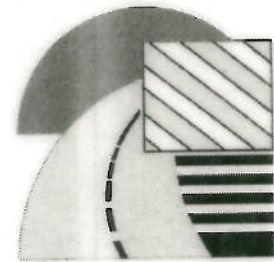


LANAMME



PITRA

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y**  
**MODELOS ESTRUCTURALES**

**DISEÑO PARA REPOSICION DEL  
PAVIMENTO y**  
**PROPUESTA PARA ESTABILIZACION DE  
DESLIZAMIENTOS**

**Tramo: Ciudad Colón –  
Puriscal**

**Ruta 229**

**AGOSTO 2000**

CONAVI

DIRECCION GENERAL

COMERCIO EXTERIOR

Recibido por: *Rosa*

Fecha: 23 AGO. 2000



**Laboratorio Nacional de Materiales  
y Modelos Estructurales**

San José, 22 de agosto de 2000

**Ing. Jorge Martín Díaz  
Ingeniero de Proyecto  
Consejo Nacional de Vialidad**

Estimado Ingeniero:

Por este medio me permito saludarlo y a la vez remitirle el informe del diseño para reposición del pavimento para el tramo Ciudad Colón – Puriscal, estación 29+200, así como un pre-diseño geotécnico para los deslizamientos ubicados en los estacionamientos 29+200, 31+000, 32+500 y 33+500.

Sin otro particular, me despido, quedando a sus órdenes.

Atentamente,

**Mario Arce  
Coordinador PITRA  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,  
Universidad de Costa Rica**

cc. Ing. Fernando Rodríguez



## **INDICE**

### **CONTENIDO**

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Metodología del estudio</b>	<b>2</b>
<b>3. Análisis del tránsito</b>	<b>3</b>
<b>4. Análisis de laboratorio</b>	<b>6</b>
<b>5. Diseño Estructural</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Parámetros de diseño</b>	<b>10</b>
<b>4.2. Dimensionamiento por método AASHTO</b>	<b>11</b>
<b>6. Análisis Geotécnico</b>	<b>12</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>20</b>

<b>ANEXOS</b>	<b>21</b>
---------------	-----------

**ANEXO 1: Proyección de cargas en el carril de diseño**

**ANEXO 2: Resultados de laboratorio**

**ANEXO 3: Análisis de fatiga**

**ANEXO 4: Fotografías**



# 1. Introducción

El objetivo de este estudio es presentar una propuesta de diseño para reposición del pavimento y de las características del deslizamiento, del tramo de carretera comprendido entre Ciudad Colón y Puriscal, en el estacionamiento 29+200, en donde se produjo un deslizamiento que eliminó parte de la carretera. Para esto, se solicitó un muestreo y las pruebas respectivas para conocer el tipo de materiales que conforman actualmente la estructura del pavimento existente en dicha sección.

Como parte de este estudio se visitaron también tres deslizamientos adicionales, para los cuales se proponen opciones para su estabilización.

El estudio se inició con una visita al sitio, para realizar una inspección visual de la condición del pavimento y de las características del deslizamiento, luego se realizó una visita con un ingeniero geotecnista para analizar la propuesta de solución al deslizamiento por parte del contratista. De estas visitas se resumen las siguientes generalidades y condiciones del tramo:

- Longitud aproximada del área de pavimento afectada:
  - 40 m de pavimento flexible en mal estado, donde el carril del lado derecho se desprendió por efecto del deslizamiento.
  - Para permitir el paso de los vehículos se improvisó una ampliación de la sección, aprovechando el espaldón (lado izquierdo).
- Tránsito: Existe paso frecuente de tránsito pesado (camionetas, camiones repartidores y buses)
- Muestreos: se realizaron dos sondeos a cielo abierto.
- Drenajes: Existe una cuneta en tierra al lado izquierdo de la sección analizada.
- Al momento de reconstruir esta sección hay que readecuar todo el sistema de drenajes.
- Hay una alcantarilla de 61 cm que atraviesa la calle. Esta alcantarilla no está funcionando. Está llena de material y hay que reconstruir los cabezales de entrada/salida.
- La longitud del deslizamiento es de 30 m en el semicírculo de la corona superior.
- Ya hay ensayos efectuados al material de tajos cercanos para que puedan ser utilizados en la solución propuesta.

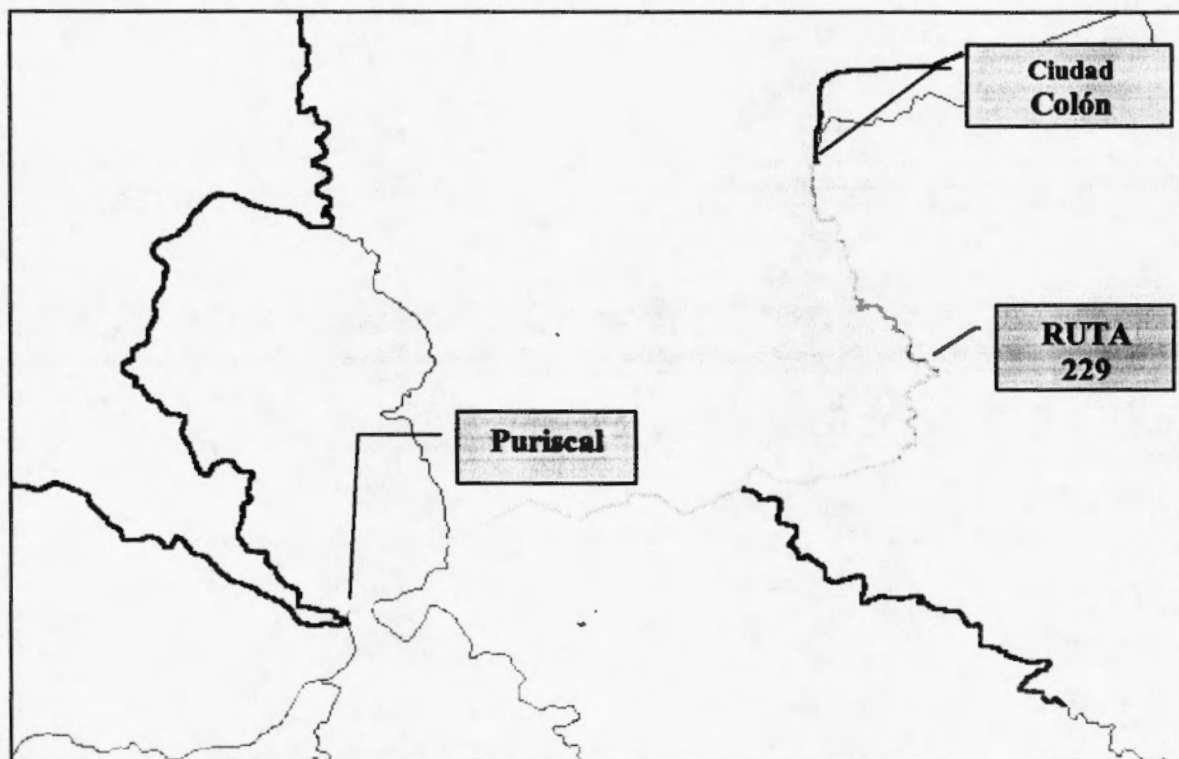
- Profundidad del deslizamiento: 10 m y una longitud horizontal máxima de 21 m.

## **2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO**

Para el diseño del pavimento en este tramo se realizaron los siguientes análisis:

- Conteos de flujo del tránsito facilitados por la Unidad de Estudios Básicos del MOPT
- Predicción de cargas de tránsito
- Sondeos a cielo abierto
- Ensayos de laboratorio a muestras extraídas

**Figura 1: Croquis de ubicación del tramo Ciudad Colón - Puriscal**



### 3. ANALISIS DEL TRANSITO

#### 3.1 Información preliminar

- Tránsito promedio diario (TPD): Para la estimación del TPD, se utilizaron datos del tránsito del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Los datos utilizados son los siguientes:

Tramo	TPD	% vehículos pesados
Alajuelita-Escazú	3391 (año 2000)	15 %



- Composición vehicular y factores de carga propuestos:

<b>Composición Vehicular</b>	<b>Livianos</b>	<b>Carga liviana</b>	<b>Buses</b>	<b>% vehículos pesados</b>
	<b>55%</b>	<b>30%</b>	<b>8%</b>	<b>7%</b>
Factor de carga	0.001	0.025	0.9-1.1	0.9-1.1

- Período de diseño: 12 años
- Tasa de crecimiento del flujo vehicular: 4.5%

Para un período de diseño de 12 años, es de esperar en el carril de diseño, un nivel de carga que oscila entre  $1.24 \times 10^6$  y  $1.5 \times 10^6$  ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

## **4. SONDEOS REALIZADOS**

Se realizaron dos sondeos a cielo abierto en el tramo. Estos sondeos presentan las siguientes características:

- Trincheras de 60 X 80 cm, con profundidad de 80 cm, que permite determinar espesores y tomar muestras del conjunto de materiales existentes, para su análisis en el laboratorio.

En la figura 2, se muestra el croquis de ubicación de ambos sondeos.

### **4.1 Descripción de cada sondeo**

#### **a. Sondeo en pavimento existente**

Este sondeo consistió en excavar el pavimento existente, hasta la profundidad en que se encontrara la sub-rasante y su ubicación fue del lado derecho de la carretera. Se penetró hasta una profundidad de 80 cm, como se indica en la tabla No.1.

Los materiales con que se construyeron las capas granulares inferiores no reúnen las especificaciones técnicas para su utilización en la readecuación estructural del pavimento (según CR-77, sección 703.06 b).

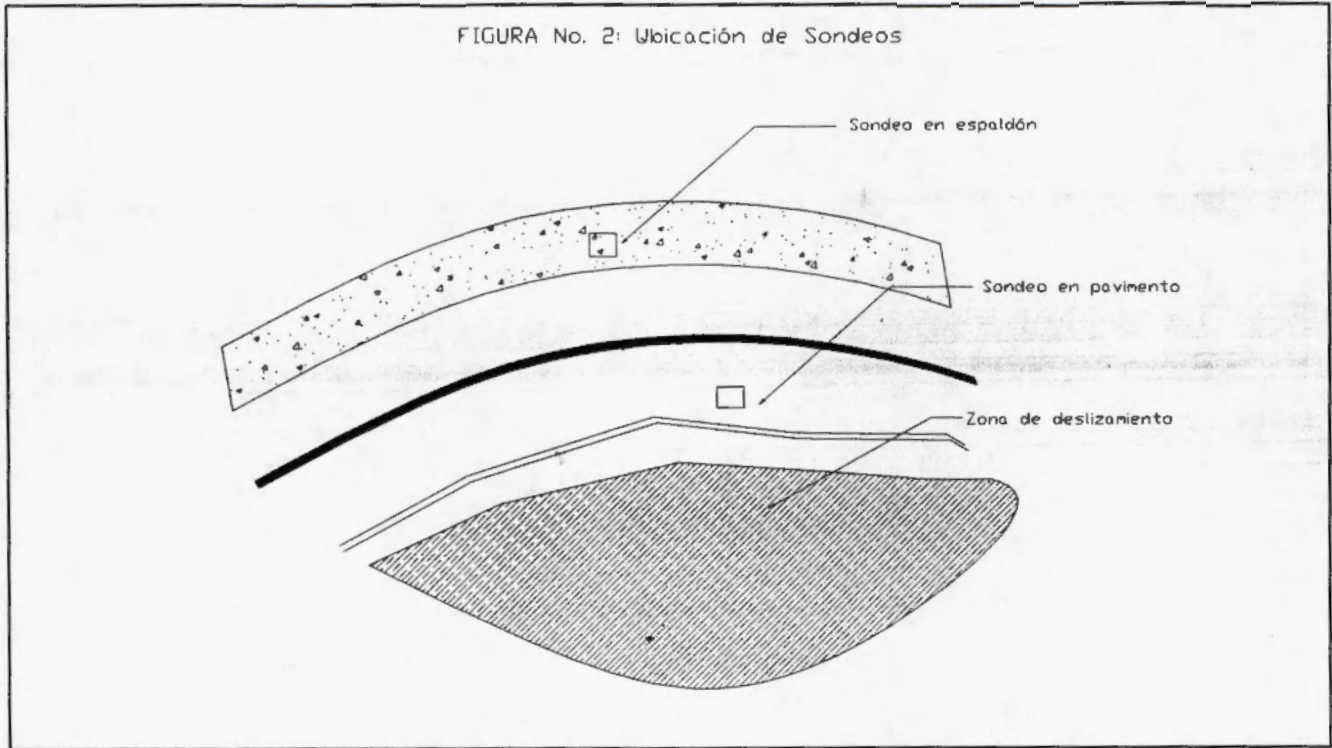
#### **b. Sondeo en el espaldón**

El muestreo en el espaldón consistió en la extracción de material que se ubica del lado izquierdo de la carreta, en el cual se hizo un relleno para ampliar provisionalmente la calzada, en el punto del deslizamiento.

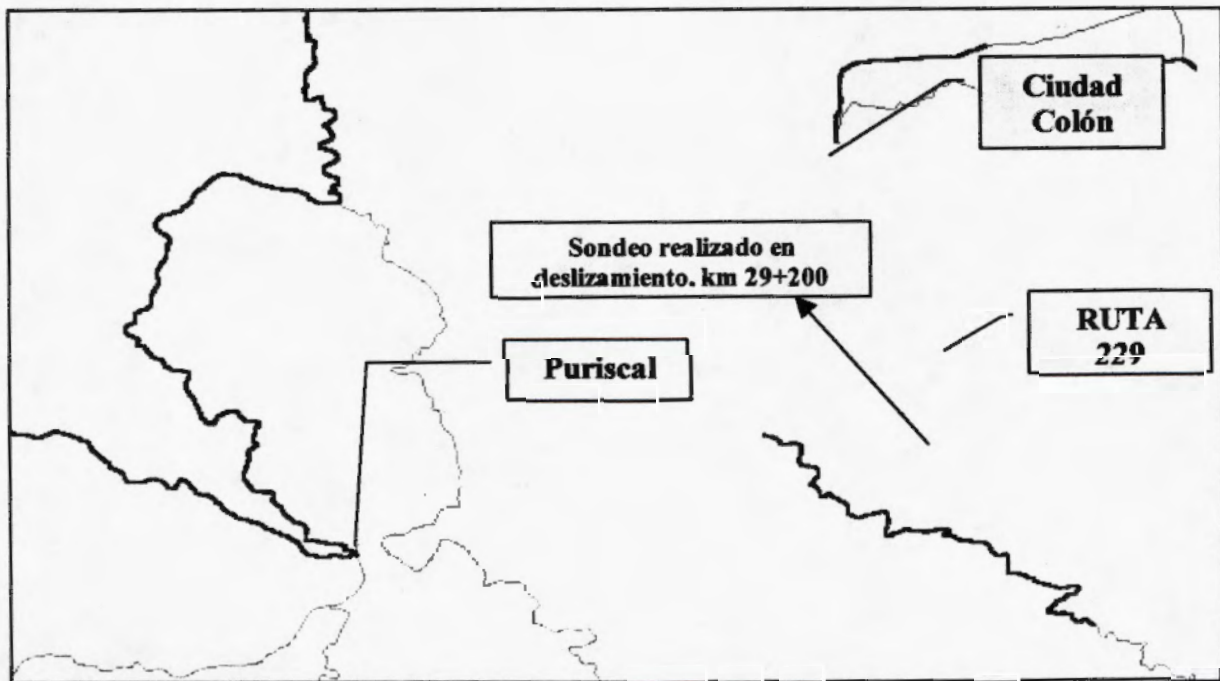
El material de relleno tiene un índice de plasticidad de 12.9.

En el anexo 2 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio a las muestras extraídas.

**Figura 2: Ubicación de los sondeos en la carretera**



**Figura 3: Ubicación de los sondeos en la ruta Ciudad Colón - Puriscal**





De acuerdo con este análisis, el pavimento se encuentra severamente deteriorado y se requiere hacer una readecuación de la estructura del pavimento.

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**  
**DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE**

CARRETERA: Ciudad Colón - Puriscal

UBICACIÓN: km 29+200

FECHA : 17-Jul-00

SONDEO: CA-1

No.DE MUESTRA:

3184: Base estabilizada con cemento

3181: Base granular

3180: Sub-base 1

3183: Sub-base #2

3185: Sub-rasante

ESPESOR (cm)	CAPA	DESCRIPCION
5.0	CAPA ASFALTICA	Muy fragmentada. Presenta grietas transversales cada 3 m, probablemente por el exceso de rigidez de la base estabilizada sub-yacente. Además la mezcla asfáltica está muy oxidada, con agrietamiento severo, grietas longitudinales, desprendimiento de agregados, etc.
17.0	BASE Estabilizada	Base estabilizada con cemento, extremadamente rígida y con grietas transversales.
8.0	Base granular	Piedra quebrada. Revuelta con carpeta asfáltica triturada. Tamaño máximo 1½ pulgada. LL = 23.5    IP = 5.5 LP = 18.0
18.0	Sub-base #1	Piedra quebrada, color gris oscuro con tonos rejizos. Está contaminada con arcilla. Tamaño máximo 2.5 cm. LL = 27.9    IP = 8.7 LP = 19.2
30.0	Sub-base #2 (Material de relleno)	Piedra quebrada, degradable, contiene arcilla y tamaño máximo de 5 cm. Color café claro LL = 28.7    IP = 12.9 LP = 15.8
	Subrasante	Material con vetas de arcilla expansiva gris y piedras meteorizadas. Color café. Tamaño máximo 5 cm. Límites de Atterberg: LL = 33.1    IP = 12.9 LP = 20.3



## 5. DISEÑO ESTRUCTURAL PARA SUSTITUCIÓN DEL PAVIMENTO

### 5.1 Parámetros de diseño

De acuerdo con los análisis realizados se establecen los siguientes parámetros para diseñar la estructura del pavimento:

- Ejes equivalentes de diseño:  $1.24 \times 10^6 - 1.5 \times 10^6$
  - Capacidad de soporte de la sub-rasante: **5.0%**
  - Módulo resiliente de la sub-rasante: **9000 psi**
  - Desviación estándar global: **0.35** (Método AASHTO)
  - Modelo de fatiga de la capa asfáltica: **Instituto del asfalto**
  - Confiabilidad (%R): **80%**
  - Pérdida de nivel de servicio ( $\Delta$ PSI): **2.2**
- 
- Rango de módulos resilientes propuestos para cada capa:

CAPA	RANGO DE MODULOS (psi)
Capa asfáltica	300000-400000
Base asfáltica	250000-350000
Base granular	40000
Sub-base	25000
Sub-rasante	7500 - 8000

Para realizar el análisis de fatiga se utilizó el programa Elsym 5. En el Anexo 3 se presentan los resultados obtenidos para la propuesta de diseño.



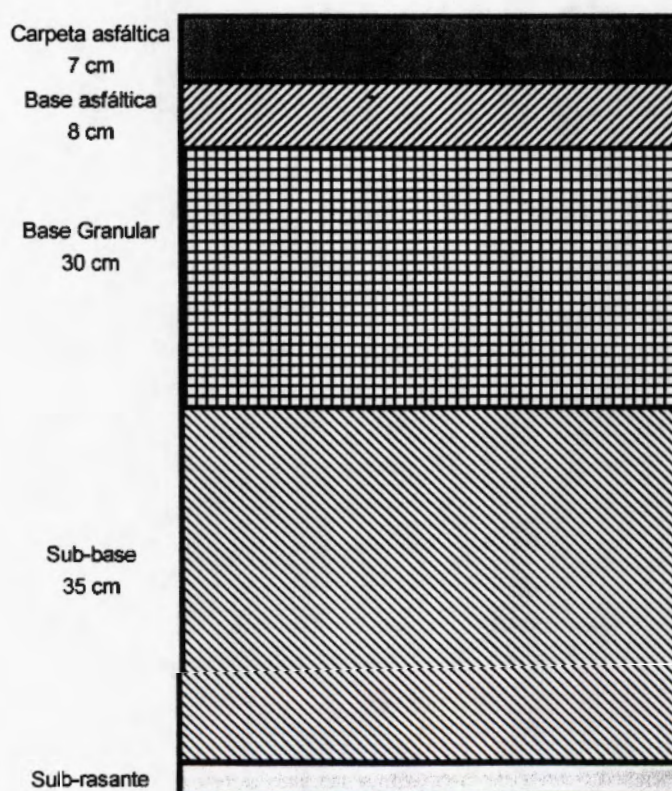
## 5.2 Dimensionamiento por Método AASHTO

El diseño estructural está orientado a proponer una opción de sustitución del pavimento.

Para construir el pavimento se propone el siguiente arreglo estructural.

Ver en el anexo 3 el análisis en que se fundamenta esta solución.

**Figura 4: Propuesta de estructura del pavimento**



### Recomendaciones:

- **Base granular:** Debe compactarse a una densidad mayor al 98% de la densidad del Próctor Modificado.
- **Sub-Base granular:** Debe compactarse a una densidad mayor al 97% del Próctor Modificado.

## 6. Propuesta Geotécnica

Los deslizamientos visitados se encuentran en los estacionamientos: 29+200, 31+000, 32+500, 33+500

### Aspectos analizados

Para cada uno de los deslizamientos se analizan las opciones propuestas por el ing. Sergio Sáenz.

Las opciones planteadas se plantean a nivel de pre-diseño. Una vez analizados estos con la Ingeniería del proyecto, se procederá a realizar el diseño definitivo, para lo cual se requieren sondeos y ensayos de laboratorio (adelante se detalla al respecto).

### 6.1 Deslizamiento en km 29+200

#### Análisis general

- a. En primera instancia, la propuesta que presenta el contratista es una opción técnicamente viable, para contener el deslizamiento que está socavando la carretera. No obstante, debe soportarse con un diseño detallado, caso que esta opción sea seleccionada entre las alternativas propuestas.
- b. Se deben hacer tres perforaciones del tipo SPT, en puntos clave del deslizamiento para examinar la condición del terreno para efectos de diseño. Los puntos en los que se deben hacer perforaciones son:
  - En la parte superior del deslizamiento, a 8 m de profundidad
  - En el lugar en donde está el material de deslizamiento, a 6 m de profundidad
  - En el lugar en donde se ciemtará el muro de contención, a 3 m de profundidad.
- c. Se debe hacer un **estudio de suelos** (que indique, al menos los siguientes parámetros: ángulo de fricción, cohesión, plasticidad y CBR del material) para obtener los parámetros de diseño de toda la obra que se va a construir. (muro de gaviones, talud, drenajes, etc)
- d. El deslizamiento actual ocurrió, en parte por un problema de mala evacuación de las aguas que llegan a la carretera, provenientes de las montañas vecinas. Si no se construyen las cunetas al lado izquierdo, el problema va a continuar. El tipo de suelo y la inclinación de los taludes también aportan a la ocurrencia de este fenómeno.



## 6. Propuesta Geotécnica

Los deslizamientos visitados se encuentran en los estacionamientos: 29+200, 31+000, 32+500, 33+500

### Aspectos analizados

Para cada uno de los deslizamientos se analizan las opciones propuestas por el ing. Sergio Sáenz.

Las opciones planteadas se plantean a nivel de pre-diseño. Una vez analizados estos con la Ingeniería del proyecto, se procederá a realizar el diseño definitivo, para lo cual se requieren sondeos y ensayos de laboratorio (adelante se detalla al respecto).

### 6.1 Deslizamiento en km 29+200

#### Análisis general

- a. En primera instancia, la propuesta que presenta el contratista es una opción técnicamente viable, para contener el deslizamiento que está socavando la carretera. No obstante, debe soportarse con un diseño detallado, caso que esta opción sea seleccionada entre las alternativas propuestas.
- b. Se deben hacer tres perforaciones del tipo SPT, en puntos clave del deslizamiento para examinar la condición del terreno para efectos de diseño. Los puntos en los que se deben hacer perforaciones son:
  - En la parte superior del deslizamiento, a 8 m de profundidad
  - En el lugar en donde está el material de deslizamiento, a 6 m de profundidad
  - En el lugar en donde se cimentará el muro de contención, a 3 m de profundidad.
- c. Se debe hacer un **estudio de suelos** (que indique, al menos los siguientes parámetros: ángulo de fricción, cohesión, plasticidad y CBR del material) para obtener los parámetros de diseño de toda la obra que se va a construir. (muro de gaviones, talud, drenajes, etc)
- d. El deslizamiento actual ocurrió, en parte por un problema de mala evacuación de las aguas que llegan a la carretera, provenientes de las montañas vecinas. Si no se construyen las cunetas al lado izquierdo, el problema va a continuar. El tipo de suelo y la inclinación de los taludes también aportan a la ocurrencia de este fenómeno.

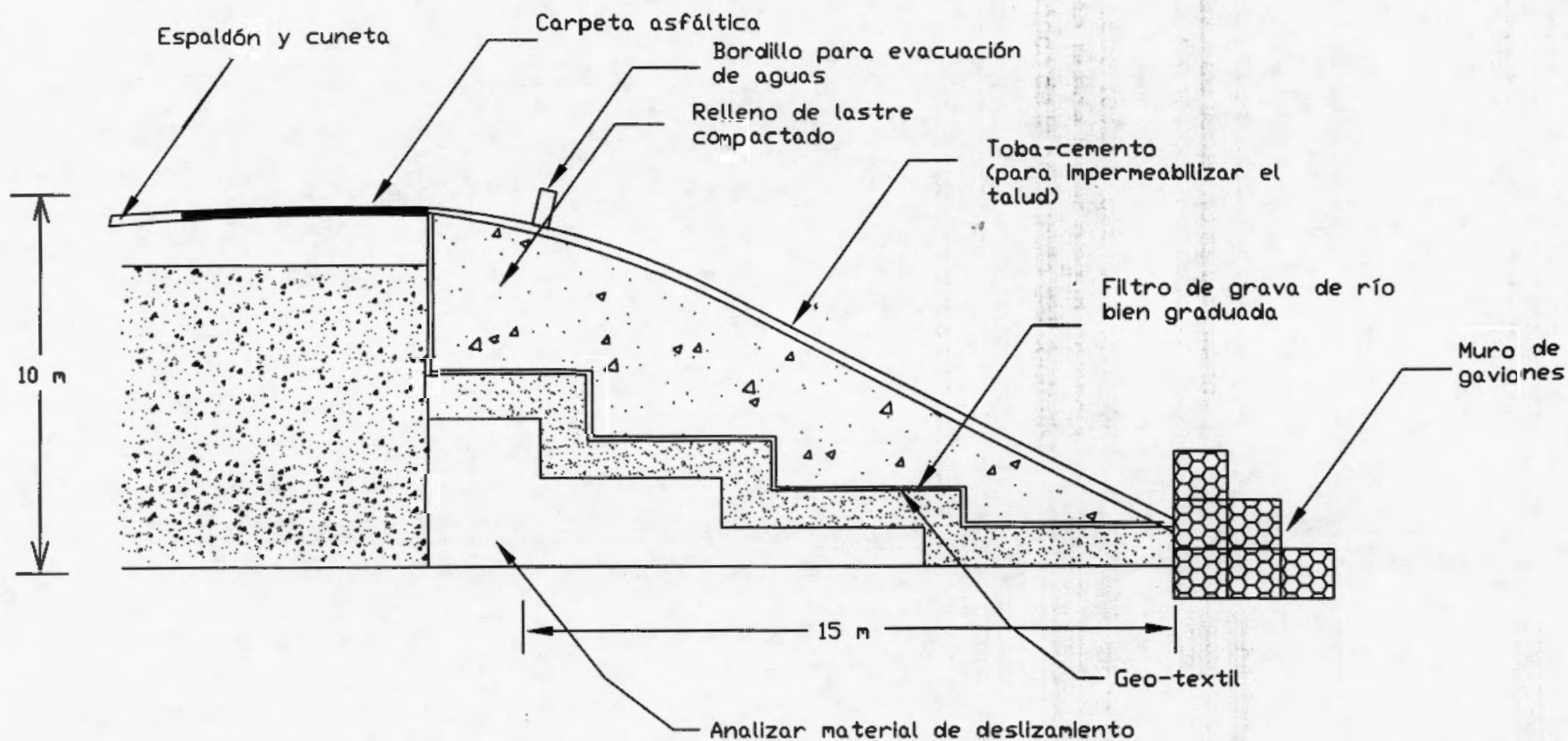


### Recomendaciones constructivas

En la figura 5 se indica la solución propuesta.

- a. La forma en que se propone el filtro, al fondo del deslizamiento, no es la más conveniente. Se debe hacer una limpieza general del material del deslizamiento y cualquier otro material nocivo que se encuentre, y posteriormente, se debe hacer un banqueo desde la parte en donde se va a construir el muro de gaviones, hasta arriba, para así ubicar de forma más simple el material de relleno y proveer una superficie más estable al mismo.
- b. El muro debe quedar bien asentado, por lo tanto, el diseño debe garantizar la estabilidad de éste ante deslizamiento, volcamiento y hundimiento.
- c. Es mejor utilizar un relleno compactado, en vez de lastre, pues el lastre se erosiona con facilidad. Con un relleno de lastre puede volver a ocurrir lo mismo que provocó el deslizamiento actual.
- d. **Revestir el talud.** Los últimos 10 ó 15 cm del relleno es mejor hacerlos con una toba-cemento, o de forma más general, se debe estabilizar la parte superior del talud, para rigidizar la parte superior del mismo, y evitar que el material superior se escurra por efecto del agua y disminuir la infiltración de ésta en la estructura.
- e. Sería conveniente colocar sobre el filtro un geotextil, para evitar la infiltración de material contaminante en el filtro.
- f. El filtro no se debe construir con grava gruesa, sino con grava de río de menor tamaño, bien graduada. Esto evitará el acceso en el filtro de material de tamaño muy pequeño, que lo puede obstruir. La grava es muy erosionable.
- g. En el costado de la carretera que da al talud, se debe colocar un bordillo, o cordón de caño que capte las aguas que pasan sobre la carretera, y evite su acceso al talud.

**Figura 5: Recomendación para talud km 29+200**





## **6.2 Deslizamiento en km 31+000**

### **Análisis general**

- a. Este deslizamiento no es tan inestable como el caso anterior.
- b. Sobre la superficie del deslizamiento aflora roca, que aunque está muy alterada, le da cierta estabilidad al terreno. Por lo tanto, las posibilidades de un movimiento mayor de tierras no es tan grande.
- c. Se debe aprovechar la roca que aflora para la solución constructiva.
- d. Se requiere que el contratista presente la memoria de cálculo de la opción que presentó. Se debe resaltar que una tablestaca no penetra en la roca, sin embargo, no se puede hacer ningún comentario adicional, hasta conocer el fundamento teórico de la propuesta del contratista.

### **Recomendaciones constructivas**

En la figura 6 se indica la solución propuesta.

#### **OPCION 1**

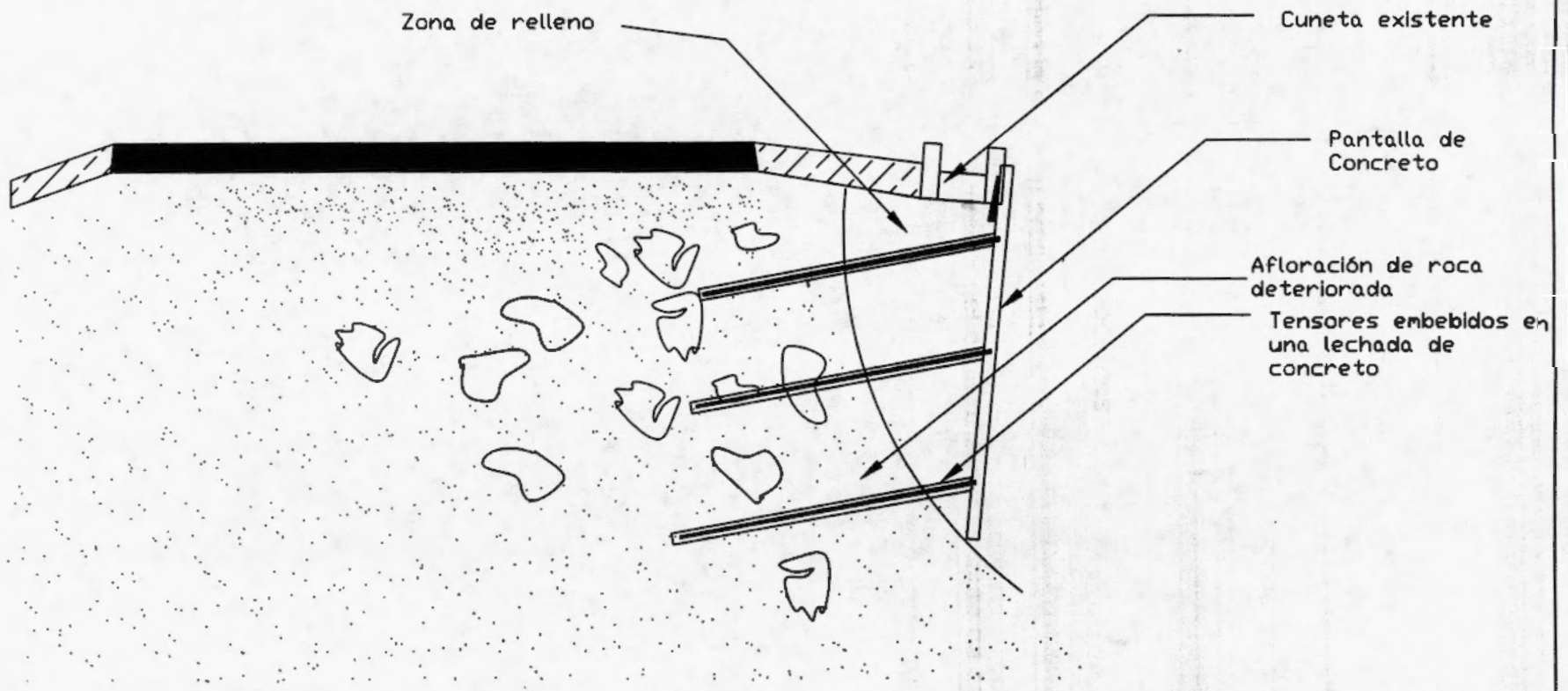
- a. Una opción viable para este caso analizado es la construcción de un muro anclado.
- b. El muro consta de una pantalla de concreto de aproximadamente 3 m de alto, y tensores de anclaje de unos 6 m. El espesor de la losa debe ser de al menos 12 cm. Los tensores deben ser de varilla #7 embebidos en una lechada de concreto.
- c. Debe hacerse notar que esto es solamente un pre-diseño, y para utilizarse, debe hacerse un estudio y diseño definitivos.

#### **OPCION 2**

- a. Esta una opción más económica
- b. Colocar pernos de 1.5 m en puntos obtenidos de acuerdo a un diseño específico.
- c. Colocar concreto lanzado sobre una malla electrosoldada que se ubicaría sobre los pernos.



**Figura 6: Recomendación para talud km 31+000**



### **6.3 Deslizamiento en km 32+500**

#### **Análisis general**

- a. Los distintos flujos de agua en esta zona, contribuyeron a que se produjera el deslizamiento.

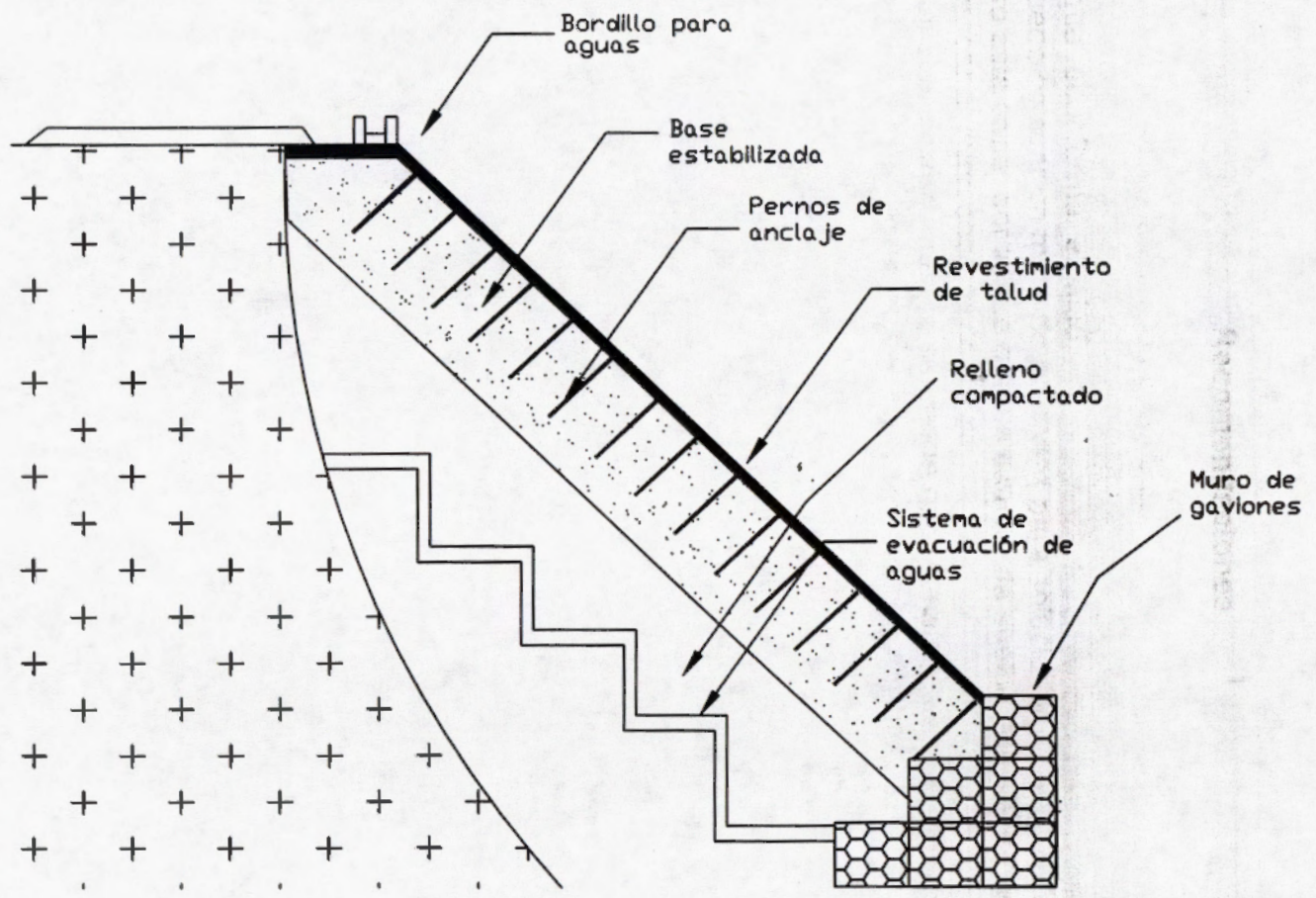
#### **Recomendaciones**

En la figura 7 se indica la solución propuesta.

- a. Se debe construir en la parte inferior del deslizamiento un muro de gaviones, y a partir de este efectuar un relleno.
- b. Para evitar que el agua superficial y otros tipos de agua laven de nuevo el material se debe construir una escalera disipadora de agua, que evite una caída brusca del agua por el nuevo talud.
- c. Este relleno podría generar el problema de una pendiente muy alta.
- d. Se debe realizar una perforación como mínimo para determinar las propiedades en el terreno de cimentación del muro.



**Figura 7: Recomendación para taludes en km 32+500 y 33+500**





## **6.4 Deslizamiento en km 33+500**

### **Análisis general**

- a. Los distintos flujos de agua en esta zona, contribuyeron a que se produjera el deslizamiento.

### **Recomendaciones**

En la figura 7 se indica la solución propuesta.

- a. Hay que reconformar el talud.
- b. Se puede colocar un muro de gaviones para solucionar el deslizamiento.
- c. El piso está firme, por lo que con un estudio de suelos adecuado, se puede comprobar el buen soporte del muro.
- d. Al igual que el caso anterior, se puede hacer una escalera de descenso del agua, para que el descenso del agua sea más controlado.

## **6. Conclusiones**

1. La capacidad a fatiga del pavimento propuesto está dentro del rango de cargas esperado en el período de diseño.
2. En la etapa de construcción hay que ajustar el nivel de rasante de conformidad con los espesores propuestos y esto definirá el nivel de excavación que hay que realizar.
3. **Se debe pasar a la etapa de diseño definitivo de las obras de contención, previo análisis con la Ingeniería de Proyecto de los prediseños propuestos.**

# **ANEXOS**



**ANEXO 1**  
**Proyección de cargas en el carril de  
diseño**



## TRAMO Ciudad Colón- Puriscal (Ruta 229)

3000 < TPD < 5000

Crecimiento del flujo vehicular para  $i = 4.5\%$

TPD		4.5%
AÑO		
1998	3105	
1999	3245	
2000	3391	
2001		3543
2002		3703
2003		3869
2004		4044
2005		4225
2006		4416
2007		4614
2008		4822
2009		5039
2010		5266
2011		5503
2012		5750
12 años	Σ	47548

### Escenario de composición vehicular

LIVIANOS (%)	CARGA LIV. (%)	BUSES (%)	CAMIONES (%)
55	30	8	7

### Ejes equivalentes en el carril de diseño, según tipo de vehículo

#### Escenario 1

FACTOR CARGA	0.001	0.025	0.9	0.9	
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	CARGA LIV.	BUSES	CAMIONES	TOTAL
EJES EQUIV. (12 años)	4.77E+03	6.51E+04	6.25E+05	5.47E+05	1.24E+06

#### Escenario 2

FACTOR CARGA	0.001	0.025	1.1	1.1	
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	CARGA LIV.	BUSES	CAMIONES	TOTAL
EJES EQUIV. (12 años)	4.77E+03	6.51E+04	7.64E+05	6.68E+05	1.50E+06



**ANEXO 2**  
**Resultados de Laboratorio**



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

**PARAMETROS DE SUELOS**

**LIMITES DE ATTERBERG**  
**ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094**

FECHA **01 DE AGOSTO DE 2000**  
 PROYECTO **PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO**  
**MOPT**

DESCRIPCION DE MATERIAL: **Arcilla color café**  
 LOCALIZACION: **Ruta 239, Puriscal Villa Colón, km 29+200**

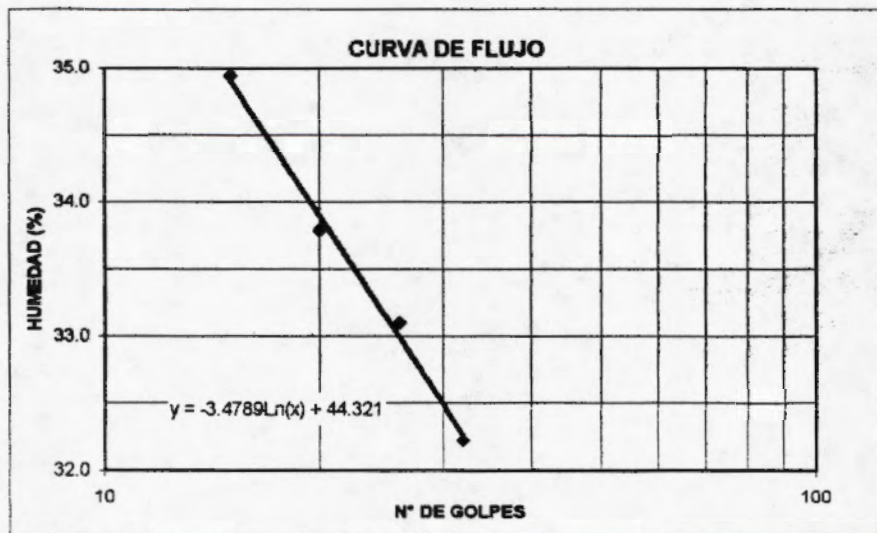
CARACTERIZACION DE MUESTRA: **SUBRASANTE**  
 MUESTRA No: **3185**

**LIMITE LIQUIDO**

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	32	26	20	15	
Wc + Ww (g)	42.867	28.159	40.796	39.308	
Wc + Ws (g)	39.272	24.843	37.651	36.553	
Ww	3.595	3.316	3.145	2.753	
Wc	28.116	14.824	28.344	28.673	
Ws	11.156	10.019	9.307	7.880	
% W	32.2	33.1	33.8	34.9	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	1	19	9
Wc + Ww (g)	10.742	10.918	11.291
Wc + Ws (g)	10.090	10.238	10.568
Ww	0.652	0.678	0.723
Wc	6.883	6.879	7.002
Ws	3.207	3.359	3.566
% W	20.3	20.2	20.3
PROMEDIO			20.3



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	33.1
LIMITE PLASTICO	20.3
INDICE DE PLASTICIDAD	12.9



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITE DE ATTERBERG

ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-84, AASHTO T 9094

FECHA 01 DE AGOSTO DE 2000  
 PROYECTO PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO  
 MOPT  
 Ruta 239, Puriscal Villa Colón, km 29+200  
 DESCRIPCION DE MATERIAL: Lino café claro amarillento  
 LOCALIZACION:

CARACTERIZACION DE MUESTRA: SUBRASANTE

MUESTRA No: 3182

LIMITE LIQUIDO

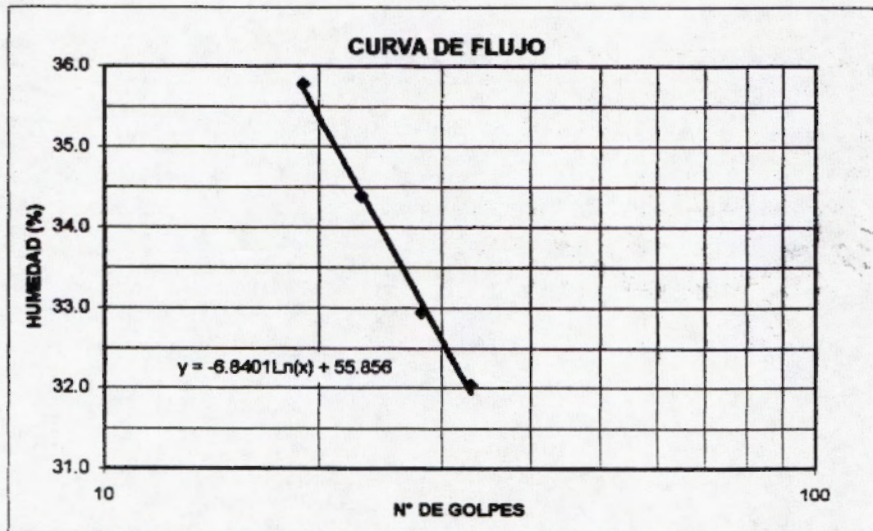
DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	28	23	19	
Wc + Ww (g)	38.742	43.675	34.474	45.271	
Wc + Ws (g)	33.953	38.854	30.485	40.868	
Ww	4.789	4.821	3.989	4.405	
Wc	19.002	24.220	18.884	28.550	
Ws	14.951	14.634	11.601	12.316	
% W	32.0	32.9	34.4	35.8	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	43	4	3
Wc + Ww (g)	14.586	14.801	14.188
Wc + Ws (g)	14.005	14.182	13.639
Ww	0.591	0.619	0.549
Wc	11.104	11.158	10.897
Ws	2.901	3.024	2.742
% W	20.4	20.5	20.0

PROMEDIO

20.3



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO 33.8  
 LIMITE PLASTICO 20.3  
 INDICE DE PLASTICIDAD 13.6



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITE DE ATTERBERG  
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA 01 DE AGOSTO DE 2000  
 PROYECTO PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO  
 MOPT  
 RUTA 239, PURISCAL VILLA COLON, KM 29+200

MUESTRA N°: 3183  
 SUB BASE

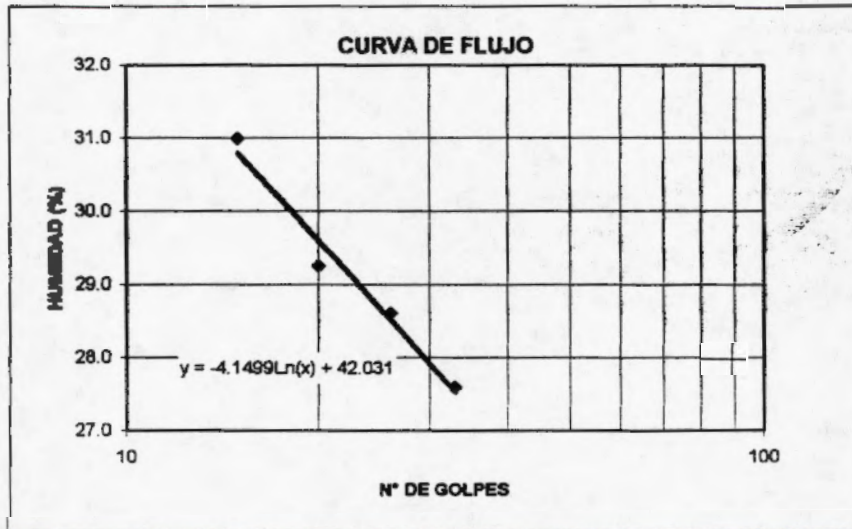
UBICACION:  
 CONTRATISTA:  
 DESCRIPCION: Arcilla limosa gris verdusco

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	26	20	15	
Wc + Ww (g)	31.263	39.538	38.041	39.498	
Wc + Ws (g)	28.520	37.091	35.726	36.722	
Ww	2.743	2.447	2.315	2.776	
Wc	18.576	28.536	27.810	27.764	
Ws	9.944	8.555	7.916	8.958	
% W	27.6	28.6	29.2	31.0	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	19	7	1
Wc + Ww (g)	10.462	10.437	10.782
Wc + Ws (g)	9.975	9.923	10.251
Ww	0.487	0.514	0.531
Wc	6.879	6.688	6.883
Ws	3.096	3.235	3.368
% W	15.7	15.9	15.6
PROMEDIO			15.8



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO	28.7
LIMITE PLASTICO	15.8
INDICE DE PLASTICIDAD	12.9



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITE DE ATTERBERG  
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA: 01 DE AGOSTO DE 2000  
 PROYECTO: PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO  
 MOPT  
 RUTA 239, PURISCAL - VILLA COLON, KM 29+200

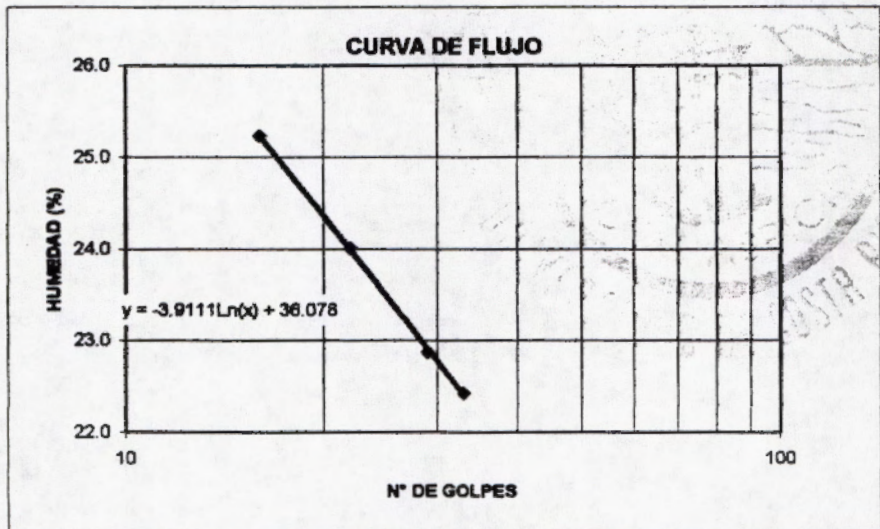
MUESTRA N°: 3181  
 UBICACION: Sitio  
 DESCRIPCION: Lastre gris oscuro

**LIMITE LIQUIDO**

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	29	22	16	
Wc + Ww (g)	31.178	32.125	40.540	41.578	
Wc + Ws (g)	28.181	28.850	37.166	37.474	
Ww	2.997	3.275	3.374	4.102	
Wc	14.814	14.534	23.113	21.215	
Ws	13.367	14.316	14.053	16.259	
% W	22.4	22.9	24.0	25.2	

**LIMITE PLASTICO**

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	13	100	60
Wc + Ww (g)	10.498	10.498	10.059
Wc + Ws (g)	9.935	9.941	9.578
Ww	0.563	0.557	0.481
Wc	6.783	6.763	6.989
Ws	3.152	3.178	2.589
% W	17.86	17.53	18.58
PROMEDIO			18.0



**RESUMEN**

LIMITE LIQUIDO	23.5
LIMITE PLASTICO	18.0
INDICE DE PLASTICIDAD	5.5



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: 01 DE AGOSTO DE 2000  
 PROYECTO: PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO  
 MOPT  
 RUTA 239, PURISCAL - VILLA COLON, KM 29+200

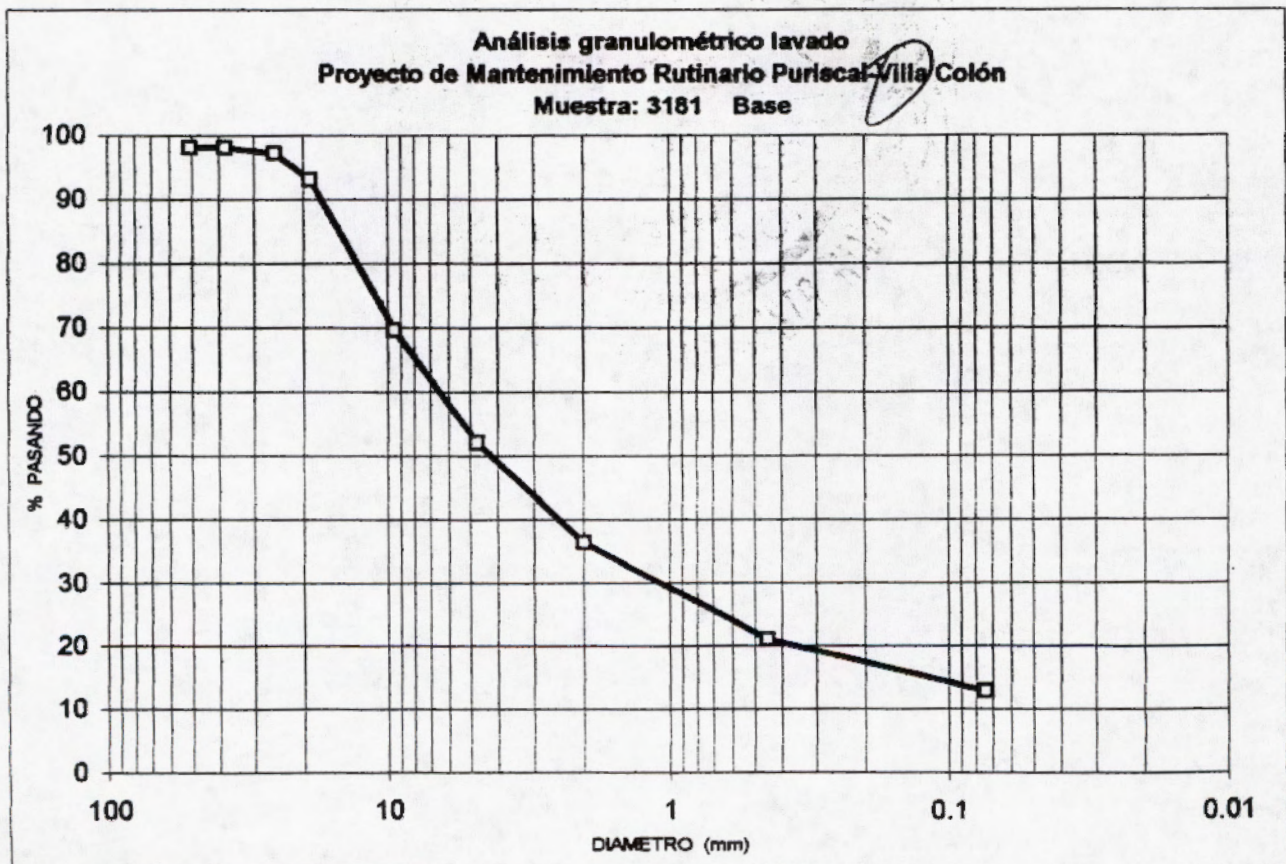
MUESTRA N°: 3181  
 BASE

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 18991.6 g

PESO FINAL: 16589.2 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
2"	50.8	360.8	1.9	1.9	98
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	1.9	98
1"	25.40	163.5	0.9	2.8	97
3/4"	19.00	811.4	4.3	7.0	93
3/8"	9.50	4436.9	23.4	30.4	70
N° 4	4.75	3350.1	17.6	48.0	52
N°10	2.00	2970.8	15.6	63.7	36
N°40	0.45	2919.1	15.4	79.0	21
N°200	0.074	1553.2	8.2	87.2	13





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

**CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**  
 ASTM 117 y ASTM 136

FECHA: 01 DE AGOSTO DE 2000

MUESTRA N°: 3180

PROYECTO: PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

UBICACION:

MOPT

CONTRATISTA:

Puriscal-Villa Colón

DESCRIPCION:

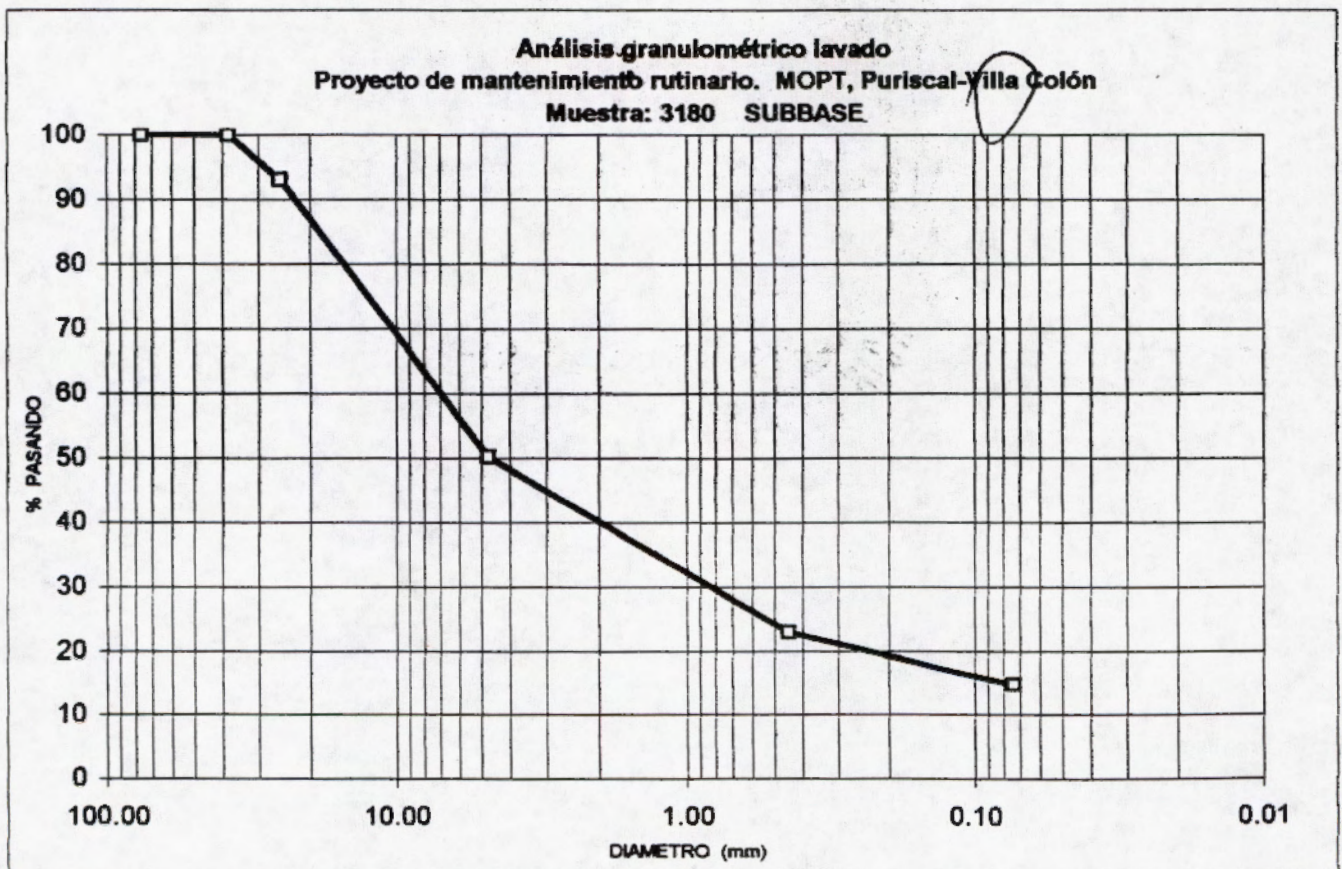
*Ciudad*

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 14490.5 g

PESO FINAL: 12359.0 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.40	1012.5	7.0	7.0	93
N° 4	4.75	6217.5	42.9	49.9	50
N° 40	0.45	3935.1	27.2	77.1	23
N°200	0.074	1174.5	8.1	85.2	15





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

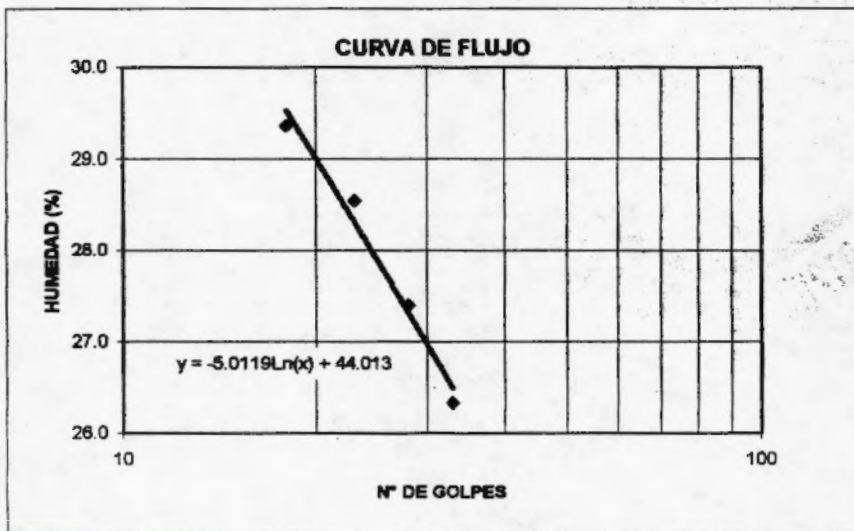
LIMITES DE ATTERBERG  
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA 01 DE AGOSTO DE 2000  
 PROYECTO PROYECTO DE MANTENIMIENTO RUTINARIO  
 MOPT  
 RUTA 239, PURISCAL - VILLA COLON, KM 29+200

MUESTRA N°: 3180  
 SUB BASE  
 UBICACION:  
 CONTRATISTA:  
 DESCRIPCION: Leatra gris

LIMITE LIQUIDO					
DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	28	23	18	
Wc + Ww (g)	47.465	48.435	49.188	45.623	
Wc + Ws (g)	43.585	44.287	44.552	41.812	
Ww	3.880	4.148	4.636	3.811	
Wc	28.848	29.147	28.310	28.831	
Ws	14.737	15.140	16.242	12.981	
% W	28.3	27.4	28.5	29.4	

LIMITE PLASTICO			
DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	X	9	N
Wc + Ww (g)	9.422	9.721	9.304
Wc + Ws (g)	8.968	9.284	8.857
Ww	0.456	0.437	0.447
Wc	6.593	7.002	6.531
Ws	2.373	2.282	2.326
% W	19.2	19.1	19.2
PROMEDIO			19.2



RESUMEN	
LIMITE LIQUIDO	27.9
LIMITE PLASTICO	19.2
INDICE DE PLASTICIDAD	8.7



**ANEXO 3**  
**Análisis de fatiga**

## RUTA PURISCAL-CIUDAD COLÓN

CA 7 cm  
 BA 8 cm  
 BG 30 cm  
 SB 35 cm  
 SR

EEq diseño 1 = 1.24E+6  
 EEq diseño 2 = 1.50E+6

E <sub>1</sub> CA (Psi)	E <sub>1</sub> CA(kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>2</sub> BA	E <sub>3</sub> BG	E <sub>4</sub> SB	E <sub>5</sub> SR	e <sub>t</sub> = (2.76") (7 cm)	e <sub>t</sub> = (5.91") (15 cm)	e <sub>v</sub> = (31.55") (80 cm)	NF1 (7 cm)	NF2 (15 cm)	ND (80 cm)
400000	28169	350000	40000	25000	8000	1.53E-05	2.14E-04	2.13E-04	9.20E+09	1.56E+06	3.74E+07
350000	24648	300000	40000	25000	7500	1.93E-05	2.29E-04	2.24E-04	4.80E+09	1.40E+06	2.99E+07
300000	21127	250000	40000	25000	7500	2.56E-05	2.47E-04	2.29E-04	2.16E+09	1.24E+06	2.70E+07

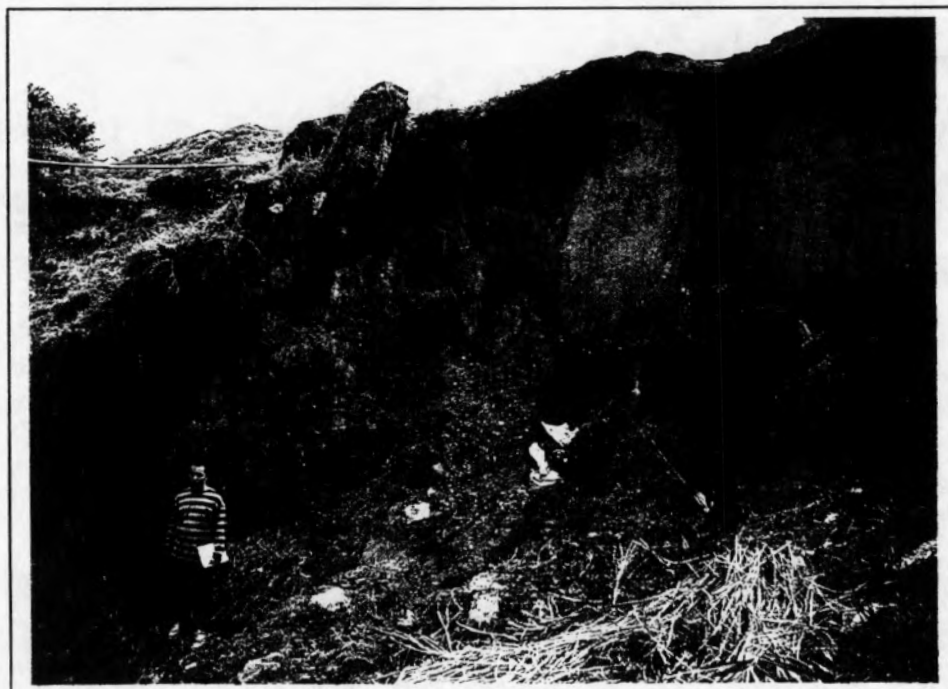


**ANEXO 4**  
**Fotografías del Deslizamiento**

**Fotografía 1: Vista del deslizamiento, km 29+200**

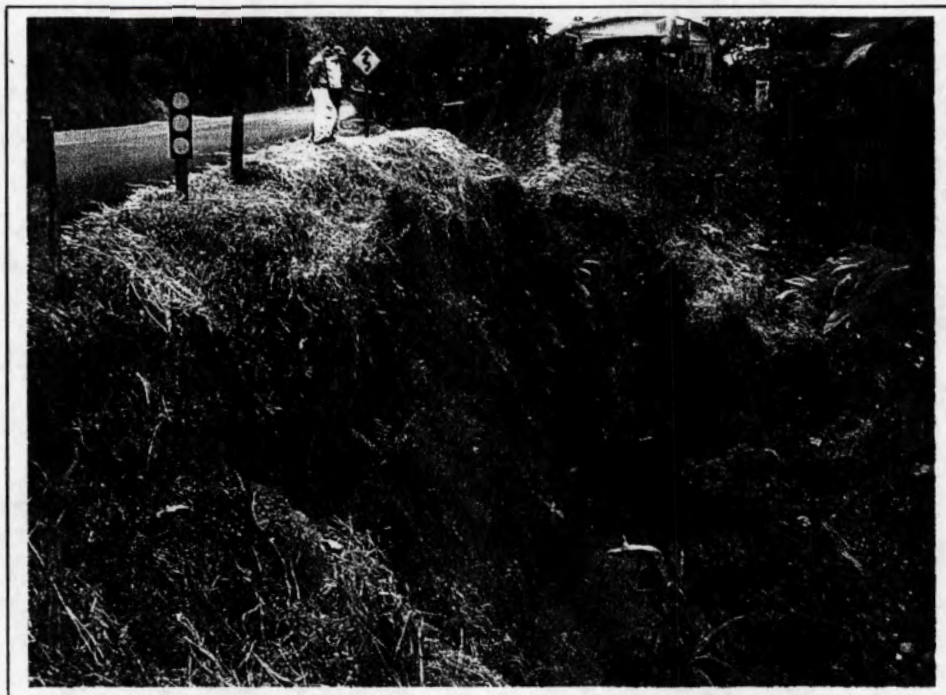


**Fotografía 2: Vista del deslizamiento, km 29+200**





**Fotografía 3: Vista del deslizamiento, km 33+500**



**Fotografía 4: Vista del deslizamiento, km 32+500**





**Fotografía 5: Vista del deslizamiento, km 31+000**



**Fotografía 6: Vista del deslizamiento, km 31+000**





