40 57
Peso del suelo + peso de parafina [g].	45 22
Peso de parafina [g]	4 65
Volumen de parafina [cm3]	5 17
Peso sumergido de parafina y suelo [g]	13 7
Volumen de suelo + parafina [cm3]	31 52
Volumen de suelo [cm3]	26 35
Peso unitario húmedo del suelo [kN/m3]:	15 10
Peso unitario seco del suelo [kN/m3]:	10 32

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]	50 22
Peso suelo seco + recipiente [g]	38 56
Peso del recipiente [g]:	13 4
Peso del agua [g]	11 66
Peso del suelo seco [g]	25 16
Contenido de humedad [%]	46 3

ANALISIS GRANULOMETRICO-MECANICO (diseño R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: T C U
Localización: Juan Viñas, Turrialba, Cartago
Descripción: ensayo vía húmeda

Perforación:
Muestra: JVI2
Profundidad:
Fecha: 25/08/97
Peso inic. [g]: 403.58

Realizado por: J. Alvarado & R. Mora

Tamiz No	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800		0.00	100.00
1 1/2"	38.100		0.00	100.00
1 1/4"	31.500		0.00	100.00
1"	25.400		0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	100.00
1/2"	12.700		0.00	100.00
3/8"	9.500		0.00	100.00
4	4.750		0.00	100.00
10	2.000	14.51	3.60	96.40
20	0.850		0.00	96.40
30	0.600		0.00	96.40
40	0.425	24.51	6.07	90.33
50	0.300		0.00	90.33
60	0.250	26.46	6.56	83.78
80	0.180		0.00	83.78
100	0.150	23.80	5.90	77.88
200	0.075	29.04	7.20	70.68
270	0.053		0.00	70.68
325	0.045		0.00	70.68
FONDO		285.26	70.68	
	total:	403.58	100.00	

Pérdida de material [g] : 0.00 D60 [mm]:
Pérdida de material [%] : 0.00 D30 [mm]:
D10 [mm]:

Porcentaje de grava 0.00 Coef. de uniformidad, Cu : ERR
Porcentaje de arena gruesa. 3.60 Coef. de concavidad, Cc : ERR
Porcentaje de arena media. 6.07
Porcentaje de arena fina: 19.65 Límite líquido (wl%): 40.4
Porcentaje de finos: 70.68 Límite plástico (wp%): 26.0
100.00 Índice de plasticidad: 14.4

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos :

LIMO ARENOSO (MI), DE PLASTICIDAD INTERMEDIA

**LABORATORIO DE GEOTECNIA
 ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
 UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

<i>Muestra</i>	JV/2	<i>Perfor</i>	
<i>Descripcion</i>		<i>Sitio</i>	Juan Viñas
<i>Tecnico</i>	J. Alvarado & R. Mora	<i>Prof</i>	
<i>Secado</i>	Aire	<i>Fecha</i>	26/08/97

LIMITE LIQUIDO [%]: 40.4

No. de lata	2	14	19	16	11
Peso del suelo húmedo + lata [g]	35.07	34.20	33.71	34.94	34.76
Peso del suelo seco + lata [g]	29.46	28.09	27.81	28.16	27.76
Peso de la lata [g]	13.49	12.84	13.76	13.04	13.65
Peso del suelo seco [g]	15.97	15.25	14.05	15.12	14.11
Peso del agua [g]	5.61	6.11	5.90	6.78	7.00
Contenido de Humedad %	35.1	40.1	42.0	44.8	49.6
Número de golpes	33	27	23	19	14

LIMITE PLASTICO [%] : 26.0

No. de lata	2	3	22
Peso del suelo húmedo + lata [g]	7.99	6.80	7.03
Peso del suelo seco + lata [g]	7.24	6.36	6.50
Peso de la lata [g]	4.24	4.68	4.53
Peso del suelo seco [g]	3.00	1.68	1.97
Peso del agua [g]	0.75	0.44	0.53
Contenido de humedad [g]	25.0	26.2	26.9

INDICE DE PLASTICIDAD [%] : 14.4

CLASIFICACION (BSI) : Limo de plasticidad intermedia (MI)

----- **PRIMER ENSAYO DE CORTE DIRECTO** -----

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, ESCUELA DE GEOLOGIA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

<i>Proyecto</i>	T.C.U	<i>Trabajo No</i>	
<i>Localización</i>	Juan Viñas, Turrialba, Cartago	<i>Trinchera</i>	
		<i>Muestra No.</i>	JV/2
<i>Descrip. del suelo</i>	Limo arenoso (MI)	<i>Prof. muestra</i>	
<i>Realizado por</i>	J. Alvarado & R. Mora	<i>Fecha</i>	29/07/97

Dimensiones de la muestra

Lado [mm].	50.80
Altura [mm].	19.00
Area [cm ²].	25.81
Volumen [cm ³].	49.03

Peso específico de la muestra

Wr+Wm [g]	234.00
Wr [g]:	153.99
Wm [g]:	80.01

Peso específico [kN/m³]

húmedo :	16.00
seco :	10.45

Carga normal

[kg]	8.42
------	------

Esfuerzo

normal [kPa]	32.6
--------------	------

Dinamómetro:

0.00032

Contenido de humedad

Wh+Wl [g]:	76.80
Ws+Wl [g]:	54.83
Wl [g]	13.51
Ww [g]:	21.97
Ws [g]:	41.32
w [%]:	53.17

Desplazamiento vertical [0.01 mm]	Lectura del deformímetro horizontal [0.001"]	Desplazamiento horizontal [%]	Lectura del deformímetro de carga [0.0001"]	Esfuerzo cortante [kPa]
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.090	10.0	0.5	17.0	9.2
-0.190	20.0	1.0	19.5	10.5
-0.365	40.0	2.0	26.0	14.0
-0.470	60.0	3.0	21.0	11.3
-0.515	75.0	3.8	32.0	17.2
-0.530	100.0	5.0	33.5	18.0
-0.530	125.0	6.3	36.0	19.4
-0.530	150.0	7.5	37.0	19.9
-0.530	175.0	8.8	38.0	20.5
-0.570	200.0	10.0	37.0	19.9
-0.570	250.0	12.5	37.0	19.9
-0.580	300.0	15.0	39.0	21.0
-0.545	350.0	17.5	33.0	17.8
-0.545	400.0	20.0	33.5	18.0
-0.525	450.0	22.5	38.0	20.5
-0.520	500.0	25.0	32.0	17.2

----- SEGUNDO ENSAYO DE CORTE DIRECTO -----

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, ESCUELA DE GEOLOGIA, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

<i>Proyecto:</i>	T.C U	<i>Trabajo No:</i>	
<i>Localización:</i>	Juan Viñas, Turrialba, Cartago	<i>Trinchera:</i>	
		<i>Muestra No:</i>	JV/2
<i>Descrto del suelo</i>	Limo arenoso (Ml)	<i>Prof de la muestra.</i>	
<i>Realizado por</i>	J. Alvarado & R. Mora	<i>Fecha :</i>	29/07/97

Dimensiones de la muestra

Lado [mm]:	50.80
Altura [mm]:	19.00
Area [cm2]:	25.81
Volumen [cm3].	49.03

Peso específico de la muestra

Wr+Wm [g]:	248.16
Wr [g]:	168.91
Wm [g]	79.25

Peso específico [kN/m3]

húmedo .	15.85
seco .	10.57

Carga normal

[kg]	16.42
-------------	-------

Esfuerzo

normal [kPa]	63.6
---------------------	------

Dinamómetro:	0.00030
---------------------	---------

Contenido de humedad

Wh+Wl [g]:	66.91
Ws+Wl [g]:	48.96
Wl [g]:	12.99
Ww [g]:	17.95
Ws [g]:	35.97
w [%]:	49.90

Desplazamiento vertical [0.01 mm]	Lectura del deformímetro horizontal [0.001"]	Desplazamiento horizontal [%]	Lectura del deformímetro de carga [0.0001"]	Esfuerzo cortante [kPa]
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.055	10.0	0.5	24.0	13.8
-0.115	20.0	1.0	33.0	19.0
-0.240	40.0	2.0	42.0	24.1
-0.280	60.0	3.0	53.5	30.7
-0.310	75.0	3.8	58.0	33.3
-0.330	100.0	5.0	63.0	36.2
-0.330	125.0	6.3	67.0	38.5
-0.365	150.0	7.5	69.0	39.6
-0.385	175.0	8.8	72.0	41.4
-0.385	200.0	10.0	74.0	42.5
-0.390	250.0	12.5	74.5	42.8
-0.350	300.0	15.0	78.0	44.8
-0.340	350.0	17.5	73.0	41.9
-0.340	400.0	20.0	70.0	40.2
-0.340	450.0	22.5	73.0	41.9
-0.340	500.0	25.0	73.0	41.9

----- TERCER ENSAYO DE CORTE DIRECTO -----

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, ESCUELA DE GEOLOGIA, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: T.C.U
Localización: Juan Viñas, Turrialba, Cartago

Trabajo No.
Trinchera.
Muestra No: JV/2

Descrp del suelo: Limo arenoso (MI)
 Realizado por: J. Alvarado & R. Mora

Prof de la muestra:
Fecha: 29/07/97

Dimensiones de la muestra

Lado [mm]: 50 80
 Altura [mm]: 19.00
 Area [cm²]: 25.81
 Volumen [cm³]: 49 03

Peso específico de la muestra

Wr+Wm [g]: 250.86
 Wr [g]: 168.96
 Wm [g]: 81.90

Peso específico [kN/m³]

húmedo: 16.38
 seco: 10.93

Carga normal
[kg]

32.4

Contenido de humedad

Wh+Wl [g]: 69.00
 Ws+Wl [g]: 50.60
 Wl [g]: 13 72
 Ww [g]: 18.40
 Ws [g]: 36.88
 w [%]: 49.89

Esfuerzo
normal [kPa]

125.6

Dinamómetro:

0 00033

Desplazamiento vertical [0.01 mm]	Lectura del deformimetro horizontal [0.001"]	Desplazamiento horizontal [%]	Lectura del deformimetro de carga [0.0001"]	Esfuerzo cortante [kPa]
0 000	0 0	0 0	0.0	0.0
-0 025	10.0	0 5	64 0	33.4
-0.060	20.0	1.0	78 0	40.7
-0 070	40.0	2.0	100.0	52.2
-0.090	60 0	3.0	123.0	64.2
-0.100	75 0	3 8	134.0	70.0
-0 100	100.0	5 0	148.0	77.3
-0 100	125.0	6 3	159.5	83 3
-0.100	150.0	7.5	160 0	83 6
-0.100	175.0	8 8	169.5	88.5
-0 100	200 0	10 0	173.0	90.4
-0.100	250.0	12 5	177.0	92.5
-0.030	300.0	15 0	183.0	95.6
0.000	350.0	17.5	182 0	95.1
0 030	400.0	20.0	180.0	94.0
0.055	450.0	22.5	188.0	98 2
0 080	500.0	25.0	185.0	96.6