

T
552.8
M482



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería de Geología Minas y Petróleos



"COMPORTAMIENTO GEOMECANICO DE LOS
MATERIALES ROCOSOS DE LA FORMACION CAYO"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO GEOTECNICO

Presentada por:

Rodolfo I. Mendoza Rodríguez

Guayaquil - Ecuador

1989



BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTO



A la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por haberme permitido continuar mi educación superior y formación profesional en la Especialidad de Ingeniería Geotécnica.

A los profesores de la Facultad de Geología, Minas Y Petróleos, por todos los conocimientos impartidos durante mi vida estudiantil.

A mis compañeros de la Facultad, que en cada momento de desmayo, me supieron brindar su apoyo moral, e incentivaron a seguir adelante.

Un reconocimiento especial a la Srta. Flor M. Alvarado Espinoza, que junto a los Ings. Armando Saltos, Stalin Benítez, Raúl Maruri y Gastón Proaño, contribuyeron al desarrollo de la presente Tesis.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Miguel Ángel Chávez, Profesor-Director de esta Tesis, quien prestó dedicación especial al trabajo de investigación propuesto.

DEDICATORIA

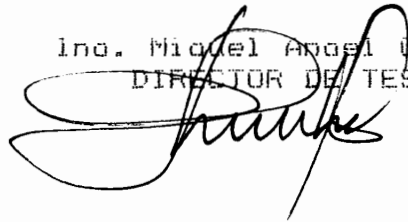
A MIS PADRES



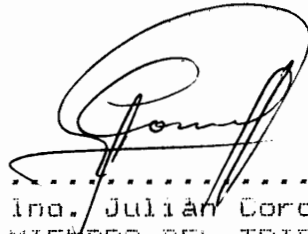
.....
Ino. Jorge Renael E.
DECANO
FACULTAD DE I.G.M.P.



.....
Ino. Miguel Angel Chávez
DIRECTOR DE TESIS



.....
Ino. Raúl Maruri D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....
Ino. Julián Coronel R.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos Profesionales de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rodolfo Indauro Mendoza Rodriguez', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Rodolfo Indauro Mendoza Rodriguez

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo investigar parámetros geomecánicos de varios materiales rocosos de la Formación Cayo, que afloran en algunos sectores de la Ciudad de Guayaquil y sus alrededores, para tener un criterio técnico de sus propiedades ingenieriles.

Para tal finalidad se realizó un reconocimiento de campo y muestreo en los sitios de interés. A continuación se efectuaron los análisis de laboratorio, para determinar las propiedades intrínsecas y extrínsecas, incluyéndose un análisis cualitativo y cuantitativo de los componentes mineralógicos.

Los parámetros obtenidos fueron correlacionados entre sí y a la vez con las características geológicas, con lo que se llegó a zonificar los diferentes materiales de construcción para varios usos.



BIBLIOTECA

INDICE GENERAL

	PAGS.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XIII
INDICE DE ABREVIATURAS	XIV
INTRODUCCION	17
Antecedentes	17
Localización del área de estudio	17
Alcance del trabajo	18
Revisión de trabajos anteriores	19
CAPITULO I	20
REVISION TEORICA DE CONCEPTOS GEOMECANICOS	20
1.1 Determinación de las propiedades intrínsecas o propiedades físicas.	21
1.2 Determinación de las propiedades extrínsecas o propiedades geomecánicas.	30
1.3 Correlaciones entre propiedades.	46
CAPITULO II	47
IDENTIFICACION GEOLOGICA	47

VIII

2.1 Variaciones litológicas y asociaciones estratigráficas.	47
2.2 Estructuras geológicas generales y locales.	52
2.3 Aspectos hidrogeológicos.....	55
2.4 Análisis del fenómeno de meteorización de la roca.	57
2.5 Criterios para definir los sitios de muestreo.....	59
CAPITULO III	61
MUESTREO	61
3.1 Muestreo sin considerar la estructura geológica.....	61
3.2 Muestreo considerando la estructura geológica.....	61
CAPITULO IV	62
ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS	62
4.1 Caracterización física y propiedades intrínsecas.	64
4.2 Propiedades geomecánicas.	71
4.3 Establecimiento de correlaciones.....	79
CAPITULO V	80
EVALUACION GEOMECANICA	80

IX

5.1 Caracterización de los frentes rocosos en base a sus propiedades.	80
5.2 Zonificación geotécnica aplicada a las rocas como constituyentes del macizo rocoso y como material de construcción, en los afloramientos expuestos en el área Metropolitana de Guayaquil.	83
5.2.1 Zonificación geotécnica aplicada a las rocas como constituyentes del macizo rocoso.	84
5.2.2 Zonificación geotécnica aplicada a la roca como material de construcción.	95
5.2.2.1 Agregado o árido para hormigón.	95
5.2.2.2 Materiales para pavimentos.	99
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	106
ANEXOS	108
ANEXO A: Tablas de los resultados de la determinación de las propiedades intrínsecas o propiedades físicas.	109
ANEXO B: Análisis petrográfico.	124
ANEXO C: Tablas de los resultados de la determinación de las propiedades extrínsecas o propiedades geomecánicas	139
ANEXO D: Curvas esfuerzo-deformación.	159

ANEXO E: Gráficos de correlación entre propiedades. 199

ANEXO F: Caracterización de los frentes rocosos. 222

PLANOS

BIBLIOGRAFIA 234



INDICE DE FIGURAS

	PAGS.
1. Esquema del ensayo de compresión.	35
2. Esquema del ensayo de tracción.	40
3. Esquema del ensayo Brasilerero.....	42
4. Esquema del ensayo de carga puntual.	43
5. Diagrama de absorción vs tiempo de las mues- tras 6B, 3A, 9L y 1L, sumergidas en agua.	67
6. Diagrama de absorción vs tiempo de las mues- tras 10, 9A, 12 y 11, sumergidas en agua.	68
7. Diagrama de absorción vs tiempo de las mues- tras 10, 9A y 1L, saturadas al vacío.	69
8. Relación entre desgaste a la abrasión y granulometría.	74
9. Corte típico # 1. Cerro Grande.	88
10. Corte típico # 2. Cerro Cuatro.	89
11. Corte típico # 3. Cerro Tres.	89
12. Corte típico # 4. Cantera "Hormigonera Gua- yaquil".	90

XII

13. Corte tipico # 6. Corte "Via Perimetral".	91
14. Corte tipico # 7. Corte "Cerros de Urdesa".	91
15. Corte tipico # 9. Corte "Avda. Carlos Julio Arosemena".	92
16. Corte tipico # 11. Cantera "Caputti".	93
17. Corte tipico # 12. Corte "Las Orquídeas".	94
18. Esquema de pavimentos.	102



BIBLIOTECA

INDICE DE TABLAS

	PAGS.
I. Rangos Granulométricos.....	27
● II. Gradación y # de esferas.....	33
III. Tamaños y pesos para cada gradación.....	33
IV. Granulometría y pesos para ensayos de desgaste al sulfato.....	71
V. Clasificación de las roca basada en la resistencia a la compresión simple.....	81
VI. Clasificación de la roca basada en el módulo relativo.....	82
VII. Resultados de la caracterización geomecàn- nica general para cada frente.....	83
VIII. Minerales reactivos con el álcalis del cemento.....	97
IX. Porcentajes de desgastes admisibles para pavimentos.....	103

INDICE DE ABREVIATURAS

a	:	Cantidad de agua que satura los poros de una roca
A	:	Indice de absorción
AASHTO:		American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
cc.	:	Centimetro cúbico
cm.	:	Centimetro
D	:	Diámetro
D.A.	:	Desgaste a la abrasión
D.S.	:	Desgaste al sulfato
e	:	Relación de Vacíos
E	:	Módulo de deformación
Ed	:	Módulo de deformación dinámico
Es	:	Módulo de deformación secante
Et	:	Módulo de deformación tangente
EPN	:	Escuela Politécnica Nacional
g	:	Gravedad
gr.	:	Gramo
G	:	Gravedad específica aparente
Gv	:	Gravedad específica verdadera
H	:	Dureza
Is	:	Indice de resistencia
kg.	:	Kilogramo
K	:	Permeabilidad
L	:	Longitud



BIBLIOTECA

L/D	:	Relación altura-diámetro de probetas
mm.	:	Millímetro
mt.	:	Metro
n	:	Porosidad
P	:	Carga
Pi	:	Peso inicial
Pf	:	Peso final
R	:	Resistencia al Martillo de Schmidt
Rc	:	Resistencia a la compresión simple
seg.	:	Segundo
t	:	Tiempo
Tb	:	Resistencia a la tracción (Ensayo Brasileiro)
USBR	:	U.S. Bureau of Reclamation
V	:	Volumen
Vp	:	Velocidad del pulso Sónico
Wo	:	Peso seco
Ws	:	Peso sumergido
Ww	:	Peso saturado
°	:	Grados
°c	:	Grados centígrados
%	:	Porcentaje
Y	:	Peso unitario
Y'	:	Peso unitario sumergido
Yd	:	Peso unitario seco
Ysat	:	Peso unitario saturado
Yw	:	Peso unitario del agua
Δ	:	Delta



BIBLIOTECA

XVI

ϵ	:	Deformación unitaria
ϵ_c	:	Deformación unitaria en el punto de rotura
ϵ_1	:	Deformación unitaria longitudinal
ϵ_3	:	Deformación unitaria transversal
ν	:	Coefficiente de Poisson
μ	:	Micra
π	:	3.1416
ρ	:	Densidad de masa (γ/g)
σ	:	Esfuerzo
σ_t	:	Resistencia a la tracción
Σ	:	Sumatoria

INTRODUCCION

Antecedentes

La Formación Cayo, motivo del presente trabajo, constituye una de las más importantes ocurrencias de rocas sedimentarias en la costa ecuatoriana, y se presenta en todo el sistema orográfico conocido como Chongón-Colonche.

Dicha formación presenta además variaciones litológicas determinables, razón por la cual se decidió efectuar la caracterización geomecánica de dichos estratos rocosos, en tal forma de poder analizar el comportamiento a nivel de macizo rocoso.

Por otra parte es necesario recalcar la importancia que tiene el sistema orográfico antes mencionado particularmente en lo referente al área poblada de la ciudad de Guayaquil, la cual está prácticamente dividida por la cordillera Chongón-Colonche, que incluye diferentes cerros y colinas con numerosos asentamientos humanos, y que por otro lado constituyen una importante reserva de material pétreo destinados a diferentes usos dentro de la construcción.

Localización del área de estudio

La Formación Cayo aflora a lo largo de la cordillera Chongón-Colonche, que se inicia en las inmediaciones de Durán y termina en el Océano Pacífico, debiéndose hacer constar que la mencionada formación se encuentra también presente en otros sectores de la costa ecuatoriana.

El área de estudio está definida en las siguientes coordenadas:

PUNTO	LONGITUD	LATITUD
A	80° 00'	2° 04'
B	79° 47'	2° 04'
C	79° 47'	2° 13'
D	80° 00'	2° 13'



BIBLIOTECA

Alcance del trabajo

La presente investigación, no pretende caracterizar a la Formación Cayo en su totalidad, como lo implica el tema general, debido a la gran extensión areal y a la complejidad litológica de esta formación. Un estudio geomecánico completo conlleva a realizar un proyecto de gran envergadura, el cual no está a nuestro alcance. Esto obligó a limitar el área de trabajo, considerando la zona de mayor influencia, analizando principalmente los materiales que afloran con mayor frecuencia y que podrían ser utilizados por sus propiedades individuales y de conjunto.

En el presente trabajo investigativo, se aplican criterios normalmente empleados en mecánica de rocas, evaluando las propiedades intrínsecas y extrínsecas de las mismas. Este análisis ha sido complementado con un estudio cualitativo y cuantitativo de los componentes mineralógicos del material rocoso.

Es obviamente comprensible que el punto de partida de este trabajo se basa en el estudio geológico del área de interés.

Revisión de trabajos anteriores

La Formación Cayo ha sido estudiada fundamentalmente desde el punto de vista geológico, existiendo algunos trabajos al respecto.

En lo que respecta a la caracterización geomecánica existen muy pocos trabajos, entre los cuales se puede hacer constar la Tesis titulada "Propiedades de los materiales rocosos de la baja Cuenca del Guayas" (2) 1983; la determinación de algunos parámetros geomecánicos de rocas de la Formación Cayo, en el proyecto de trasvase a la Península (1986); y los diseños definitivos del túnel del Cerro El Carmen (1987) en donde se hace una descripción geomecánica minuciosa a lo largo de la traza de dicho proyecto.

CAPITULO I

REVISION TEORICA DE CONCEPTOS GEOMECANICOS

En Mecánica de Rocas existen dos conceptos fundamentales que constituyen la definición del macizo rocoso y el material rocoso. En el primer caso se habla de un volumen de material que involucra la escala de una obra de ingeniería, así por ejemplo un macizo^o atravesado por una carretera; y otro concepto que tiene que ver con los diferentes tipos de roca o litología que pueden ser estudiados individualmente y que en todo caso son parte estructural del macizo rocoso.

Para definir los parámetros geomecánicos se efectúan los ensayos de laboratorio y/o los ensayos in situ. Los ensayos de laboratorio implican un trabajo con el material rocoso que es extraído como muestras representativas e inalteradas o intactas de un determinado sitio del macizo.

Existen en general dos tipos de ensayo de laboratorio para caracterizar el material rocoso y son: determinación de

propiedades intrínsecas y determinación de propiedades extrínsecas.

1.1 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES INTRINSECAS O PROPIEDADES FISICAS. (Anexo A)

Las propiedades intrínsecas o físicas son las propiedades que caracterizan al material rocoso y no se requiere de ningún agente externo para determinarlo.

Dentro de estas propiedades se analizan las siguientes:

- Gravedad específica aparente (G).
- Gravedad específica verdadera (Gv).
- Porosidad (n).
- Relación de vacíos (e).
- Índice de absorción (A).
- Peso unitario (Y).
- Análisis petrográfico.
- Dureza (H).
- Permeabilidad intrínseca (K).



BIBLIOTECA

GRAVEDAD ESPECIFICA (G)..- Es una propiedad que expresa cuantas veces un cuerpo (roca) es más pesado que un volumen de agua igual al suyo, sin considerar el peso del agua que se infiltra en los poros de la substancia rocosa. Se la conoce también como "peso específico aparente", y su valor es de uso más frecuente en el estudio de las propiedades físicas de las rocas.

La gravedad específica aparente está dada por:

$$G = \frac{W_o}{W_w - W_s} \quad (1.1)$$

W_o = peso seco (gr.)

W_w = peso saturado (gr.)

W_s = peso saturado dentro del agua (gr.)

GRAVEDAD ESPECIFICA VERDADERA (G_v) .- Es la propiedad que expresa cuantas veces un cuerpo (roca) es más pesado que un volumen de agua igual al suyo, considerando la cantidad de agua que satura los poros de una roca. Se la determina por medio de la siguiente relación:

$$G_v = \frac{W_o}{W_w - a - W_s} \quad (1.2)$$

$a = W_w - W_o =$ cantidad de agua que satura los poros de una roca (gr.)

POROSIDAD (n) .- Llámase porosidad a la fracción de vacíos, expresada en porcentaje, ocupada por los poros ya sea que éstos estén llenos de aire, agua, o ambos, y el volumen total de la muestra.

Empleando la misma simbología anterior tenemos:

$$n (\%) = \frac{W_w - W_o}{V} * 100 \quad (1.3)$$

$V =$ volumen de la muestra (cm^3 .)

RELACION DE VACIOS (e).- Esta propiedad determina la razón del espacio ocupado por los poros, al espacio ocupado por las partículas sólidas de una masa rocosa.

Se la define como:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1.4)$$

$V_v =$ volumen de vacíos

$V_s =$ volumen de sólidos

A la relación de vacíos se la determina conociendo la porosidad mediante la relación:

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (1.5a)$$

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad (1.5b)$$

INDICE DE ABSORCION (A).- Esta propiedad expresa, la cantidad de agua infiltrada en los poros de una roca, con respecto a su volumen total.

$$A (\%) = \frac{Ww - Wo}{Wo} * 100 \quad (1.6)$$

A % = absorción de la muestra expresada en porcentaje.

PESO UNITARIO DE LAS ROCAS.- Podemos referir el peso unitario de una substancia porosa (roca) a su estado como seco, natural, saturada, e inmersa (sumergida y pesada en el agua).

Si la porosidad de la roca es escasa, la diferencia entre sus pesos en seco y saturada, resulta en general despreciable.

Peso unitario seco (γ_d) .- Propiedad intrínseca de un material que expresa el número de gramos masa que contiene. Se lo conoce también como "densidad en seco" o "peso específico". En la práctica el término "densidad" se emplea en sentido amplio para designar el peso unitario de las rocas. Está representado por el mismo valor numérico que el de la gravedad específica aparente, con unidades dimensionales de gr/cm^3 en el sistema C.G.S.

En la práctica se lo calcula así:

$$\gamma_d = G * \gamma_w \quad (\text{gr./cm}^3) \quad (1.7)$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

Para el caso del peso unitario natural (laboratorio), usualmente se lo determina dividiendo el peso natural de la roca para su volumen.

Peso unitario sumergido (γ') .- Esta propiedad intrínseca mide el peso en gramos masa que tiene una muestra rocosa cuando se encuentra sumergida y saturada bajo agua. Es de vital importancia su determinación cuando este material se lo va a utilizar como material de basamento que tenga la probabilidad de saturarse, como ocurre bajo el cierre de una presa de embalse o cen-

tral hidroeléctrica.

Se lo determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\gamma' = \gamma_d - \left(1 - \frac{n}{100} \right) \gamma_w \quad (\text{gr./cm}^3) \quad (1.8)$$

γ_d = peso unitario seco (gr./cm³.)

n = porosidad

γ_w = peso unitario del agua (gr./cm³.)

Peso unitario saturado (γ_{sat}).— Se lo determina dividiendo el peso de la roca completamente saturada para su volumen, o por medio de la siguiente ecuación:

$$\gamma_{\text{sat}} = \gamma' + \gamma_w \quad (\text{gr./cm}^3) \quad (1.9)$$

γ' = peso unitario sumergido (gr./cm³)

γ_{sat} = peso unitario saturado (gr./cm³)



BIBLIOTECA

ANÁLISIS PETROGRÁFICO (Anexo B).— Estos análisis sirven para determinar otras propiedades intrínsecas microscópicas, como su contenido mineral, abundancia y asociación, tamaño de los granos, alteración, estructuras, y texturas de las rocas.

Las láminas delgadas constituyen la mejor ayuda para

realizar el estudio microscópico.

Para la denominación de las rocas según el tamaño de sus granos se usó la clasificación mostrada en la tabla I.

NOMBRE DE LA ROCA	TAMANO DE GRANO
Brecha o aglomerado	> 4 mm
Microbrecha	4 - 2 mm
Areniscas o wackas	
Muy gruesa	2 - 1 mm
Gruesa	1 - 0.5 mm
Media	0.5 - 0.25 mm
Fina	0.25 - 0.125 mm
Muy fina	0.125 - 0.062 mm
Limolita	62 μ - 5 μ
Lutita	< 5 μ

Tabla I. Rangos granulométricos. Tomada de la Petrografía de Willians, Turner y Gilbert (25).

DUREZA.— La dureza es una de las propiedades más investigadas de las rocas, y aún así, es una de las más complejas para entenderla.

Se la define como "la resistencia de un material para tener una deformación en su superficie", Richard

(1961), o como "la resistencia que ofrece una superficie lisa a la abrasión". La dureza de las rocas consiste en la resistencia al desplazamiento de las partículas superficiales, ya sea por esfuerzos abrasivos, tangenciales o como resistencia al esfuerzo normal; además a las fuerzas de penetración, ya sean estáticas o dinámicas.

Esta dureza es gobernada por la eficiencia de la matriz, y a la vez por los minerales o granos que componen la masa de la roca.

Se intenta determinar la dureza de las rocas basada en la composición mineralógica.

La escala de Mohs es obviamente aplicable a minerales homogéneos, cada roca consiste de muchos minerales; ensayos de rayado basados en esta escala son usados para determinar valores de dureza en rocas, esto se da, como la sumatoria de los porcentajes de cada mineral multiplicado por su dureza en la escala de Mohs, y dividiendo por 100, como sigue, Shepherd (1950).

$$H = \frac{S * M}{100} \quad (1.10)$$

H = dureza de la roca

S = porcentaje del mineral presente

M = número de la escala de Mohs correspondiente al mineral

La desventaja de este método es la de obtener la verdadera estimación del contenido mineral.

PERMEABILIDAD INTRINSECA (K).— La permeabilidad es la propiedad de las rocas de permitir el paso de un fluido a través de ella; la permeabilidad intrínseca o primaria difiere del coeficiente de permeabilidad que se determina en los ensayos de campo. La permeabilidad primaria, presenta valores muy bajos, y se la determina en laboratorio con la siguiente relación:

$$K = \frac{\mu * Q * L}{A * P * t} \quad (1.11)$$

K = permeabilidad de la muestra (Darcys)

μ = viscosidad del agua usada a la temperatura de trabajo (Centipoises)

Q = descarga de agua a través de la muestra (cm³./seg)

L = longitud de la muestra (cm.)

A = sección transversal de la muestra (cm²)

P = gradiente de presión indicado por el manómetro (atm.)

t = tiempo que toma la descarga de agua (seg.)

1.2 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES EXTRINSECAS O PROPIEDADES GEOMECAICAS (Anexo C)

Las propiedades extrínsecas de las rocas, son aquellas que se las obtiene bajo la acción de agentes externos conocidos como sollicitaciones; las que pueden ser cargas mecánicas, cuando se aplican a las rocas esfuerzos en diferentes sentidos; o pueden ser ataques químicos, cuando se someten éstas a la acción de soluciones químicas para probar su resistencia.

Entre las propiedades extrínsecas se analizan las siguientes:

- Resistencia al desgaste por solución de sulfatos (D.S.%).
- Resistencia al desgaste por abrasión (ensayo en la Máquina de los Angeles) (D.A.%).
- Resistencia a la compresión simple (R_c).
- Módulo de deformación (E).
- Coeficiente de Poisson (ν).
- Resistencia a la tracción (σ_t).

- Ensayo Brasileiro (Tb).
- Resistencia a la punta o ensayo Franklin (T).
- Resistencia al martillo de Schmidt (R).
- Medida de la velocidad sónica (Vp).
- Módulo de deformación dinámico (Ed).



BIBLIOTECA

RESISTENCIA AL DESGASTE POR SOLUCION DE SULFATOS (D.S. %). - Este ensayo determina o mide la resistencia de la substancia rocosa, en forma de fragmentos de roca, a la desintegración cuando se sumerge en una solución de sulfato de sodio ($SO_4 Na_2$), o sulfato de Magnesio ($SO_4 Mg$), dando un buen criterio para juzgar la resistencia de los agregados cuando estén bajo la acción del intemperismo y meteorización; así como a la acción de las aguas contaminadas o desechos industriales.

Es de anotar que los resultados obtenidos con el uso del sulfato de sodio son diferentes, de los que se obtienen cuando se usa el sulfato de magnesio. Para determinar el porcentaje de desgaste se utiliza la siguiente relación:

$$D.S.\% = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (1.12)$$



BIBLIOTECA

D.A.% = porcentaje total de desgaste al sulfato

Pi = peso inicial de la muestra

Pf = peso final de la muestra

NOTA: Se aclara que con la última versión de la norma AASHTO-65 los tamices de control, para determinar la pérdida, han sufrido una pequeña modificación con respecto a los tamices de la norma no revisada anterior, usados en este trabajo.

RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASION. ENSAYO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES. (D.A.%).— Este ensayo mide la resistencia al desgaste por abrasión de la substancia rocosa, en forma de fragmentos de roca triturada, por medio de la Máquina de Abrasión de los Angeles. Esta máquina consiste en un tambor hueco, de acero, que en su interior contiene un determinado número de esferas de acero cuyos diámetros son de 1 7/8" y un peso variable entre 390 y 445 gr. El número de esferas y gradación a usarse deben estar de acuerdo a las especificaciones mostradas en las tablas II y III. El número de vueltas que debe dar el tambor son 500, a 33rpm. Los resultados que se obtienen caracterizan al material y así determinan su correcta utilización ya sea como agregados para hormigón o materiales de capas estructurales en vías. El porcentaje total de desgaste a la abrasión es:

$$\text{D.A.}\% = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (1.13)$$

P_i = peso inicial de la muestra

P_f = peso final de la muestra

GRADACION	# DE ESFERAS	PESO TOTAL (gr.)
A	12	5000 25
B	11	4584 25
C	8	3330 20
D	6	2500 15

Tabla II. Gradación y # de esferas. Tomada del manual de laboratorio (24)

ABERTURA DE LOS TAMICES			PESO (gr.)			
PASA EL TAMIZ	RETENIDO EN EL TAMIZ	GRADACION	GRADACION	GRADACION	GRADACION	
		A	B	C	D	
1 1/2"	1"	1250				
1"	3/4"	1250				
3/4"	1/2"	1250	2500			
1/2"	3/8"	1250	2500			
3/8"	No 3			2500		
No 3	No 4			2500		
No 4	No 8				2500	

Tabla III. Tamaños y pesos para cada gradación. Tomada del manual de laboratorio (24)

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (R_c) (Anexo D).- La resistencia última a la compresión simple de un espécimen ensayado, se define como la razón de la máxima carga de falla, para el área de la sección transversal del espécimen antes del ensayo.

Esta resistencia es generalmente llamada como la "capacidad de carga" que tiene una roca sin fragmentarse o resquebrajarse.

El ensayo de compresión uniaxial, así también llamado, se puede usar, dependiendo del tipo de proyecto, simplemente para clasificar las rocas y con ello obtener las propiedades o el comportamiento de las mismas, esto último sobre todo si se obtiene una curva completa σ - ϵ .

Las curvas σ - ϵ obtenidas en el ensayo de compresión simple sirven para la determinación de los parámetros elásticos tales como el módulo de deformación (E) y/o el coeficiente de Poisson (ν); debiéndose acotar que para la determinación de estos dos últimos parámetros se requiere de la determinación de las deformaciones longitudinales y transversales de la probeta durante el ensayo.

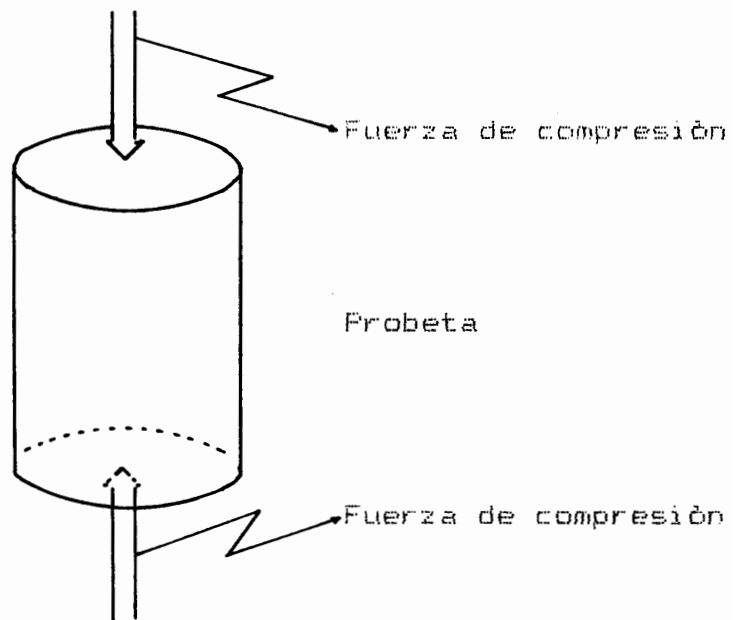


Fig. 1. Esquema del ensayo de compresión

Las condiciones en que se realiza el ensayo de compresión simple o uniaxial, afectan el comportamiento de la matriz rocosa, los cuales pueden llevar a resultados erróneos si no se realizan con sumo cuidado. Las condiciones más importantes son:

- Forma de la probeta.
- Relación altura/diámetro (L/D) de las probetas de roca.
- Condiciones en los extremos del ejemplar.
- Velocidad de aplicación de la carga de compresión.

Se prefiere la probeta cilíndrica, dado que los testi-

gos extraídos son generalmente cilíndricos y se pueden cortar directamente a la altura deseada.

Las muestras con un valor de L/D comprendido entre 2.0 y 2.5 son en general el tamaño óptimo para un ensayo de compresión. Las muestras largas pueden fallar por inestabilidad elástica; los cortos pueden eliminar planos preferentes de rotura, produciéndose por lo tanto una mayor resistencia.

Los extremos de la probeta deben estar correctamente pulidos y paralelos entre sí, para evitar concentraciones de esfuerzos.

La velocidad de aplicación de la carga, afecta tanto al valor del esfuerzo de rotura, así como el módulo de elasticidad; en general a mayor velocidad de carga, estos valores resultan más altos.

Experimentalmente se ha determinado que cuando la carga se incrementa entre 0.7 y 7.0 kg/cm² por segundo, no se notan diferencias apreciables en la mayoría de las rocas (22).

La resistencia a la compresión está determinada por la ecuación:

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (\text{kg./cm}^2) \quad (1.14)$$

R_c = resistencia a la compresión simple (Kg./cm²)

P = carga de rotura (kg.)

A = sección transversal de la probeta (cm²)

MODULO DE DEFORMACION (E) (Anexo D).- Este parámetro mide el grado de deformabilidad que posee un material dado, en este caso, la roca ensayada.

Valiéndose de la relación de elasticidad de Hooke :

$$\sigma = E \epsilon \quad (1.15a)$$

Aplicando diferenciales:

$$\Delta \sigma = E \Delta \epsilon \quad (1.15b)$$

De donde:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = \frac{d\sigma}{d\epsilon} \quad (1.15c)$$

Este parámetro en mecánica de rocas es conocido como el módulo de deformación de la roca.



Considerando el esfuerzo (σ) y la deformación unitaria (ϵ), hemos definido E, es decir, es la primera derivada de la curva (σ - ϵ), por representar la pendiente de una recta tangente en cualquier punto de la curva elegida.

Las rocas por lo general no tienen un comportamiento elástico, es decir no existe una exacta proporcionalidad hasta el punto de rotura entre σ y ϵ , por lo que sus gráficos no son rectas perfectas sino curvas.

Por este motivo, en mecánica de rocas se acostumbra a definir dos tipos de módulo de elasticidad: Módulo de deformación tangente y Módulo de deformación secante (2).

Módulo de deformación tangente (E_t).- Es el más utilizado en mecánica de rocas, se lo obtiene tomando el 50% de la resistencia última en el diagrama (σ - ϵ), y haciendo pasar una recta tangente en ese punto. La pendiente de esa recta define E_t , siendo entonces la primera derivada de la curva en ese punto, que se determina en el propio gráfico.

Módulo de deformación secante (E_s).- Se lo obtiene uniendo con una línea recta el punto de origen de un diagrama (σ - ϵ) y el punto donde se obtiene la resis-

tencia última R_c . La pendiente de esta recta define este módulo de deformación. Para hallarlo basta dividir el valor de la resistencia última para el valor de la deformación unitaria en el punto de rotura, de donde:

$$E_s = \frac{R_c}{\epsilon_c} \quad (\text{kg./cm}^2) \quad (1.15d)$$

E_s = módulo de deformación secante (kg./cm²)

R_c = resistencia a la compresión simple (kg./cm²)

ϵ_c = deformación unitaria de rotura

COEFICIENTE DE POISSON (ν) (Anexo D).— El acortamiento de una probeta bajo un esfuerzo de compresión uniaxial es usualmente acompañado por un incremento del área transversal.

La razón de la deformación unitaria transversal, para la deformación unitaria axial longitudinal, dentro del límite elástico, es conocido como el coeficiente de Poisson.

$$\nu = -\frac{\epsilon_3}{\epsilon_1} \quad (1.16)$$

ν = coeficiente de Poisson

ϵ_1 = deformación unitaria longitudinal

ϵ_3 = deformación unitaria transversal

RESISTENCIA A LA TRACCION (σ_t). - Se la define como la resistencia a los esfuerzos que actúan en sentido contrario a los esfuerzos de compresión.

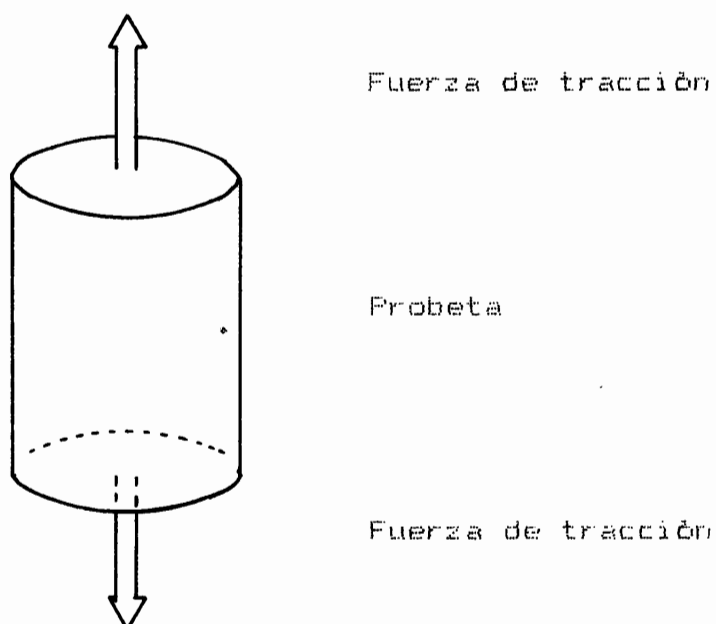


Fig. 2 Esquema del ensayo de tracción



BIBLIOTECA

A pesar de la importancia de los esfuerzos de tensión en rocas, en la práctica son difíciles y no comúnmente realizados. El esfuerzo de tensión es muy variable y de valores muy bajos comparados con los de la resistencia a la compresión.

Generalmente se utilizan métodos indirectos de cálculos, como el de Miller (Illinois 1965), quien después de un sinnúmero de pruebas encontró una relación entre la resistencia a la compresión simple y la resistencia a la tracción. Esto es:

$$R_c = 21\sigma_t + 280 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (1.17a)$$

De donde:

$$\sigma_t = \frac{R_c - 280}{21} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (1.17b)$$

De igual manera A. J. Hendron Jr. sugiere que es suficientemente exacto suponer, en la mayoría de las rocas, una resistencia a la tensión del 5% al 10% de la resistencia a la compresión. De allí que:

$$\sigma_t = 0.05R_c \text{ (kg./cm}^2\text{)} \quad (1.17c)$$

$$\sigma_t = 0.10R_c \text{ (kg./cm}^2\text{)} \quad (1.17d)$$

ENSAYO BRÁSILERO O TRACCIÓN INDIRECTA (Tb).— Es un método indirecto para determinar la resistencia a la tracción; consiste en cargar diametralmente una probeta cilíndrica normalmente en posición horizontal. El objetivo de este tipo de carga es provocar una tensión

de tracción más o menos uniforme sobre la mayor parte del diámetro vertical, como se muestra en la figura 3.

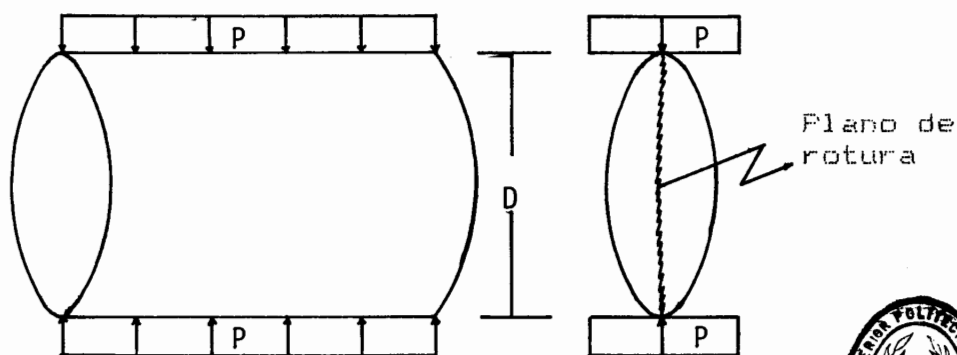


Fig. 3 Esquema del ensayo Brasilerero



BIBLIOTECA

Cuando esta tensión produce la rotura, a lo largo del diámetro cargado, nos da una medida de la resistencia a la tracción de las rocas.

Usualmente la relación longitud diámetro (L/D) mínima para este ensayo es 1. La resistencia a la rotura se determina por medio de la siguiente relación.

$$T_b = \frac{2P}{\pi DL} \quad (1.18)$$

T_b = resistencia a la tracción (kg./cm²)

P = carga de rotura (kg.)

D = diámetro de la probeta (cm.)

L = longitud de la probeta (cm.)

π = 3.1416

RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL O ENSAYO FRANKLIN (T).-

Este ensayo determina la resistencia a la carga puntual mediante la aplicación de carga diametral a través de conos de acero como se muestra en la figura 4.

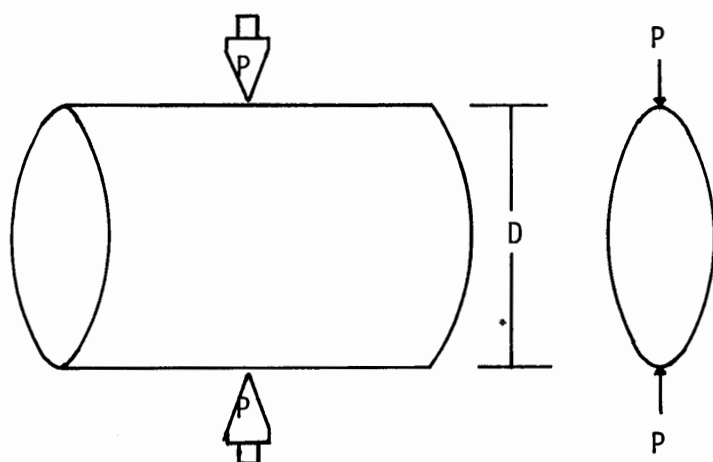


Fig. 4 Esquema del ensayo de carga puntual

La ventaja de este ensayo es la simplicidad y sobre todo la posibilidad de poderlo realizar inmediatamente después del reconocimiento del material, ya que se pueden utilizar cilindros de roca provenientes de núcleos perforados y también fragmentos irregulares de roca, cuyo espesor varía entre 25 y 100 mm.

Si P es la carga de rotura, el ensayo Franklin permite definir el índice de resistencia (I_s) según la relación:

$$I_s = \frac{P}{D^2} \text{ (kg./cm}^2\text{)} \quad (1.19)$$

I_s = Índice de resistencia (kg./cm²)

P = carga de rotura (kg.)

D = distancia entre punta y punta (cm.)

RESISTENCIA AL MARTILLO DE SCHMIDT (R).—El ensayo de rebote del martillo de Schmidt, determina la dureza de un material rocoso, midiendo el número para el cual el martillo rebotará desde una superficie preparada previamente.

El equipo es ligero y fácil de usar en el campo, pero se debe tener cuidado en seleccionar el lugar en el cual la medida será tomada, ya que se deben remover las desigualdades y materiales flojos, poco resistentes antes del ensayo.

MEDICION DE LA VELOCIDAD DEL PULSO SONICO (Vp).— Esta técnica se basa en la generación de un pulso de esfuerzo de corta duración y de baja amplitud, a un extremo de la roca, y la medida precisa del tiempo que transcurre para la llegada del primer pulso energético reconocible en el extremo opuesto del testigo.

La velocidad V_p , la cual es la velocidad de las ondas de dilatación, en un medio no limitado, o la velocidad compresional de la masa, es fácilmente determinada dividiendo la longitud del espécimen para el tiempo de llegada de la onda que ha sido medida.

$$V_p = \frac{L}{t} \text{ (mt./seg.)} \quad (1.20)$$

V_p = velocidad del pulso sónico (mt./seg.)

L = longitud del espécimen (cm)

t = tiempo de llegada del pulso sónico (seg.)



BIBLIOTECA

MODULO DE DEFORMACION DINAMICO (E_d).— Este módulo se determina a partir de la velocidad sónica longitudinal.

Según está demostrado en la Tesis de Chávez M. (6), existe una buena correlación entre el módulo dinámico y el módulo estático obtenidos en los ensayos de compresión simple, en dicho trabajo se establece además que el módulo dinámico es más alto que el módulo estático principalmente cuando la roca está saturada, en cambio el módulo estático que se calcula a partir de la resistencia a la compresión es menor.

Para obtener el módulo dinámico se utiliza la siguien-

te ecuación:

$$E_d = \rho V_p^2 \quad (\text{kg./cm}^2) \quad (1.21)$$

E_d = módulo dinámico (kg./cm²)

ρ = densidad (gr/cm³)

V_p = velocidad del pulso sónico

1.3 CORRELACION ENTRE PROPIEDADES

Con la finalidad de reducir el número de ensayos de una investigación, sin afectar la calidad de los parámetros, se acostumbra a realizar correlaciones entre las propiedades mecánicas y las propiedades intrínsecas. Es fácilmente deducible que los ensayos de propiedades mecánicas son bastante más costosos que aquellos de propiedades índices.

En el presente trabajo se realizaron correlaciones de tipo lineal, por ser más prácticas y aplicables, las cuales se muestran en el anexo E.

CAPITULO II

IDENTIFICACION GEOLOGICA

2.1 VARIACIONES LITOLOGICAS Y ASOCIACIONES ESTRATIGRAFICAS

La Formación Cayo está constituida, por una potente serie volcano-sedimentaria de hasta 3000 mt., caracterizada por la superposición de diferentes litologías con comportamiento variable a la meteorización y erosión; ha sido dividida según Fauchert y Saboyat (1973) en tres miembros geológicos diferentes:

MIEMBRO CALENTURA.— Miembro inferior, cuya localidad tipo es la antigua cantera de Calentura, 9 Km. al NO de Guayaquil; sus características litológicas lo definen como un miembro eminentemente calcáreo; las calizas son de oscuras a negras generalmente arcillosas, micríticas, con variado grado de silicificación, conteniendo abundantes radiolarios y abundantes foraminíferos; hay también lutitas, algunas calcáreas, generalmente negras y con silicificación

variable; en menor proporción se encuentran areniscas tipo grauwacka y lavas volcánicas.

Son depósitos que se podrían considerar como profundos en virtud de la ausencia o escasez de polen, esporas y partículas de vitrinita, que revelan una gran lejanía de los aportes continentales (1).

Su espesor medio alcanza los 150 mt., pero es posible que llegue a los 200 mt.; su edad corresponde al Cenomaniano Superior - Turronense Medio, aunque más probable Turronense.

MIEMBRO CAYO S.S.- Su localidad tipo es la orilla Sur de la Bahía de Cayo. Consiste de una gruesa capa de rocas sedimentarias que en algunos casos alcanzan hasta los 2000 mt. Litológicamente se presenta como una alternancia de brechas, microbrechas, areniscas tobáceas gruesas y finas y lutitas; las que fueron depositadas por corrientes de turbidez (3); en general estas rocas se presentan con gradación normal.

El estudio petrográfico de estas rocas revela que fueron depositadas en medios marinos; formadas por fragmentos de rocas de origen volcánico, consistentes en lava vitrea, compacta o vesicular de composición basáltica o andesítica. Puede o no existir una matriz

arcillosa; los fragmentos tienen una mala o regular clasificación, las lutitas tienen un elevado porcentaje de vidrio, con seguridad solidificado antes de su depositación y en mezclas variables con sedimentos de origen marino con microfauna de aguas profundas (3).

Thalman (1946) le asigna la edad Senoniano, llegando posiblemente al Maestrichtiano.

MIEMBRO GUAYAQUIL. - Considerado como el miembro superior de la Formación Cayo. Su localidad tipo es la cantera frente al puente sobre el Estero Salado en la salida oeste de Guayaquil.

Su litología consiste de lutitas silicificadas con nódulos de pedernal, en capas delgadas de color gris claro a gris oscuro, e intercalaciones de lutitas tobáceas y tobas de color gris oscuro a verdoso en estratos bien definidos. Localmente la roca puede ser reemplazada por sílice, observándose también vetas de sílice y de cuarzo (4).

En este miembro ocurre una de las últimas secuencias piroclásticas (tobas), y se trata de sedimentación de aguas marinas profundas, con foraminíferos y radiolarios; su potencia está alrededor de 400 - 500 mt. La Formación Guayaquil ha sido definida según Thalman

(1946) y Bristow (1976) de edad Cretácico Superior.

La Formación Cayo descansa siempre sobre la Formación Piñón que es datada radiométricamente como Cenomaniano.

El Miembro Calentura pasa transicionalmente al Miembro Cayo S.S., según Olson (1942) el Miembro Guayaquil, descansa discordante sobre el Miembro Cayo S.S., pero en realidad hay una transición gradual entre las unidades. Está sobrepuesta con aparente concordancia, pero con un hiato estratigráfico, por la Formación San Eduardo del Eoceno Medio.

En los sitios de muestreo se hizo un reconocimiento geológico, realizando en cada corte una breve descripción litológica de sus principales características:

Cerro Grande.— Se presentan principalmente secuencias granodecrecientes de areniscas de grano medio a lutita, interestratificadas con limolitas deleznales. El espesor de los estratos de areniscas varían en un rango de 0.5 a 2 mt., y los paquetes de lutitas llegan a los 2 mt., presentándose con espesores mayores en el Miembro Guayaquil.

Cerro Cuatro.— Dentro del Miembro Cayo S.S. presencia

de secuencias turbidíticas finas, métricas, de areniscas de grano medio a limolitas y lutitas hasta el contacto con el Miembro Guayaquil, en donde las lutitas silíceas se presentan en estratos decimétricos con intercalaciones de limolitas y lutitas deleznales.

Cerro Tres.— En la base del afloramiento se presentan turbiditas métricas de areniscas de grano medio a lutitas, luego se observan estratos de turbiditas finas y gruesas, hasta llegar a estratos potentes de brechas, cerca del contacto entre los miembros Cayo S.S. y Guayaquil. Las lutitas del Miembro Guayaquil se presentan en secuencias decimétricas con interestratificación de limolitas.

Cantera "Hormigonera Guayaquil".— Afloran exclusivamente rocas del Miembro Guayaquil, que consisten en intercalaciones de lutitas silíceas con nódulos de pedernal y limolitas deleznales, con presencia de turbiditas finas muy poco frecuentes.

Corte "Cda. Bellavista".— Resaltan los potentes estratos que van desde brechas y microbrechas a areniscas de grano medio, sobreyaciendo a turbiditas finas.

Corte "Via Perimetral".— Afloran rocas que consisten principalmente de potentes estratos de brechas grano-

decrecientes; se observa además series de lutitas interestratificadas con limolitas laminadas en paquetes de poco espesor.

Corte "Cantera Caputti".- En la parte inferior del afloramiento se tienen turbiditas muy finas, que contrastan con los potentes estratos de turbiditas gruesas de brechas y microbrechas a lutitas, en la parte superior.

Corte "Cdla. Las Orquídeas".- Afloran rocas exclusivamente del Miembro Calentura, en las que sobresalen potentes estratos de areniscas de grano medio, con intercalaciones decimétricas de turbiditas que van de arenisca de grano fino a limolita.

2.2 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS GENERALES Y LOCALES

En el SO del Ecuador se distinguen los siguientes dominios estructurales (18):

- Cordillera Chongón-Colonche
- Depresión Chongón-Colonche
- Horts Chongón
- Horts Azúcar-Playas
- Cuenca Progreso
- Cuenca del Guayas

- Graven Jambeli

En el informe presentado por el proyecto ESPOL-CONUEP (17) se determina que en el área de la Cuenca Progreso y Manabí, existe una gran fracturación, detectando por lo menos cuatro poblaciones principales de fallas geológicas con los siguientes rumbos azimutales: N 20°-30°; N 55°-65°; N 115°-125°; N 150°-165°.

Fallas con rumbo NO-SE se observan al sur de la cordillera Chongón-Colonche: falla Carrizal, falla La Cruz, localizadas al Norte y Sur de la cuenca Progreso respectivamente.

La presencia de la falla Guayaquil-Babahoyo de rumbo N 30° E, y el desarrollo de una serie de fallas activas paralelas a ella, dió lugar a la formación del graven de Jambeli: como prueba de ello se observa una serie de bloques levantados y limitados por fallas normales de buzamiento elevado tales como, el cerro Santa Ana, cerros de Durán y cerros del Salado (11).

También se encuentran fallas con un rumbo aproximado N-S, cuya orientación es paralela a las grandes estructuras actuales (zona de subducción, Cuenca de Manabí, Cuenca del Guayas, Cordillera de los Andes) (11).

Otras fallas importantes son las asociadas a la falla Guayaquil-Dolores-Romeral de rumbo N 50°. Localmente se determinaron las siguientes estructuras:

- **Estratificación:** En general las rocas en los afloramientos estudiados forman parte de una gran estructura monoclinal con rumbo promedio E-O, y con un buzamiento promedio de 10°-30° S-SW.
- **Diaclasas:** Todas las rocas están diaclasadas, en menor intensidad las brechas, le siguen las areniscas y las más afectadas son las lutitas; ocurren en todas direcciones, siendo las preferenciales N-NO, N-NE, N, con un buzamiento entre los 70° y 90° hacia el Este y Oeste. Son de origen tectónico, y en su mayoría están cerradas y ocultas, las que se evidencian al romper la roca, generalmente rellenas de material triturado (arcilla), y pocas veces por sílice o calcita. El carácter litológico modela la forma, continuidad y rugosidad de los materiales, las que se presentan onduladas poco continuas y rugosas en las brechas; planas continuas y rugosas en las areniscas; planas de poca continuidad y lisas en las lutitas (5).
- **Fallas:** Las fallas observadas en los afloramientos son normales, con pequeños desplazamientos, cuyas

direcciones predominantes son N y N-NE subverticales.

- **Pliegues:** Es otro importante tipo de estructura, los cuales son originados por deslizamiento, que van desde abiertos a subisoclinales, asimétricos y ocasionalmente volcados y truncados en una superficie basal de deslizamiento (18). Estos pliegues son característicos y más frecuentes en las lutitas del Miembro Guayaquil, y se observan en cortes realizados en el cerro del Carmen, cerros de las cdías. Bellavista y Ferroviaria, entre otros.
- **Diques:** Se observan también diques andesíticos (?) en cortes realizados en diversos lugares como cdía. Las Orquídeas, Cantera Caputti, entre otros.

2.3 ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS

Hidrogeología es aquella parte de la hidrología que corresponde al almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en las zonas saturadas de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción de hombre (9).

Hidrogeológicamente el área de estudio está integrada en su mayoría por materiales anisotrópicos y en muy escasa cantidad por materiales isotrópicos, con los que se relacionan las principales características hidrogeológicas: porosidad, permeabilidad, transmisibilidad (5).

En general en los cortes visitados es completamente nula la ocurrencia de acuíferos (marzo/88 relativamente seco), en algunos lugares simplemente se nota algo de humedad.

La Formación Cayo presenta características particulares relacionadas con las diferentes unidades litológicas; así tenemos rocas de granulometría variada, de muy fina a muy gruesa que incluyen lutitas, areniscas, microbrechas, brechas, las mismas que se encuentran de bien estratificadas a masivas, y de fracturadas a menos fracturadas, dependiendo del carácter litológico antes anotado. Por consiguiente la porosidad textural tiene un amplio rango, desde mala a buena (lutitas-areniscas), sin embargo la permeabilidad estructural se ve mejorada inversamente dependiendo de la mayor o menor afectación ligada igualmente a los diferentes materiales, siendo mayor en las lutitas y menor en las areniscas y brechas. De igual manera, dado el carácter anisotrópico de estos materiales, la

permeabilidad horizontal será mayor que la vertical en las zonas bien estratificadas, lo contrario sucede con los horizontes masivos de areniscas y brechas.

Las condiciones hidrogeológicas de las brechas y areniscas dependen básicamente de su matriz, que puede ser arcillosa o arenosa, la misma que permitirá el drenaje subterráneo con menor o mayor intensidad. Las lutitas silíceas presentan las peores propiedades hidrogeológicas debido a su alto grado de silicificación; son de muy mala permeabilidad textural, sin embargo, debido a su buena estratificación y a su fragilidad, esta propiedad se ve mejorada, es decir, la permeabilidad secundaria se incrementa (5).

2.4 ANALISIS DEL FENOMENO DE METEORIZACION DE LA ROCA

En la zona de interés se visitaron alrededor de treinta sitios diferentes para tener un criterio real y determinar posibles perfiles de meteorización, que inciden en las características físicas y propiedades mecánicas de las rocas.

En los lugares escogidos para la selección las muestras se encontró pocos vestigios de meteorización, por cuanto en su mayoría son canteras de reciente explotación, y toda la capa vegetal y meteorizada había sido

removida; observándose únicamente ligeras pátinas de oxidación, que dependen del tiempo de exposición del frente de roca. La acción de la meteorización se evidencia en el tipo de roca expuesta, la cual ofrece mayor o menor resistencia a los agentes de intemperismo, en este caso, las más resistentes son las lutitas silíceas y chert y las menos resistentes las areniscas y brechas.

Analizando estos factores podemos decir lo siguiente: la capa vegetal es nula en algunos lugares y de pocos decímetros en otros; la capa de roca muy meteorizada va desde unos pocos metros (5-15) en las lutitas silíceas, hasta unos 15-20 mt. de espesor en las brechas y areniscas de grano grueso.

Es evidente la meteorización esferoidal en areniscas y brechas, y la coloración típica amarillo rojizo de suelos lateríticos en las lutitas silíceas.

En las zonas bajas se encuentran amplios espesores de suelos con potencias de hasta 9 mt., como resultado de depositaciones recientes (8).

Cabe recalcar que la meteorización es grandemente apoyada por el intenso tectonismo presente, el que ha fracturado intensamente los materiales, facilitando de

modo preferencial el flujo subterráneo de agua.

Además los cambios diarios y anuales de temperatura rompen la roca muy lentamente; mientras tanto las sustancias disueltas en el agua tales como oxígeno y dióxido de carbono provenientes del aire, y ácidos, incluyendo el dióxido de carbono que proviene de la vegetación en descomposición, actúan químicamente sobre los minerales de las rocas (21).

2.5 CRITERIOS PARA DEFINIR LOS SITIOS DE MUESTREO

La selección de sitios de muestreo se efectuó en la forma siguiente:

- Con ayuda del mapa geológico elaborado por el Proyecto ESPOL-ORSTOM (1984), se definieron sitios de acuerdo al tipo de rocas aflorantes, es decir rocas de los miembros de la Formación Cayo.
- Elección de lugares de fácil acceso para evitar el exceso de manipuleo en los bloques de rocas y su afectación.
- Se prefirieron los frentes nuevos de canteras, para obtener muestras sin mayor alterabilidad.

- Se escogieron frentes de rocas con variaciones litológicas.
- Se prefirieron los sitios donde el espesor de los estratos permitieran obtener cilindros de rocas de más de 110 mm. de alto y diámetro de 54 mm., en una relación mínima de $L/D = 2$ aplicando este criterio aconsejado por la experiencia.

CAPITULO III

MUESTREO

3.1 MUESTREO SIN CONSIDERAR LA ESTRUCTURA GEOLOGICA

El muestreo sin considerar la estructura geológica se efectuó con la finalidad de determinar las propiedades geomecánicas de los materiales rocosos, que pudieran ser explotables como materiales de construcción. Consecuentemente al realizar este tipo de muestreo, no se consideraron las discontinuidades existentes en el macizo rocoso, aunque es posible que éstas puedan influir en los procedimientos de explotación.

3.2 MUESTREO CONSIDERANDO LA ESTRUCTURA GEOLOGICA

Este muestreo, se realizó tomando en cuenta las condiciones geológicas existentes, esto es: planos de estratificación, rumbo y buzamiento, pliegues, fracturas, microfracturas, etc.; que si no se previenen, inciden directamente en los resultados de los parámetros obtenidos

CAPITULO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS

Antes de describir los ensayos realizados, a continuación se muestran en forma secuencial las fórmulas que definen las diferentes propiedades de las rocas, las cuales están detalladas en el capítulo I.

$$G = \frac{W_o}{W_w - W_s} \quad (1.1)$$

$$G_v = \frac{W_o}{W_w - a - W_s} \quad (1.2)$$

$$n(\%) = \frac{W_w - W_o}{V} * 100 \quad (1.3)$$

$$e = \frac{V_s}{V_v} \quad (1.4)$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (1.5a)$$

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad (1.5b)$$

$$A(\%) = \frac{W_w - W_D}{W_D} * 100 \quad (1.6)$$

$$\gamma_d = G * \gamma_w \quad (1.7)$$

$$\gamma' = \gamma_d (1 - n/100) \gamma_w \quad (1.8)$$

$$\gamma_{sat} = \gamma' + \gamma_w \quad (1.9)$$

$$H = \frac{S * M}{100} \quad (1.10)$$

$$K = \frac{v * Q * L}{A * P} \quad (1.11)$$

$$D.S.\% = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (1.12)$$

$$D.A.\% = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (1.13)$$

$$R_c = \frac{F}{A} \quad (1.14)$$

$$E_s = \frac{R_c}{\epsilon_c} \quad (1.15d)$$

$$v = \frac{\epsilon_3}{\epsilon_1} \quad (1.16)$$

$$T_b = \frac{2 P}{\pi DL} \quad (1.18)$$

$$I_s = \frac{F}{D^2} \quad (1.19)$$

$$V_p = \frac{L}{t} \quad (1.20)$$

$$E_d = \rho V_p^2 \quad (1.21)$$

4.1 CARACTERIZACION FISICA Y PROPIEDADES INTRINSECAS

Los procesos seguidos para determinar cada una de las propiedades, sean estas intrínsecas o extrínsecas, se describen a continuación.

GRAVEDAD ESPECIFICA (G).- Para su determinación se siguieron los siguientes pasos: Se pone una muestra a secar en un horno a 105°C durante 24 horas, se la deja enfriar y se pesa (W_0); luego se la satura al vacío por 24 horas, luego se la pesa (W_w); así saturada se la pesa también suspendida dentro del agua (W_s). La gravedad específica aparente se determina aplicando la ecuación (1.1).

GRAVEDAD ESPECIFICA VERDADERA (G_v).- Toma en cuenta la cantidad de agua que satura los poros $a = W_w - W_0$. Los pasos son similares a los seguidos para determinar G. La gravedad específica verdadera está determinada por la ecuación (1.2).

POROSIDAD (n).- Para determinar la porosidad sólo basta determinar el volumen (V) de la muestra, valiéndose del principio de Arquimides. Luego de sumergida la muestra se determina la diferencia de niveles de agua en la cubeta graduada, obteniéndose así el volumen.

Con los pasos y simbología seguidos hasta ahora, la porosidad expresada en porcentaje, se calcula por medio de la ecuación (1.3).

RELACION DE VACIOS (e).- Esta relación se determina

conociendo la porosidad (n) y la relación (1.5a), y obtenemos la relación (1.5b), que nos da el valor requerido.

INDICE DE ABSORCION (A).— Conociendo los valores W_o , W_w , descritos anteriormente, se obtiene el índice de absorción de la relación (1.6). Las figuras 5, 6 y 7 muestran diagramas de absorción Vs tiempo para algunos tipos de roca.

PESO UNITARIO (γ).— Se emplearon muestras cilíndricas perfectamente talladas, siendo fácil determinar su volumen y su peso.

El peso unitario de laboratorio (γ_l) se determina simplemente dividiendo el peso de la muestra para el volumen de la misma.

El peso unitario seco (γ_d), se lo obtiene dividiendo el peso de la probeta previamente seca en el horno a 105°C por 24 horas, para el volúmen de la muestra; y también por medio de la ecuación (1.7).

El peso unitario sumergido (γ'), se lo obtiene conociendo la porosidad (n), el peso unitario seco (γ_d), y el peso unitario del agua por medio de la ecuación (1.8).

ABSORCION VS TIEMPO

MUESTRAS SUMERGIDAS EN AGUA

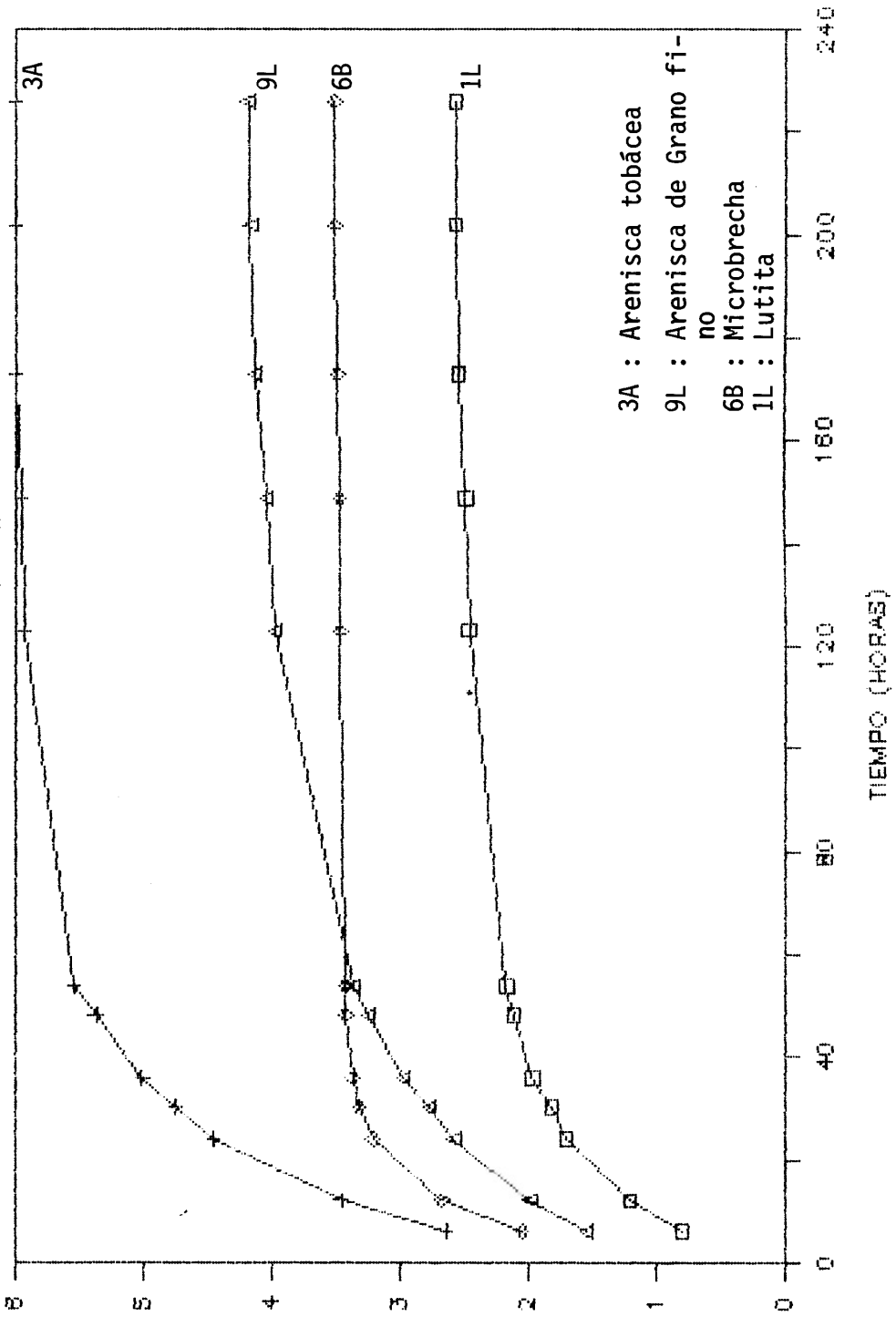


Figura 5



BIBLIOTECA

ABSORCION VS TIEMPO

MUESTRAS SUMERGIDAS EN AGUA

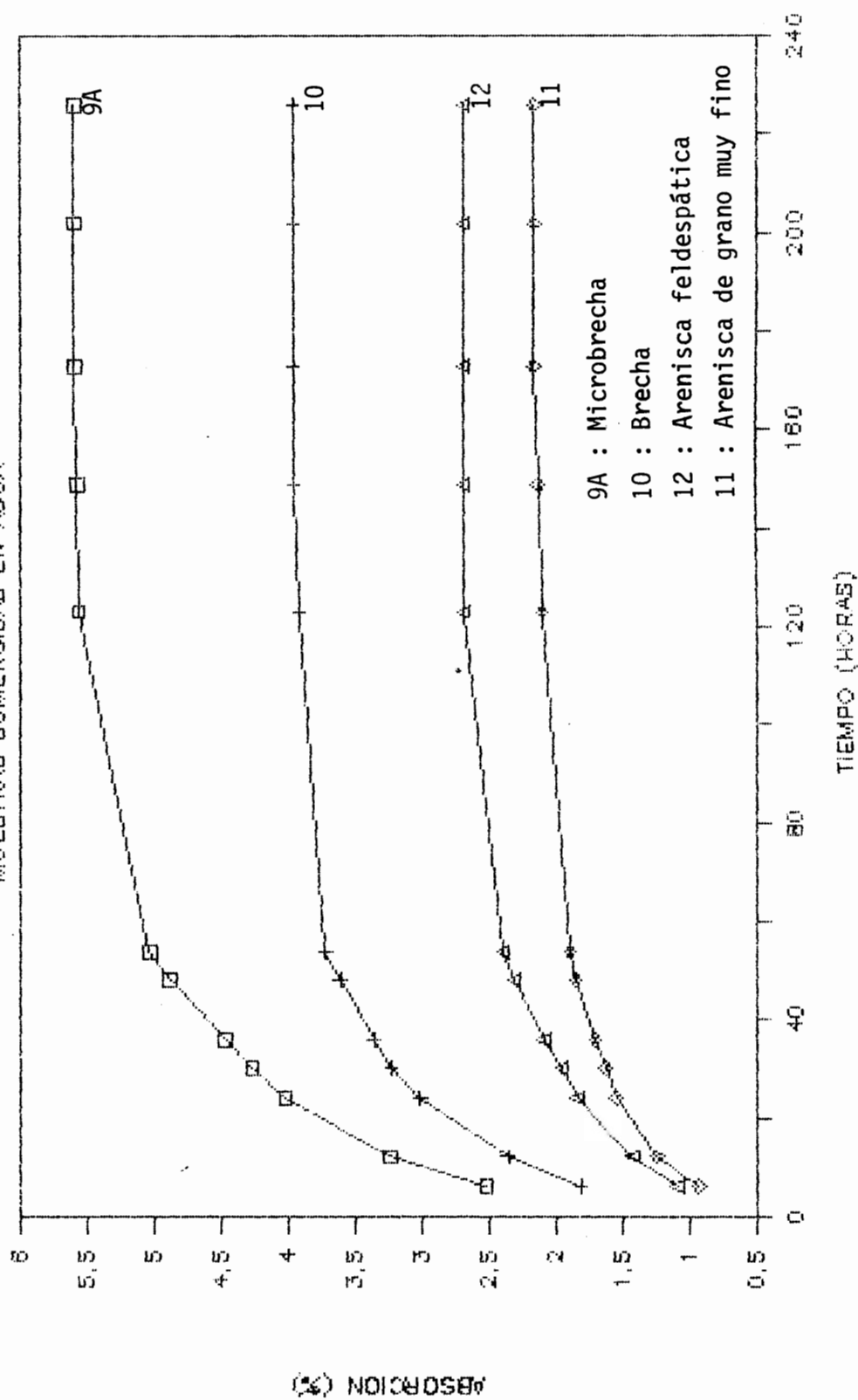


Figura 6

ABSORCION VS TIEMPO

MUESTRAS SATURADAS AL VACIO

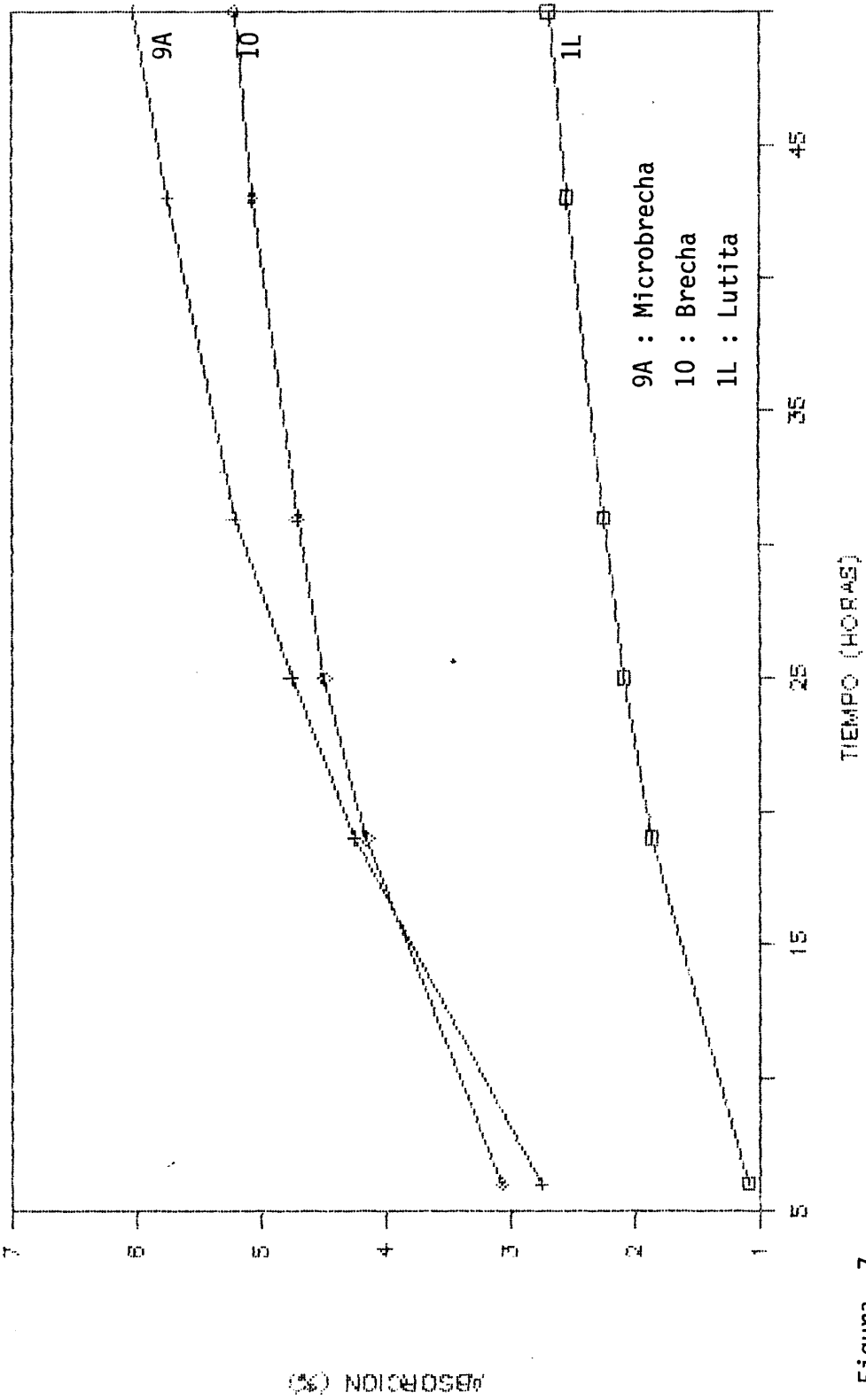


Figura 7

El peso unitario saturado (γ_{sat}), se lo obtiene dividiendo el peso de la probeta saturada durante 24 horas, para su volumen; y también por medio de la ecuación (1.9).

ANALISIS PETROGRAFICOS.- Se analizaron láminas delgadas para cada tipo de roca, determinando el porcentaje de sus minerales constituyentes. Los resultados se muestran en el Anexo B.

DUREZA.- La dureza se obtuvo a partir de los resultados de los análisis petrográficos, aplicando la ecuación (1.10).

PERMEABILIDAD (K).- La permeabilidad primaria fue medida en el permeámetro de gases y líquidos (Ruska Intrusment Corporation) en el laboratorio de Petrofísica de la F.I.G.M.F. Este dispositivo mide la permeabilidad, forzando el agua a salir a través de un núcleo de roca, con área transversal y longitud pre determinadas.

Se mide la presión aplicada, el tiempo y la tasa de flujo de agua a través del núcleo; con ayuda de la ecuación (1.11) se determina la permeabilidad requerida.

4.2 PROPIEDADES GEOMECANICAS

PRUEBA DE DESGASTE AL SULFATO (D.S.%).-- Es la resistencia de los agregados a la desintegración cuando se sumergen en una solución de sulfato de sodio. Para realizar este ensayo, se prepara fracciones de acuerdo a la siguiente tabla :

TAMICES	PESO (gr.)
#4 - 3/8"	300
3/8" - 1/2"	500
1/2" - 3/4"	750
3/4" - 1"	1000
1" - 1 1/2"	1500
1 1/2" - 2"	2000

Tabla IV. Granulometrias y pesos para ensayo de desgaste al sulfato.

Para obtener los tamaños de fragmentos de rocas indicados se procedió a triturar las muestras cuyos fragmentos son separados por tamizado y puestos al horno por 24 horas a 105°C.

Se prepara una solución consistente en 215 gr. de sulfato de sodio (SO_4Na_2) en polvo por cada 1000 cc.

de agua, a una temperatura de 25 a 30°C. Se deja reposar esta solución por lapso de 48 horas antes de ser usada.

En un recipiente conteniendo la solución se introducen las fracciones separadamente, se las tapa para evitar la evaporación, por un tiempo de 16 a 18 horas; la solución debe cubrir a los fragmentos completamente.

Se saca la muestra y se la pone al horno. Se repite este ciclo 5 veces, al final de los cuales se lava los fragmentos de roca y se los pone a secar. Después se separan granulométricamente usando los mismos tamices.

El material retenido es el peso final P_f . A las partículas mayores que 3/4", se les efectúa un examen visual cualitativo, que consiste en inspeccionar cada partícula describiendo la magnitud de la acción de la solución y el número de partículas afectadas.

Se llegó a repetir de 2 a 3 veces los ensayos por seguridad en la obtención de resultados. El porcentaje de desgaste se calcula por la ecuación (1.12).

ABRACION DE LOS ANGELES (D.A.%).— Se expresa en porcentaje de desgaste en la máquina de abrasión, siendo un ensayo estandarizado.

Se trituro la muestra hasta llevarla a la granulometria requerida (Tabla II). Se lava la muestra de material y se seca a 105°C durante 24 horas. Luego se coloca en la maquina la muestra asi preparada, junto con la carga de abrasion (bolas de acero), que es parte del sistema.

Se pone a funcionar la maquina a una velocidad de 30 a 33 rpm. Al cabo de 500 revoluciones se saca la muestra y se la pasa a traves del tamiz # 12. El material retenido en este tamiz se lava y seca en el horno, y luego se pesa obteniendo el peso final Pf.

Para determinar el porcentaje de desgaste utilizamos la ecuacion (1.13). La fig. (8) muestra una relacion entre granulometria vs. desgaste a la abrasion, para el caso del chert.

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Rc).— De los bloques se extrajeron probetas cilindricas con la ayuda de una perforadora de laboratorio marca ACKER, modelo Ambassador 1040E, que permite obtener cilindros de rocas de varios diámetros y direccionados en diferentes ángulos.

Dichos cilindros fueron cortados manteniendo una relacion minima altura / diámetro = 2; a continuacion se

DESGASTE A LA ABRASION VS GRADACION

RODA: CHERT

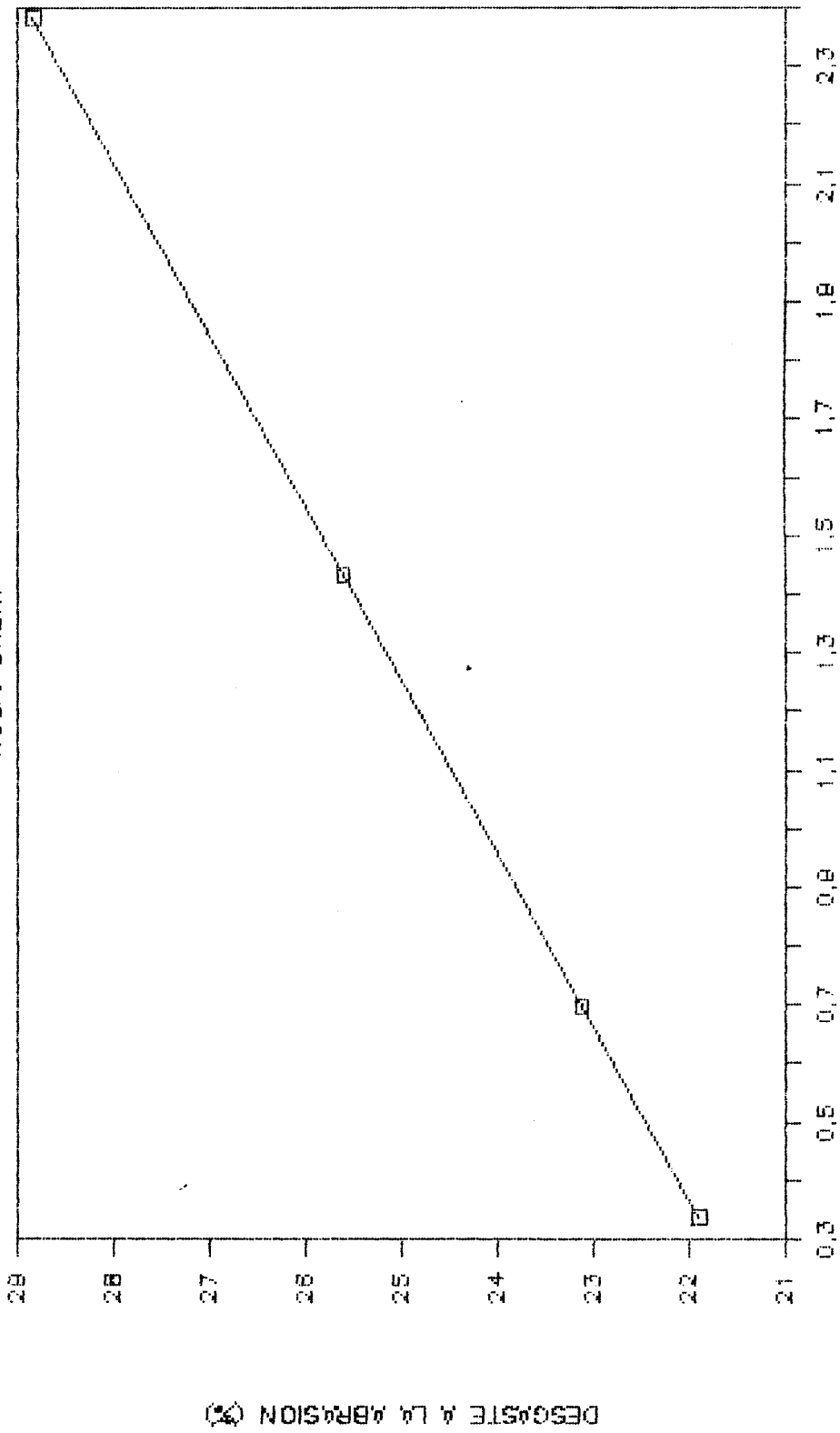


Figura 8

pulieron las muestras para lograr que las bases sean perfectamente paralelas.

Con dichas muestras se efectuaron ensayos de compresión uniaxial con medidas de deformaciones transversales y longitudinales en una prensa universal tipo MTS, de propiedad de la E.P.N. de 250 KN. Se usaron los siguientes parámetros:

La velocidad de carga constante = $1.07 \text{ Kg/cm}^2 \times \text{seg.}$, las deformaciones se midieron mediante strain gauges con la ayuda del deformímetro eléctrico MTS que cambia la resistividad con la deformación. Las resistividades se registraron con un puente de extensometría VISHAY. Los strain gauges usados fueron del tipo EA-06-500BH-120, de $120.0 \pm 0.15 \%$ Ohms de resistencia y con factor de deformímetro (gauge factor) de $2.04 \pm 0.5 \%$ micromedidas.

Una característica y ventaja de la prensa MTS, es que permite obtener las deformaciones longitudinales (ϵ_1) y transversales (ϵ_3), directamente en deformaciones unitarias.

Utilizando la ecuación (1.14) se obtuvo la resistencia a la compresión uniaxial R_c , que tiene la misma significación que el esfuerzo último ($\sigma_{ult.}$) en el cual la

roca inicia su ruptura.

MODULO DE DEFORMACION (E)..- En el ensayo de compresión uniaxial, se obtuvieron los valores de esfuerzo y deformación longitudinal y transversal, con los cuales se pueden elaborar curvas esfuerzo-deformación ($\sigma - \epsilon$).

Para determinar el módulo de deformación (E), se toma el 50 % de la curva esfuerzo-deformación, en donde se hace pasar una recta tangente a la curva, la pendiente de dicha tangente da el valor de E_t conocido como el módulo de deformación tangente. Para determinar el módulo de deformación secante (E_s), basta dividir la resistencia última ($\sigma_{ult.} = R_c$) para la deformación unitaria (ϵ_c) según la relación (1.15d). Estos valores se muestran en el anexo D.

COEFICIENTE DE POISSON (ν)..- En un mismo gráfico, se hacen las curvas ($\sigma - \epsilon_1$) y ($\sigma - \epsilon_3$). En las respectivas curvas se toma un punto, cuyo valor corresponde al 50% de la resistencia última, para asegurarnos de estar siempre dentro del rango elástico, este punto, lo proyectamos hacia sus respectivos ejes de abscisa, y obtenemos el valor de deformación para cada punto, esto es ϵ_1 y ϵ_3 .

La relación (1.16), permite calcular el Coeficiente de

Poisson, el cual se determina y muestra en el anexo D.

ENSAYO BRASILEÑO (Tb).— Llamado también resistencia a la tracción indirecta; se realiza sobre probetas cilíndricas con una relación altura diámetro (L/D) entre 1.0 y 1.5, que son los valores mínimos requeridos para este ensayo; el diámetro de las probetas varió entre 4.5 y 5.7 cm.

Para realizar este ensayo se utilizó una máquina INSTRON 1230, de propiedad de la ESPDL, en la cual se cargó diametralmente la probeta a una velocidad de 1mm./min.

Con la ecuación (1.18) se obtiene el valor de la resistencia a la tracción, en donde el valor de la carga (P), es obtenido directamente del graficador de la máquina. Se realizaron 3 ensayos o más por cada tipo de roca.

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL O ENSAYO FRANKLIN (T).— En la misma máquina INSTRON 1230 se acoplaron dos piezas cónicas de acero templado, que fueron construidas para el efecto; siguiendo las normas recomendadas para este ensayo. Este ensayo es muy versátil, ya que permite realizar pruebas no sólo en cilindros de rocas, sino también en pedazos de probetas o en bloques irregula-

res de rocas.

La mayoría de las muestras fueron cilíndricas. en las rocas que no se pudo obtener tales muestras, se optó por ensayar muestras irregulares, tal es el caso de chert y lutitas muy silicificadas, que por su gran fragilidad no permitieron extraer muestras regulares.

Determinando la distancia entre las puntas y conociendo el valor de la carga (P), obtenemos el índice de resistencia (I_s), según la relación (1.17). Se realizó un mínimo de 10 ensayos para cada tipo de roca.

ENSAYO DE RESISTENCIA AL MARTILLO DE SCHMIDT (R).— Se realizó con el Martillo de Schmidt sobre muestras cilíndricas, manteniéndose en lo posible el mismo diámetro para todas las muestras. Se realizaron más de 10 ensayos para cada tipo de roca.

MEDICION DE LA VELOCIDAD DEL PULSO SONICO (V_p).— Para determinar la velocidad del sonido, a través de la roca, se utilizó un medidor de ondas sónicas marcas TERRATEST de un canal de salida, existente en la E.P.N. Dicho aparato incluye dos cabezales entre los cuales se instala la probeta. En uno de los dos extremos existe un generador de pulso sónico, en tanto que en el otro se tiene un receptor de señales, las cuales

van hasta un osciloscopio, en este último se determina el tiempo que ha transcurrido en atravesar la señal sónica por la probeta. La velocidad sónica V_p se determina mediante la ecuación (1.20).

MODULO DE DEFORMACION DINAMICO (E_d).- Este parámetro se lo determina a partir de la velocidad sónica V_p aplicando la ecuación (1.21).

4.3 ESTABLECIMIENTO DE CORRELACIONES

Los parámetros obtenidos en las diferentes propiedades intrínsecas y extrínsecas permitieron realizar algunas correlaciones. Se prefirieron efectuar correlaciones lineales por las facilidades de graficación y por que es más convenientemente disponer de relaciones de proporcionalidad. Las relaciones efectuadas se muestran en el anexo E. X



BIBLIOTECA

CAPITULO V

EVALUACION GEOMECANICA

5.1 CARACTERIZACION DE LOS FRENTES ROCOSOS EN BASE A SUS PROPIEDADES

Para este trabajo se ha definido como frente rocoso a cada uno de los afloramientos de la Formación Cayo analizados, sin considerar mayormente los diversos factores que pudieran afectar la roca en sus propiedades. Es evidente que dichos factores, entre ellos la meteorización, inciden directamente en las diferencias que pueden encontrarse en estratos de una misma litología.

En los diferentes afloramientos se muestrearon el o los materiales más representativos, con la finalidad de definir sus propiedades geomecánicas, por lo que se logró establecer un rango general de características para cada frente.

Para caracterizar los materiales de los macizos rocosos estudiados, se procedió a seleccionar la clasificación propuesta por Deere y Miller (10), la cual tiene gran aceptación y aplicación en la mecánica de rocas.

Dicha clasificación utiliza los parámetros de resistencia a la compresión simple y el módulo de deformación, obteniéndose una clasificación de resistencia geomecánica según se muestra en el Anexo D.

Deere propone realizar una clasificación general así:

- Basada en la resistencia a la compresión (R_c)

CLASE	DESCRIPCION	R_c (Kg/cm ²)
A	Resistencia muy alta	> 2250
B	Resistencia alta	1120 - 2250
C	Resistencia media	560 - 1120
D	Resistencia baja	280 - 560
E	Resistencia muy baja	< 280

Tabla V. Clasificación de la roca basada en la resistencia a la compresión simple. Tomada de Deere D.U. (10).



- Basada en el módulo relativo (Et/Rc)

CLASE	DESCRIPCION	MÓDULO RELATIVO
H	Módulo relativo alto	500
M	Módulo relativo medio	200 - 500
L	Módulo relativo bajo	200

Tabla VI. Clasificación de la roca basada en el módulo relativo. Tomada de Deere D. U. (10).

De esta forma para cada tipo de roca, definida inicialmente en forma litológica, se obtuvo su respectiva clasificación.

En los sectores donde los estratos presentan muy baja potencia, o litología muy frágil, fue imposible obtener probetas para ensayos de compresión simple; por tal razón, se decidió por el criterio de caracterizar dichas rocas en el más bajo rango propuesto por Deere y Miller.

La caracterización detallada para cada frente se muestra en el Anexo F cuyos valores están condensados en la tabla VII. (En el plano 1 se ubican los cortes).

CORTE #	COORDENADAS	TIPO DE ROCA	CLASIFICACION
FD2	624980-9759225	Arenisca Calcárea	DH
1	634400-9760300	Lutita	CM
2	631200-9759800	Lutita	CM
3	630200-9759800	Arenisca Tobácea	CM
3	630200-9759800	Lutita	CM
4	617125-9758925	Lutita Sili- cificada	CH
5	612300-9762000	Chert	EL
6	617295-9762270	Microbrecha	CM
6	617295-9762270	Arenisca de grano fino	CH
7	620000-9762500	Arenisca de grano grueso	EL
9	621590-9759455	Arenisca de grano fino	CM
9	621590-9759455	Microbrecha	DH
10	617295-9762270	Brecha	CM
11	621870-9762240	Arenisca de grano muy fino	CH
12	621375-9769715	Arenisca Feldespática	CM

Tabla VII. Resultados de la caracterización geomecánica general para cada frente. X

5.2 ZONIFICACION GEOTECNICA APLICADA A LAS ROCAS COMO CONSTITUYENTES DEL MACIZO ROCOSO Y COMO MATERIAL DE

CONSTRUCCION EN LOS AFLORAMIENTOS EXPUESTOS EN EL AREA METROPOLITANA DE GUAYAQUIL

La caracterización geotécnica de un macizo rocoso es un proceso abstracto, por lo tanto es importante establecer el o los criterios de caracterización, y la metodología empleada; en nuestro caso se basa en observaciones de campo y determinación de parámetros en laboratorio.

Esta caracterización, tiene que basarse muchas veces en conceptos geológicos, de modo que el análisis cuantitativo en base a valores geomecánicos no llega a materializarse, debido a la naturaleza a veces impredecibles de los rasgos geológicos que afectan a los macizos rocosos, lo que hace casi imposible realizar una caracterización cuantitativa (16).

En el presente estudio, se intenta realizar una zonificación geotécnica únicamente basada en criterios de estabilidad natural de varios frentes estudiados y de la utilización de las rocas como materiales de construcción.

5.2.1 Zonificación Geotécnica aplicada a las rocas como constituyentes del macizo rocoso

El interés fundamental es determinar la influencia de los materiales analizados en el comportamiento del conjunto rocoso, en el caso de una eventual pérdida de resistencia.

Se analiza cualitativamente la estabilidad de cada uno de los sitios visitados, en su estado natural de esfuerzos; es decir sin asumir la presencia de cargas externas y sin tomar en cuenta la posibilidad de flujos de agua subterránea en épocas lluviosas. Se consideran los siguientes parámetros geológicos geotécnicos:

- **Altura del talud.**- Constituye uno de los parámetros más incidentes. Se asume que este parámetro está relacionado a la mayor o menor presencia de discontinuidades, antes que a la resistencia de la roca intacta; a este aspecto Hoek y Brown (16) dieron una relación empírica para definir una condición de falla de un macizo rocoso a una gran profundidad (gran altura), expresada así: $P_z/q_u > 0.2$, siendo $P_z = P_h$ = presión litostática, q_u = resistencia a la compresión simple, desde luego, esta última relación no es aplicable en el caso de interés, ya que los valores de P_z/q_u son siempre menores que 0.2 y sin embargo podría ocurrir

una falla en el macizo debido a otras causas.

El valor numérico de esta relación, aunque proviene de rocas duras puede que sea más bajo para rocas blandas, pero es aplicable en este caso.

- **Discontinuidades desfavorables.**- Las discontinuidades, llamense fallas, diaclasas, estratificación, son las que controlan las estabilidad de los macizos. Aunque en algunos niveles rocosos de la Formación Cayo existe un intenso fracturamiento, éste no está definido, sin embargo en varios sitios son claramente visibles familias de fracturas con dirección predominante, que tienen su influencia directa en la estabilidad.

La estratificación con un buzamiento en el mismo sentido de la pendiente del terreno es indudablemente un parámetro del macizo que influye grandemente en su estabilidad, dependiendo de la orientación de los cortes, y de las características de las juntas.

- **Potencia de los estratos.**- Generalmente los

macizos que presentan estratos muy delgados, presentan un comportamiento geomecánico muy variable, caracterizados por una alta anisotropía. En estratificaciones potentes y masivas, el comportamiento es más regular y la anisotropía menor. Esto se ha constatado en trabajos geomecánicos realizados en rocas sedimentarias. Por estas circunstancias, se consideran a los frentes rocosos con estratos potente como más estables que los muy estratificados (16).

- Resistencia a la compresión no confinada.-
Este parámetro sirve indudablemente para caracterizar la resistencia geomecánica del macizo rocoso, teniendo en cuenta varios criterios experimentales tales como el de Hoek y Brown y Griffith modificado, que consideran R_c .

A continuación se presentan 9 perfiles geológicos típicos ubicados en el plano # 1, en los cuales se muestra la disposición estructural del macizo rocoso, tomando como parámetro de caracterización los estratos rocosos, así:

NE

SO

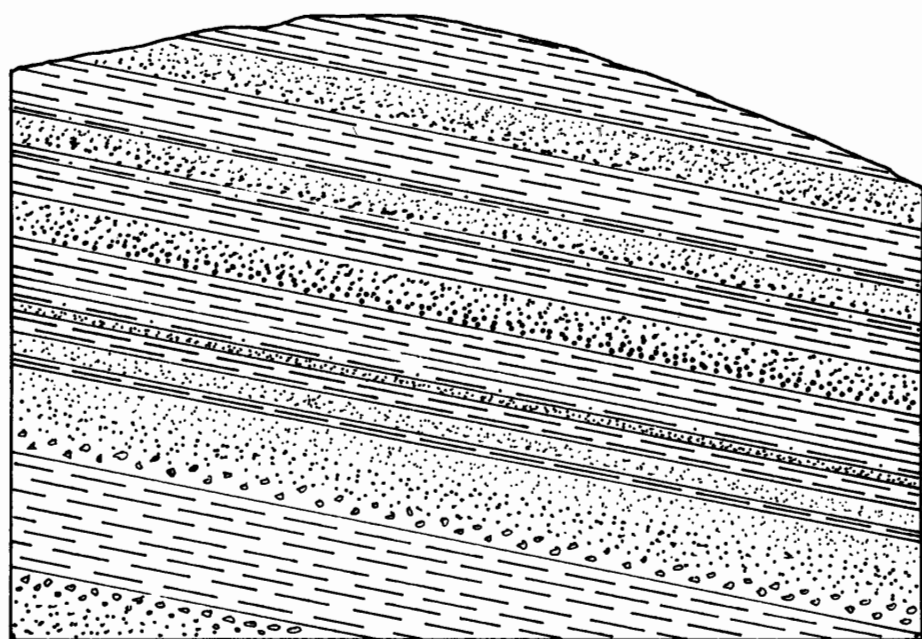


Fig. 9 .Corte típico # 1: Cerro Grande; altura máxima 20 mt.; dirección de la estratificación $N80^{\circ}0/15^{\circ}S$; dirección del corte $N45^{\circ}E$; Coord. 634400-9760300.

Este frente rocoso ha sido cortado en sentido perpendicular al rumbo de los estratos, encontrándose que es estable después de varios años, al parecer no existe una incidencia significativa de las discontinuidades en dicho corte. Es interesante constatar que en dicho macizo existe una estratificación delgada y que sin embargo no ha provocado inestabilidad. Otros agentes como el flujo de agua tampoco han actuado.

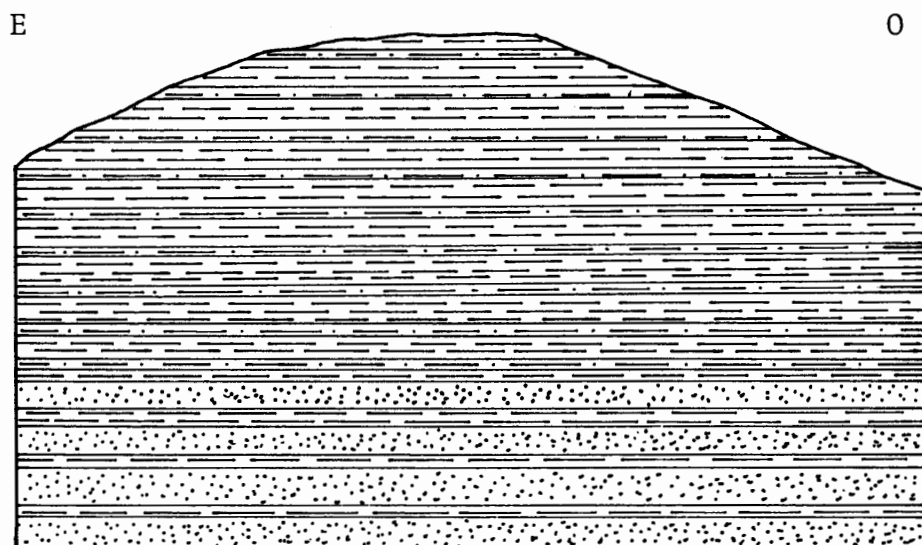


Fig. 10 .Corte típico # 2; Cerro Cuatro; altura máxima 20 mt.; dirección de la estratificación E-O/24°S; dirección del corte E-O; Coord. 617295-9762270

Corte realizado en tal forma que la estratificación buza en sentido opuesto al frente, en el cual los factores de inestabilidad, no han actuado.

NO

SE

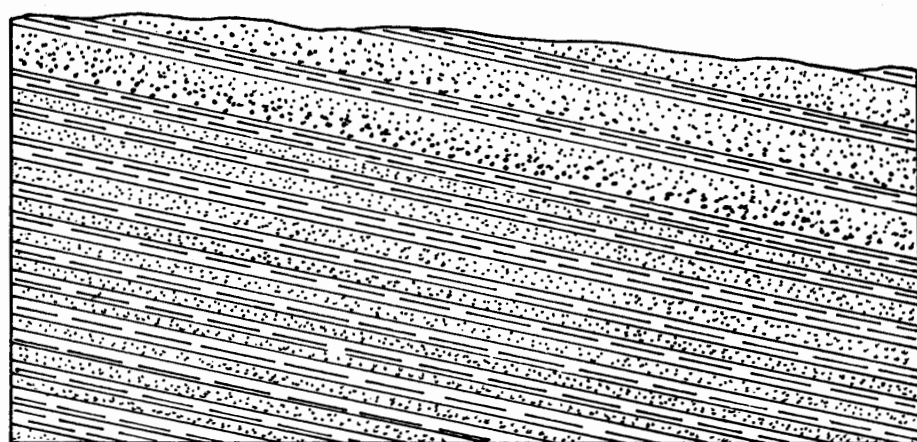


Fig. 11. Corte típico # 3; Cerro Tres Durán; altura máxima 15 mt.; dirección de la estratificación E-O/20°S; dirección del corte N500; Coord. 630200-9759800.

Corte en el que predominan materiales resistentes, con una buena disposición de la estratificación. El talud está perdiendo altura, debido a que se lo está explotando continuamente; se ha mantenido estable durante muchos años, sin que los agentes de intemperismo hayan desmejorado su estabilidad.

SO

NE

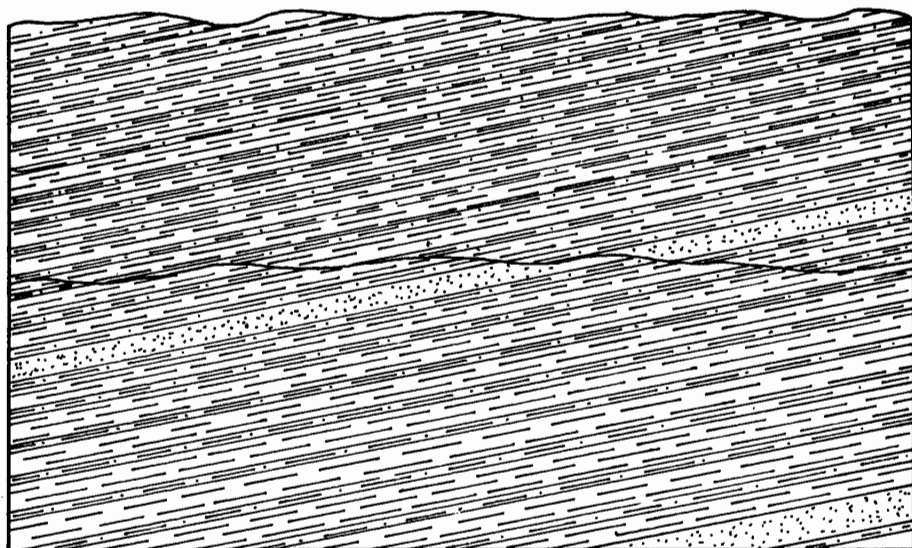


Fig. 12. Corte típico # 4: Cantera "Hormigonera Guayaquil"; altura máxima 50 mt.; dirección de estratificación E-D/15°S; dirección del corte N43°E; Coord. 617125-9758925

Corte sumamente estratificado de bajo buzamiento, ha sido cortado en forma escalonado, favoreciendo su estabilidad.



BIBLIOTECA

SO

NE

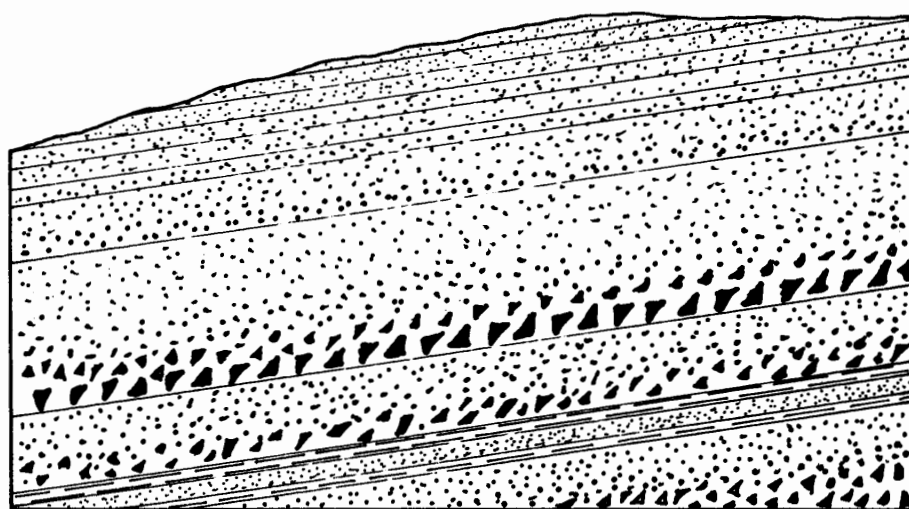


Fig. 13. Corte típico # 6: corte "Via Perimetral"; altura máxima 30 mt; dirección de la estratificación $N75^{\circ}D/10^{\circ}S$; dirección del corte $N30^{\circ}E$; Coord. 617295-9762270

Este corte realizado recientemente, presenta estratos potentes, masivos y resistentes; la estratificación es favorable para la estabilidad del talud.

E

O

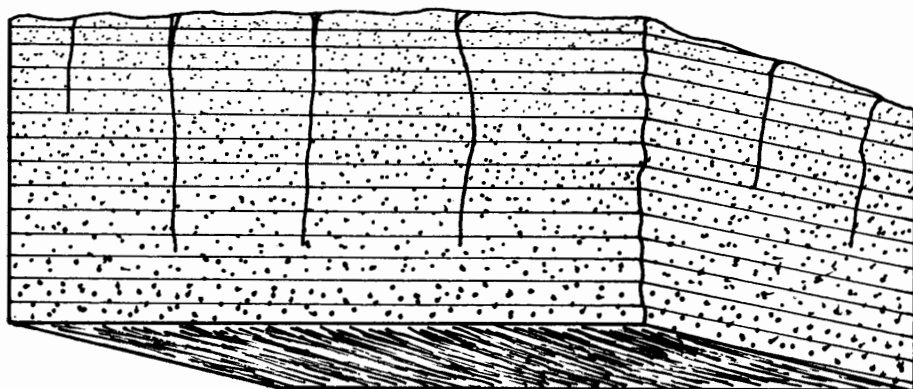


Fig. 14. Corte típico # 7: corte "Cerros de Urdesa"; altura máxima 6 mt.; dirección de la estratificación $N80^{\circ}D/16^{\circ}S$; dirección del corte E-O; Coord. 620000-9762500

Este corte fue realizado para la construcción de un edificio, sin embargo a pesar de su poca altura presenta muy malas condiciones de estabilidad, toda vez que los delgados estratos (centimétricos) buzan en dirección del talud y más aún, por la presencia de un juego de diaclasas subverticales, muchas de ellas abiertas por el efecto mismo del trabajo de corte. Sin embargo, para efectos de la construcción, este frente fue estabilizado.

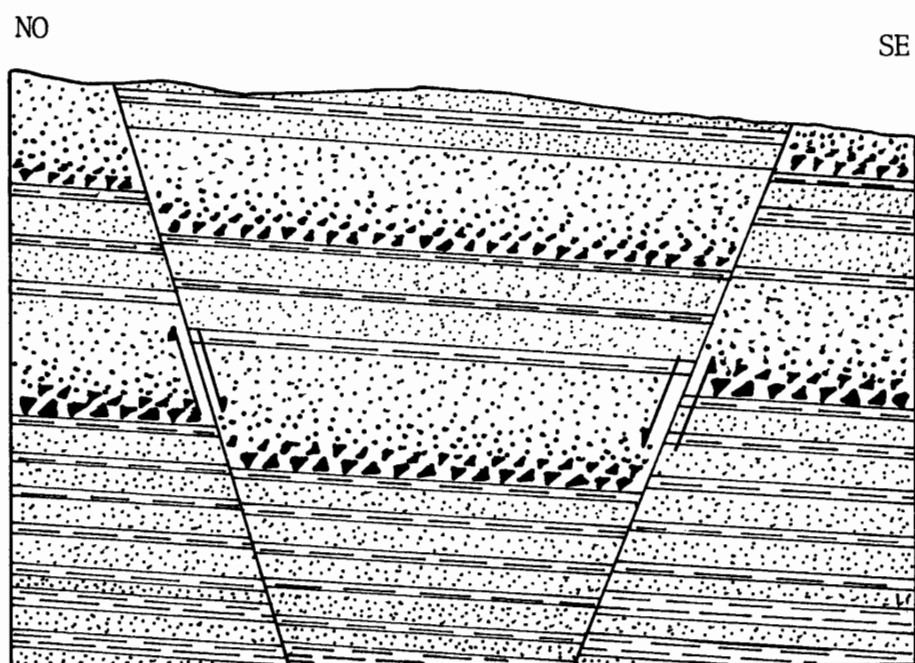


Fig. 15. Corte típico # 9: corte "Avda. Carlos Julio Arosemena"; altura máxima 30 mt.; dirección de la estratificación E-0/15°S; dirección del corte N73°O; Coord. 621590- 9759455

Corte realizado con una buena disposición frente a la estratificación; se constata que es estable. En el lugar existen algunas pequeñas cuñas que originan la caída de bloques menores.

NO

SE

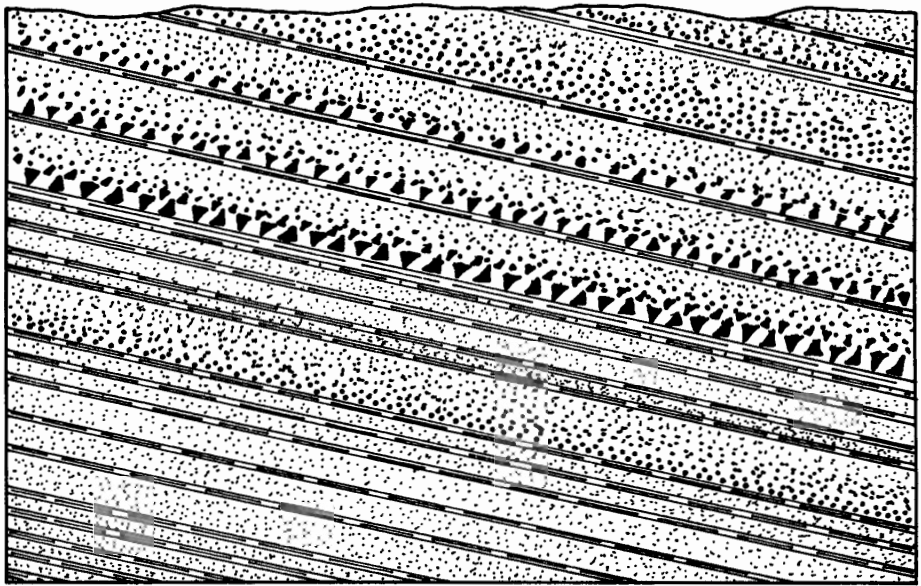


Fig. 16. Corte típico # 11: Cantera "Caputti"; altura máxima 25 mt.; dirección de la estratificación N84°E/18°S; dirección del corte N45°O; Coord. 621879-9762240

Corte con la presencia de rocas duras con estratificación favorable a la estabilidad del mismo, pero hay que anotar que el afloramiento presenta elevado fracturamiento que pueden provocar caída de bloques de la parte superior; estas diaclasas se evidencian claramente debido al uso de explosivos utilizados en la explotación.

NO

SE

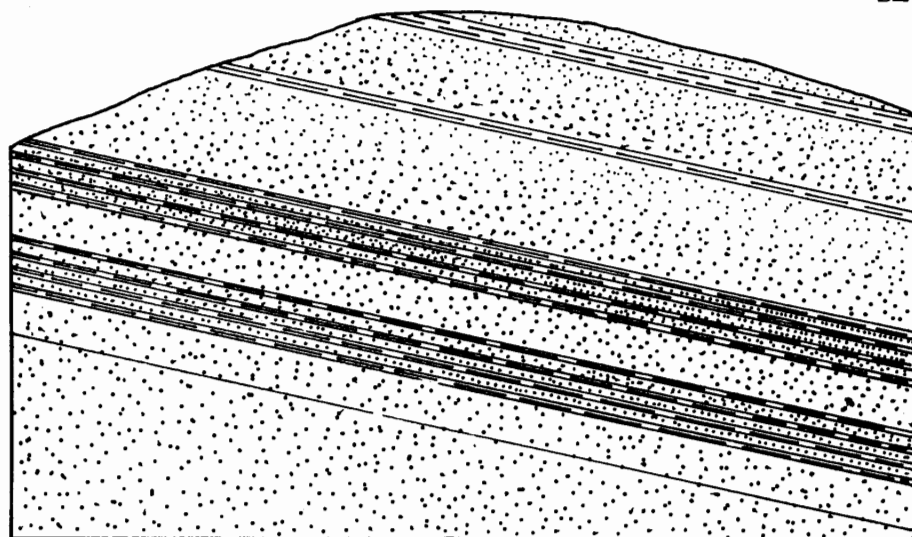


Fig. 17. Corte Típico # 12; corte "Las Orquídeas"; altura máxima 7 mt.; dirección de la estratificación $N50^{\circ}O/20^{\circ}S$; dirección del corte $N45^{\circ}O$; Coord. 621735-9769715

Por su poca altura, ausencia de flujos de agua superficial y subterránea y su estratificación no desfavorable, se considera que el corte es estable.

De acuerdo a los criterios planteados se puede concluir que en general los cortes visitados presentan una buena estabilidad, mantenida por varios años, toda vez que son taludes artificiales. La respectiva zonificación de acuerdo a los parámetros analizados se muestra en el plano 2.

5.2.2 Zonificación Geotécnica aplicada a la roca como material de construcción

En la Formación Cayo se encuentran diferentes tipos de materiales que presentan ciertas propiedades ingenieriles de tal forma que pueden ser aprovechables en algunos tipos de obras. Debido a que esta formación geológica aflora entre otros sitios en la ciudad de Guayaquil, ha sido muy utilizada para diferentes fines constructivos incluyendose el uso como agregados, base y sub-base, rellenos, etc.

La investigación que se ha realizado permite establecer criterios para un uso racional de tales materiales, en tal forma que cumplan las normas técnicas exigidas.

5.2.2.1 Agregado o árido para hormigón

La ASTM define al término "árido", para el caso de material de construcción, como materia inerte que aglomerada por una matriz, en una masa conglomerática forma hormigón. En realidad los áridos no son materiales inertes, sino que son física y químicamente activos, y en

muchos aspectos gobiernan las propiedades y comportamiento de las masas a las han sido incorporados.

Para fijar las normas de estos agregados, se debe tener en cuenta varios parámetros prácticos.

- Porosidad.- Si es alta, en general la durabilidad del hormigón es baja, en cambio la escasés de poros contribuye a incrementar la capacidad de la roca, y por ende a la del hormigón.

- Minerales reactivos.- En la elaboración del concreto se debe tener cuidado con la utilización de los áridos, ya que estos pueden contener minerales que reaccionen con el álcalis presente en el cemento.

En la tabla VIII se describen las rocas que son perjudicialmente reactivas con el cemento alcalino.

El U.S.B.R., ha descubierto, que los áridos que contienen más del 0.25% en

ROCAS REACTIVAS

COMPONENTES REACTIVOS

Rocas silíceas.

Silex Opalino

Silex Calcedonia

Calizas silíceas



Opalo Si O. n H.O

Calcedonia Si O.

Calcedonia y/u ópalo

Rocas volcánicas.

Riolita y tobas riolíticas

Dacita y tobas dacíticas

Andesitas

Vidrio, vidrio desvir-

trificado y tridimita

Si O.

Rocas metamórficas.

Filitas

Hidromicas (illita)

Rocas varias: Todas las rocas que contengan filonsillos, inclusiones, revestimientos externos o granos detríticos de ópalo, calcedonia o tridimita. Aparentemente el cuarzo muy fracturado por proceso natural.

Tabla VIII. Minerales reactivos con el álcalis del cemento. Tomada de Krynine D.P. (14)

peso de ópalo, más del 5% en peso de calcedonia, o más del 3% de rocas o tobas volcánicas de ácidas a intermedias, vitreas o criptocristalinas, pueden producir reacciones perjudiciales (14).



- Porcentajes de desgaste a la abrasión y al sulfato.- La AASHTO permite para agregados gruesos (pasantes del tamiz # 4) en la elaboración de cemento portland, un máximo del 40% de desgaste para la abrasión y un 12% en cinco ciclos para el sulfato (m 80-51).

Teniendo en cuenta los resultados del análisis petrográfico efectuado en diferentes muestras (ver anexo B), se llega a la conclusión de que ciertas rocas de la Formación Cavo pueden ser usadas únicamente con cementos de baja alcalinidad (15).

Según las especificaciones federales Americanas, el porcentaje de óxidos de sodio y potasio del cemento deben ser menor que el 0.6% (14); debido a que las

rocas presentan un alto contenido de vidrio volcánico y otros minerales reactivos, se imposibilita su uso como agregados para hormigón.

Una solución que permitiría utilizar las rocas de Cayo sería el empleo de materias puzolánicas que pueden reducir la reacción de los álcalis aún cuando el cemento tenga algo más del 0.6% de óxidos (15). En otros casos se puede añadir al hormigón algún compuesto químico (inclusor de aire) para aumentar el porcentaje de huecos y así dejar suficiente espacio para la expansión (14).

Sea cual fuere la solución empleada, debe llevarse un estricto control de laboratorio para poder detectar anticipadamente cualquier problema de reacción en el hormigón.

Tomando en cuenta las recomendaciones hechas, las lutitas silicificadas podrían ser utilizadas como áridos para hormigón, por tener escasa porosidad y desgaste a la abrasión y al sulfato por

debajo del máximo nivel permitido. (ver tablas de resultados en los Anexos A y D).

En base a lo antes mencionado se ha elaborado una zonificación de los materiales que pueden servir como agregados para hormigón, la cual se muestra en el plano 2.

5.2.2.2 Materiales para pavimentos

Gran aplicación tienen los materiales pétreos para este tipo de obra, así como para rellenos y enrocado.

Previamente se hacen algunas definiciones importantes (2), que se esquematizan en la fig. 18.

- Pavimentos.- Toda estructura que descansa sobre el terreno de cimentación y que se halle formada por las capas de sub-base, base, carpeta de rodadura y sello.

- Terreno de fundación.- Sirve de funda-

ción al pavimento después de haber sido efectuada la limpieza, debe estar compactada.

- **Superficie subrasante.**- Las correspondientes al terreno de fundación.

- **Sub-base.**- Capa de material pétreo seleccionado que se coloca sobre la subrasante. Tiene como objetivo servir de drenaje al pavimento y controlar la ascensión capilar del agua que proviene de las napas freáticas u otras fuentes.

- **Base.**- Capa de material pétreo, mezcla de suelo cemento, mezcla bituminosa o piedra triturada que se coloca sobre la sub-base. Tiene como objetivo absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y además repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y terrenos de fundación.

- **Carpeta de rodadura.**- Se coloca encima de la base y está formada por mezcla bituminosa en el caso de pavimentos

flexibles, o concreto en el caso de pavimentos rígidos.

- Sello.- Lo que se coloca sobre la carpeta de rodadura, llamado también capa de desgaste, y su objetivo es sellar la superficie impermeabilizándola, a fin de evitar la infiltración de agua lluvia; protege a la carpeta de rodadura contra la acción de las ruedas de los vehículos. Generalmente se emplean materiales bituminosos.

- Superficie rasante.- Lo que soporta el tránsito de los vehículos motorizados.

El siguiente esquema muestra cada una de las partes:

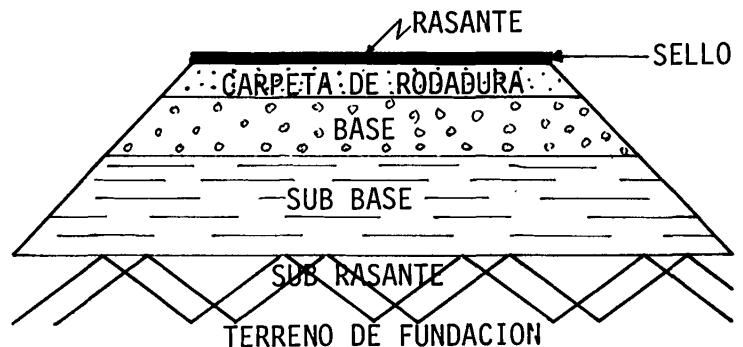


Fig. 18. Esquema de pavimentos.
Tomado de Balseca C. (2)

Los requisitos indispensables que deben cumplir los materiales rocosos empleados en pavimento son los siguientes:

	%D.A.	%D.S.	NORMA
Carpeta de rodadura	40		AASHTO N T96
Carpeta de rodadura de hormigón		9	ASTM C 873
Base	50	--	
Sub-base	50		AASHTO M 147 --65

Tabla IX. Porcentajes de desgastes admisibles para pavimentos.

De los resultados obtenidos (Anexos B y C) el uso más apropiado para los materiales es el siguiente:

Todos los materiales analizados, pueden utilizarse como materiales de base y sub-base, porque cumplen con las especificaciones para tal función, según tabla IX, pero se debe tener cuidado en lugares donde existan aguas contaminadas o desechos industriales, ya que algunas rocas presentan un alto desgaste al

sulfato de sodio. Por otra parte, las lutitas silicificadas son las únicas rocas investigadas que cumplen con las especificaciones para ser utilizadas como material en carpetas de rodadura de hormigón.

En el plano 2 se muestra la zonificación efectuada a los materiales de construcción.

CONCLUSIONES

Los afloramientos de la Formación Cayo constituyen evidentemente los macizos rocosos más abundantes en torno a la Ciudad de Guayaquil. Algunas áreas pobladas y varios sitios de extracción de materiales se localizan en la citada formación.

La primera consideración del estudio realizado tiene que ver con la definición litológica de la Formación Cayo, en tres miembros conocidos como Calentura, Cayo S.S. y Guayaquil Chert. La prospección de campo y muestreo se efectuó consecuentemente en los tres miembros geológicos mencionados.

La caracterización geomecánica se la realizó mediante la ejecución de ensayos de laboratorio, agrupados en dos grandes categorías: determinación de Propiedades Intrínsecas y determinación de Propiedades Extrínsecas.

Los resultados obtenidos revelan lo siguiente:

1. Según se puede observar en el Anexo A, las propiedades intrínsecas de las rocas de la Formación Cayo varían en un rango muy pequeño, salvo la permeabilidad que es notoriamente diferente para las areniscas y lutitas.

2. Las propiedades extrínsecas presentan las mayores variaciones, tal como se observa en el Anexo C.
3. Es posible realizar interesantes correlaciones entre algunas propiedades intrínsecas y extrínsecas.
4. De los ensayos efectuados se desprende que algunas rocas de la Formación Cayo, sobre lo cual se puntualiza en el numeral 5.2.2, cumplen con las especificaciones exigidas para servir como materiales de construcción, rellenos, base, sub-base, carpetas de rodadura y hormigones, en este último caso bajo consideraciones especiales
5. De acuerdo a los sitios estudiados se establece que en general los macizos rocosos son estables, salvo el caso en los cuales se efectúen cortes que afecten grandemente su equilibrio natural (ver numeral 5.2.1). X

RECOMENDACIONES

1. Las investigaciones futuras que se realicen en la Formación Cayo, deben en primer lugar ampliar la densidad de muestreo en los tres miembros geológicos y adicionalmente en las variaciones litológicas que se presentan.

2. Se debe investigar especialmente la alterabilidad de las rocas, poniendo énfasis en los niveles lutíticos.
3. Todas las investigaciones que se realicen deben ser en tal magnitud que permitan la realización de correlaciones, en consecuencia la determinación de ecuaciones lineales o polinómicas, que sirvan para inferir parámetros generales a nivel preliminar.
4. Se debe estudiar los materiales de relleno que se encuentran en las juntas de estratificación, diaclasas, fracturas y fallas, que tienen que ver con el comportamiento del macizo en general.
5. Finalmente se considera necesario efectuar un estudio de los diferentes estratos en función de la granulometría de la matriz rocosa.

A N E X O S



A N E X O , A

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES
INTRINSECAS O PROPIEDADES FISICAS

TABLA I

NOMBRE DE LA ROCA : LUTITA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 1
 SITIO DE MUESTREO 1 : CERRO GRANDE - DURAN
 COORDENADAS : 634400 - 9760300

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	Yd	Y'	Ysat	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.34	2.46	5.2	0.055	2.1	2.34	1.395	2.395		
2	2.34	2.49	6.5	0.070	2.5	2.34	1.405	2.405	N	5.5
3	2.46	2.67	7.8	0.085	2.7	2.46	1.538	2.538	L	A

TABLA II

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA TOBACEA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 3A
 SITIO DE MUESTREO 3 : CERRO TRES - DURAN
 COORDENADAS : 630200 - 9759800

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	Yd	Y ^o	Y _{sat}	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.15	2.49	14.55	0.17	6.30	2.15	1.295	2.295		
2	2.11	2.45	14.63	0.17	6.49	2.11	1.256	2.256	2.24*10 ⁻³	5.5
3	2.14	2.50	15.40	0.18	6.68	2.14	1.294	2.294		

TABLA III

NOMBRE DE LA ROCA : LUTITA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 3L
 SITIO DE MUESTREO 3 : CERRO TRES - DURAN
 COORDENADAS : 630200 - 9759800



PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Bv	n	e	A	γ _d	γ _p	γ _{sat}	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.42	2.64	8.23	0.090	3.6	2.42	1.49	2.49		
2	2.46	2.66	6.70	0.072	3.0	2.46	1.53	2.53	N	5.5
3	2.47	2.65	7.16	0.077	2.8	2.47	1.54	2.54	L	A

TABLA IV

NOMBRE DE LA ROCA : LUTITA SILICIFICADA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. GUAYAQUIL
 MUESTRA # : 4
 SITIO DE MUESTREO 4 : CANTERA "HORMIGONERA GUAYAQUIL"
 COORDENADAS : 617125 - 9758925

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	Yd	Y'	Ysat	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.37	2.39	0.68	0.0068	0.27	2.37	1.38	2.38		
2	2.40	2.43	1.17	0.0118	0.44	2.40	1.41	2.41	N	4.5
3	2.39	2.42	1.68	0.0171	0.65	2.39	1.40	2.40	U	
									L	
									A	



BIBLIOTECA

TABLA V

NOMBRE DE LA ROCA : CHERT
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. GUAYAQUIL
 MUESTRA # : 8
 SITIO DE MUESTREO : CERRO EL CARMEN
 COORDENADAS : 624990 - 9759070

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	γ_d	γ^*	γ_{sat}	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.37	2.39	0.95	0.010	0.38	2.37	1.38	2.38		
2	2.40	2.44	1.46	0.015	0.61	2.40	1.41	2.41	N	6.5
3	2.40	2.53	4.96	0.052	2.09	2.53	1.45	2.45	L	
									A	

TABLA VI

NOMBRE DE LA ROCA : CHERT
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. GUAYABUIL
 MUESTRA # : 5
 SITIO DE MUESTREO S : CERRO AZUL
 COORDENADAS : 612300 - 9762000

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	γ_d	γ^*	γ_{sat}	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.38	2.49	4.74	0.049	1.91	2.38	1.43	2.43		
2	2.40	2.50	3.79	0.041	1.60	2.40	1.44	2.44	N	6.5
3	2.41	2.49	3.18	0.033	1.32	2.41	1.44	2.44	U	
									L	
									A	

TABLA VII

NOMBRE DE LA ROCA : MICROBRECHA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 6B
 SITIO DE MUESTREO 6 : CORTE "VIA PERIMETRAL"
 COORDENADAS : 617295 - 9762270

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	Yd	Y'	Ysat	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.26	2.45	8.30	0.091	3.53	2.26	1.34	2.34		
2	2.21	2.45	10.76	0.121	4.53	2.21	1.32	2.32	N	5.5
3	2.20	2.40	8.56	0.094	3.60	2.20	1.29	2.29	U	
									L	
									A	

TABLA VIII

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA DE GRANO FINO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 65
 SITIO DE MUESTREO 6 : CORTE "VIA PERIMETRAL"
 COORDENADAS : 617295 - 9762270

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n (%)	e	A (%)	Yd gr/cm ³	Y' gr/cm ³	Ysat gr/cm ³	K Darcy	H
1	2.02	2.31	15.87	0.19	7.55	2.02	1.18	2.18		
2	2.07	2.39	13.99	0.16	6.53	2.07	1.21	2.21	N	5.5
3	2.05	2.38	14.31	0.17	6.95	2.05	1.19	2.19	L	A

TABLA IX

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA DE GRAND MEDIO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 7
 SITIO DE MUESTREO : CERROS DE URDESA
 COORDENADAS : 620000 - 9762500

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	γ_d	γ^2	γ_{sat}	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.19	2.22	1.32	0.013	0.62	2.19	1.20	2.20		
2	2.18	2.22	1.66	0.017	0.71	2.18	1.20	2.20	N	5.5
3	2.18	2.22	1.77	0.018	0.88	2.18	1.20	2.20	U	
									L	
									A	

TABLA X

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA DE GRAND MUY GRUESO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 7A
 SITIO DE MUESTREO : AV. CARLOS JULIO AROSEMENA
 COORDENADAS : 621590 - 9759455

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	Yd	Y'	Ysat	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.22	2.47	10.23	0.114	4.54	2.22	1.32	2.32		
2	2.21	2.45	9.91	0.110	4.42	2.21	1.31	2.31	7.09x10 ⁻⁴	5.0
3	2.22	2.47	10.16	0.113	4.65	2.22	1.32	2.32		

TABLA XII

NOMBRE DE LA ROCA : BRECHA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 10
 SITIO DE MUESTREO 6 : CORTE "VIA PERIMETRAL"
 COORDENADAS : 617295 - 9762270

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	γ_d	γ_s	γ_{sat}	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.28	2.62	13.47	0.156	5.71	2.28	1.41	2.41		
2	2.27	2.63	13.41	0.155	6.02	2.27	1.40	2.40	N	5.5
3	2.28	2.77	16.54	0.198	7.80	2.28	1.44	2.44	U	
									L	
									A	

TABLA XIII

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA TOBACEA DE GRAND MUY FINO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 MUESTRA # : 11
 SITIO DE MUESTREO 11 : CANTERA "CAPUTI"
 COORDENADAS : 621870 - 9762240

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA N°	G	Gv	n (%)	e	A (%)	Yd gr/cm ³	Y' gr/cm ³	Ysat gr/cm ³	K Darcy	H
1	2.41	2.49	3.40	0.035	1.48	2.41	1.44	2.44	N	
2	2.40	2.45	2.06	0.021	0.86	2.40	1.42	2.42	U	5.5
3	2.39	2.42	1.15	0.012	0.46	2.39	1.40	2.39	L	
									A	

TABLA XIV

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA FELDESPATICA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CALENTURA
 MUESTRA # : 12
 SITIO DE MUESTREO 12 : CDLA. "LAS ORQUIDEAS"
 COORDENADAS : 621375 - 9769715

PROPIEDADES INTRINSECAS

PROBETA	G	Gv	n	e	A	Yd	Y ²	Ysat	K	H
Nº			(%)		(%)	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	Darcy	
1	2.58	2.67	3.26	0.034	1.25	2.58	1.61	2.61		
2	2.59	2.66	2.77	0.028	1.07	2.59	1.62	2.62	N	5.5
3	2.58	2.67	3.09	0.032	1.19	2.58	1.61	2.61	L	
									A	

A N E X O . B

ANALISIS PETROGRAFICO

ROCA: LUTITA

MUESTRA: 1

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Cerro Grande - Durán

COORDENADAS: 634400 - 9760300

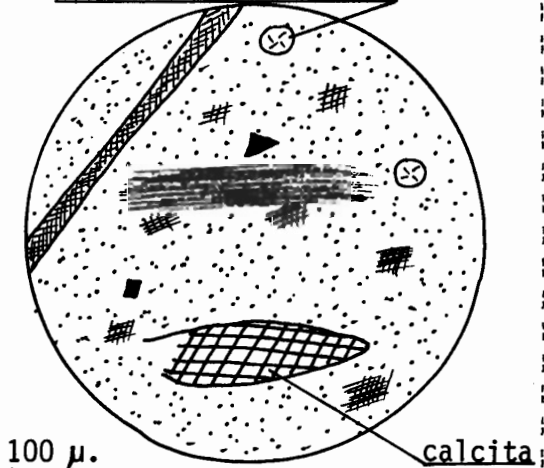
DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Parte de una turbidita fina de limolita a lutita, color gris claro con bandas más oscuras, bien consolidada; reacciona con el ácido clorhídrico en el gris claro, en las bandas más oscuras la reacción es menor.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz cinerítica (vitrea) un poco oxidada, 80%.
Material calcáreo que se lo observa rellenando fracturas y como granos pequeños dentro de la matriz, 17%.
Esferulitas de vidrio y minerales opacos, 3%.

Esferulitas de vidrio



ROCA: LUTITA

MUESTRA: 2

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Cerro Cuatro - Durán

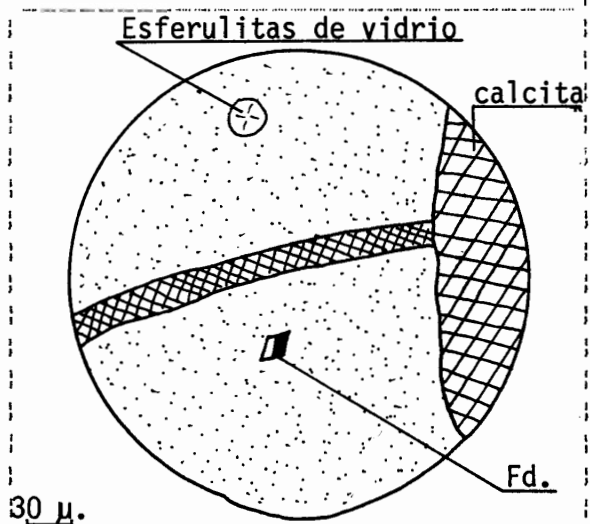
COORDENADAS: 631200 - 9759800

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color gris claro, con bandas de color gris oscuro, muy consolidada, matriz calcárea (mayor reacción con el HCl en el color gris claro); se observan laminaciones.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz cinerítica (vítrea), con pequeños cristales de feldespatos; presenta cierta oxidación, 80%.
Material calcáreo que se encuentra rellenando fracturas en forma de granos de calcita, muy pequeños en un sector, y granos de hasta 80 μ en en otro sector, 15%.
Clastos de varios tipos: esferulitas de vidrio, feldespatos pequeños y minerales opacos, 5%.



ROCA: LUTITA

MUESTRA: 3L

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Cerro Tres - Durán

COORDENADAS: 630200 - 9759800

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita algo calcárea, color gris oscuro a negro, bien consolidada, con zonas de alteración color verde; presenta fracturas de hasta 1mm. rellenas de calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

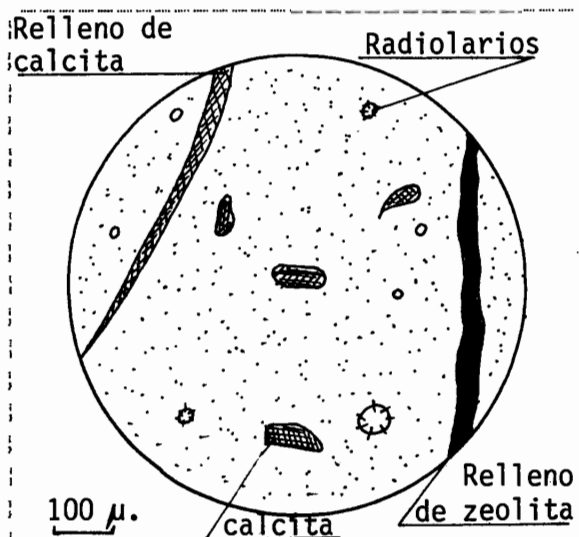
Matriz fina arcillosa silicificada? de baja birrefringencia, 90%.

Radiolarios calcitizados y silicificados, 4%.

Otros: fragmentos de minerales opacos, fracturas rellenas de calcita y zeolita, 4%.

Plagioclasas, 2%.

Existe una cementación calcárea de la matriz la cual aumenta hacia el tope de la muestra de mano.



ROCA: ARENISCA TOBACEA

MUESTRA: 3A

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Cerro Tres - Durán

COORDENADAS: 630200 - 9759800

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

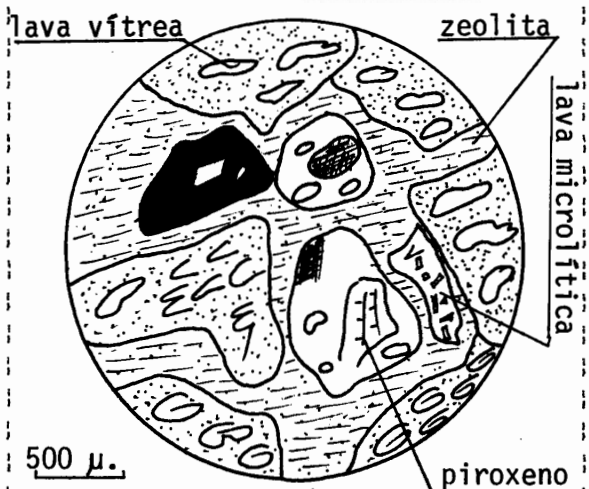
Turbidita de grano grueso y muy grueso a lutita con granos de diámetro de hasta 2 mm. en la base, unidos con un cemento blanco zeolítico, bien consolidada; se observan fragmentos líticos de hasta 1mm. La roca presenta un aspecto masivo.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Roca formada en su totalidad por fragmentos de rocas de origen volcánico que están cementados por zeolitas principalmente, y secundariamente por calcita. Los fragmentos de lava volcánica son: lava vítrea con texturas perlíticas y vesiculares palagonitizadas que presentan accesoriamente cristales euhédricos de plagioclasas. Los fragmentos de roca vítrea se encuentran en varios estados de alteración, incluso algunos presentan costras de oxidación y procesos de cementación con zeolitas anteriores a la depositación definitiva que formó esta roca, 80%.

Fragmentos de lava andesítica con textura microlítica, matriz parcialmente vítrea y algunos fenocristales de plagioclasas y accesoriamente piroxenos, 5%.

Cemento zeolítico, clorita asociada con este cemento, 15%.



ROCA: LUTITA SILICIFICADA

MUESTRA: 4

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Guayaquil

LOCALIDAD : Cantera "Hormigonera Guayaquil"

COORDENADAS: 617125 - 9758925

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Lutita color gris oscura con bandas alternantes de color gris claro, bien consolidada, laminar, calcàrea, fracturas rellenas de calcita.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

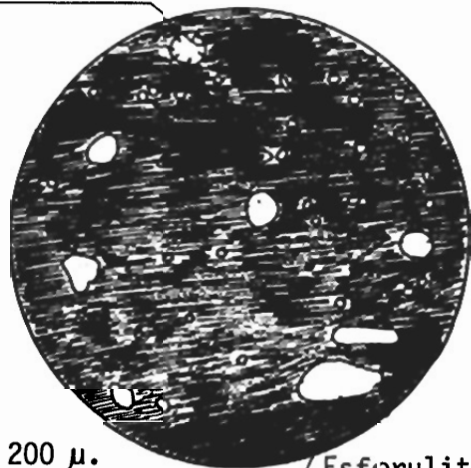
Matriz fina, arcillosa, color gris, silicificada, 80%.

Radiolarios silicificados internamente y foraminiferos, 10%.

Materia orgànica 8%.

Esferulitas de vidrio de hasta 200 μ , 2%.

Radiolarios

200 μ .Esferulitas
de vidrio

ROCA: CHERT

MUESTRA: 5

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Guayaquil

LOCALIDAD : Cerro Azul

COORDENADAS: 612300 - 9762000

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Chert color crema con nódulos café claro, bien consolidado, masivo, no calcáreo.

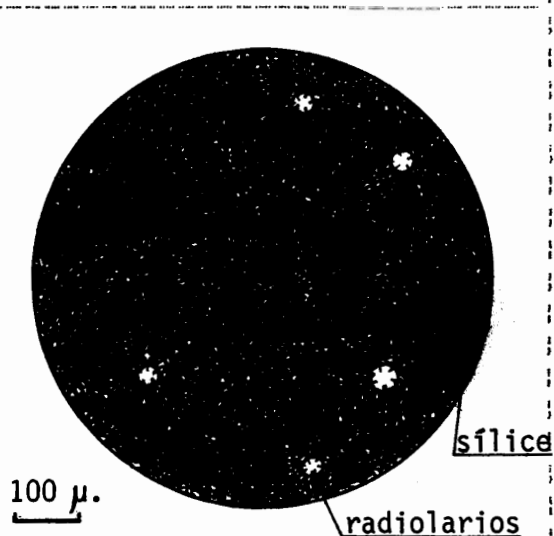
DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz criptocristalina de cuarzo, 90%.

Radiolarios silicificados, 10%.

Fracturas rellenas de sílice.

Originalmente fue una lutita que sufrió una intensa silicificación.



ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MUESTRA: 65

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Corte "Vía Perimetral"

COORDENADAS: 617225 - 9762270

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Arenisca de grano fino, color gris verdoso, bien consolidada, laminada; no reacciona con el HCl.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina con baja birrefringencia, de origen posiblemente silíceo, en partes calcitizada, 55%.

Feldespatos irregulares e incompletos: oligoclasas, algunos se están calcitizando van de 35 μ a 120 μ , 25%

Fragmentos de vidrio volcánico, de forma muy variada, 10%.

Fragmentos de tobas finas liticas, algunas oxidadas, 10%

Fragmentos de lava vitrea microlitica, 5%.

Accesorios: piroxenos y opacos.

Cuarzo ?.

Espículas de radiolarios.

Rocas de grano fino

Cuarzo



1 mm.

Espículas de radiolarios

ROCA: MICROBRECHA

MUESTRA: 6B

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Corte "Via Perimetral"

COORDENADAS: 617295 - 9762270

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Microbrecha de grano grueso, color gris verdoso, bien consolidada, aspecto masivo; no reacciona con el HCl.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz fina con baja birrefringencia de origen posiblemente silíceo, 20%.

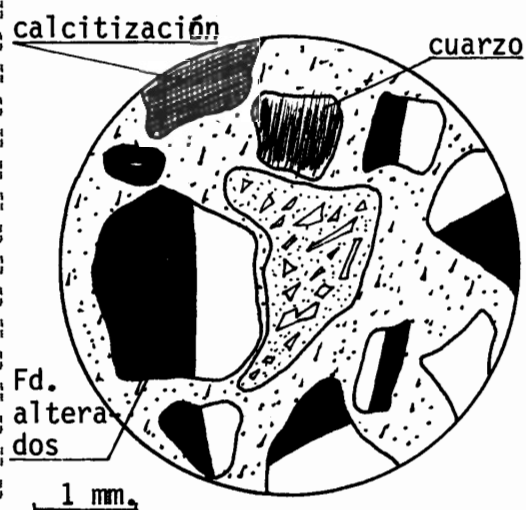
Feldespatos: labradorita de hasta 1.4 mm., se encuentran alterados y algunos calcitizados, 80%.

Fragmentos de rocas preexistentes: lava vitrea microclítica.

Piroxenos: augita.

Opacos.

Cuarzo.



ROCA: ARENISCA DE GRANO MEDIO

MUESTRA: 7

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Cerros de Urdesa

COORDENADAS: 620000 - 9762500

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Arenisca color gris verdoso, bien consolidada, bien laminada, con fracturas rellenas de carbonato de calcio.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Arenisca de grano medio a grueso, granos de 0.3 mm. a 0.9 mm.

Matriz arcillosa tobácea de origen silíceo color café, 40%

Fragmentos de vidrios en esquirlas, 30%.

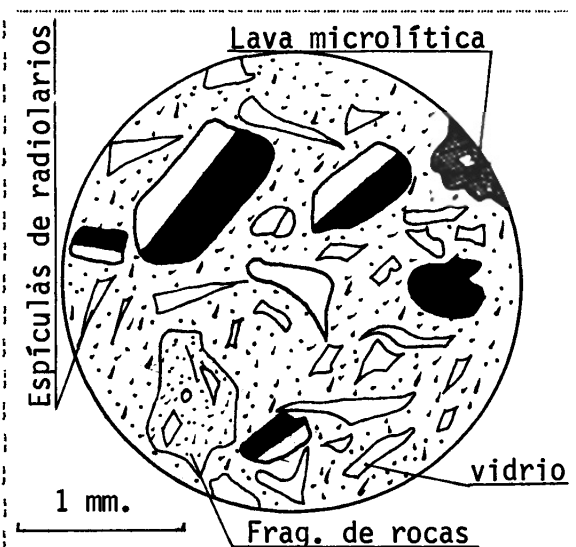
Feldespatos principalmente oligoclasas, se encuentran alterados, 15%.

Espículas de radiolarios, 5%.

Fragmentos silíceos de rocas volcánicas en distintos estados de oxidación; lavas vítreas microlíticas, 5%

Tobas vítreas de grano bien fino, 5%.

Accesorios: opacos.



ROCA: MICROBRECHA

MUESTRA: 9A

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Av. Carlos Julio Arosemena

COORDENADAS: 621590 - 9759455

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Microbrecha, color gris oscuro, bien consolidada, aspecto masivo; poca reaccion con el HCl.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Microbrecha, compuesta con fragmentos de roca ignea de hasta 2.6 mm., unidos por cemento zeolitico y calcareo.

Lava con textura vesicular en parte cloritizada y palagonitizada con pequeños cristales euhédricos de feldespatos, en ciertos sectores presenta fluidez, 65%.
Lava microlítica en diferentes estados de oxidación, 10%.

Cemento zeolitico y calcareo, 5%.

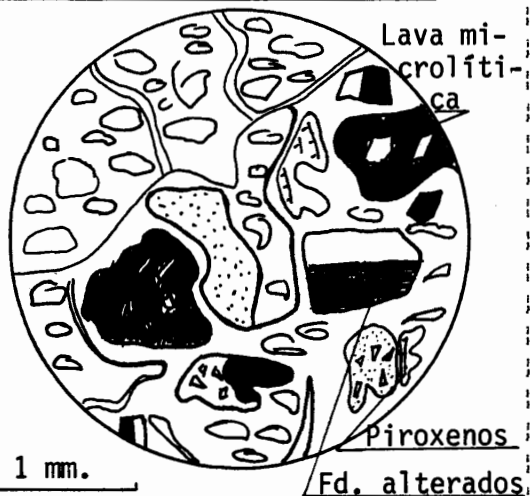
Fragmentos de roca de grano fino, algunos alterados, posiblemente tobáceos, 15%.

Feldespatos fracturados, calcitizados y cloritizados (en las fisuras): albita, andesita, 5%.

Fracturas rellenas de calcita.

Accesorios: piroxenos incompletos y opacos.

Fracturas rellenas de calcita



ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MUESTRA: 9L

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Av. Carlos Julio Arosemena

COORDENADAS: 621590 - 9759455

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Arenisca de grano fino, color café claro, y gris en bandas, bien consolidada y laminada; bien calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

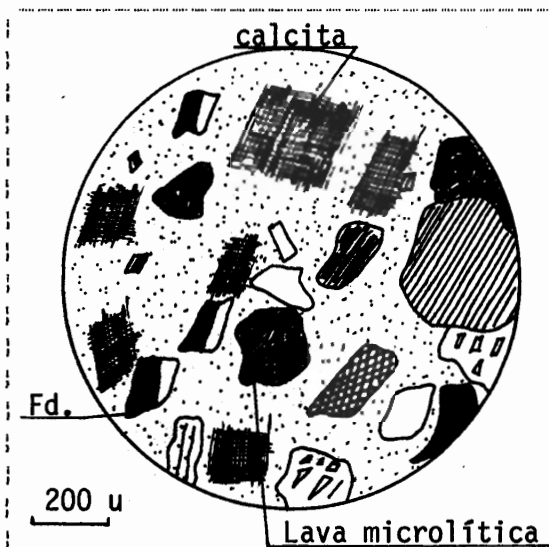
Matriz vítrea en parte calcitizada, con crecimiento de feldespatos, 18%.

Fragmentos de lava microlítica en varios estados de oxidación, 20%.

Feldespatos: andesina y labradorita, 30%.

Calcita, 10%, y conformando la matriz, 20%.

Piroxenos, 2%.



ROCA: BRECHA

MUESTRA: 10

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : Corte "Via Perimetral"

COORDENADAS: 617295 - 9762270

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Brecha con matriz color gris, granos de color verde y gris oscuro, bien consolidada, masiva; no reacciona con el HCl.

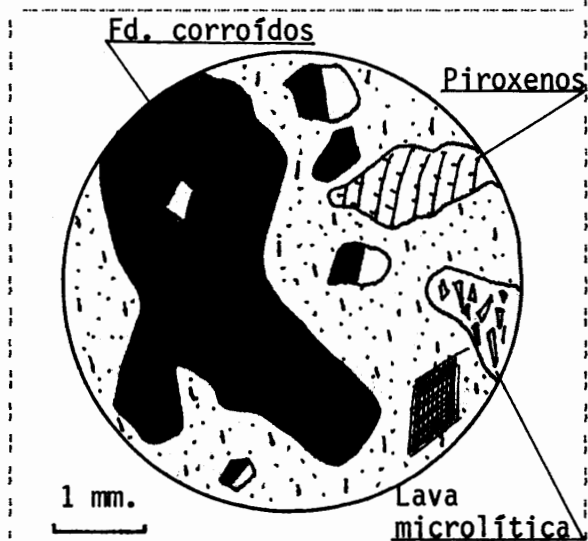
DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz muy fina con baja birrefringencia de origen probablemente siliceo, 50%.

Feldespatos: andesina - labradorita con intercalaciones de cristales, algunos calcitizados, 30%.

Piroxenos: augita, 10%.

Fragmentos de lava vitrea microlítica oxidados, 10%.



ROCA: ARENISCA TOBACEA

MUESTRA: 11

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Cayo s.s.

LOCALIDAD : "Cantera Caputi"

COORDENADAS: 621870 - 9762240

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Turbidita que va de arenisca fina a limolita, silicea, color gris oscuro a negro, bien consolidada, laminada. Se observan fracturas rellenas de un cemento zeolítico.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

Matriz vítrea, silicea, un poco calcitizada y a veces cloritizada, 10%.

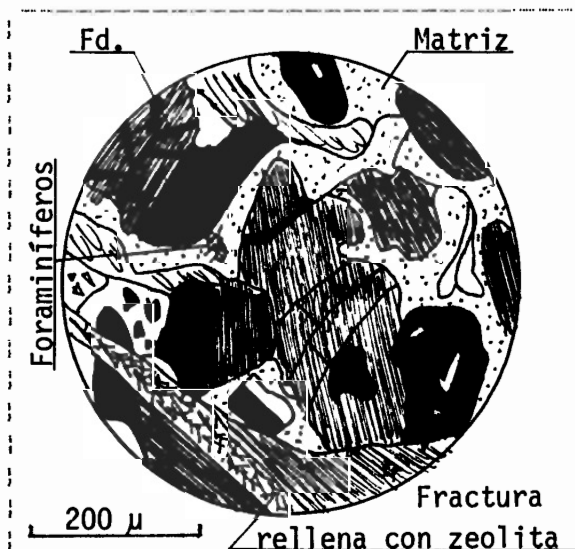
Fragmentos de vidrio volcánico, a veces desvitrificados transformándose a feldespatos, 50%.

Fragmentos de lava vítrea microlítica a veces oxidada, 30%.

Feldespatos, 7%.

Foraminíferos, esferulitas y opacos, 3%.

La roca es una arenisca tobácea de grano muy fino con granos de hasta 200 μ , con cemento zeolítico.



ROCA: ARENISCA FELDESPATICA

MUESTRA: 12

FORMACION : Cayo

MIEMBRO : Calentura

LOCALIDAD : Cdla. "Las Orquídeas"

COORDENADAS: 621375 - 9769715

DESCRIPCION MACROSCOPICA:

Arenisca de grano muy grueso a grueso, color gris claro con granos de hasta 3 mm. de diámetro, color verde bien consolidada, masiva, algo calcárea.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

La matriz es una toba vítrea?, isotrópica, cementada con sílice, 15%.

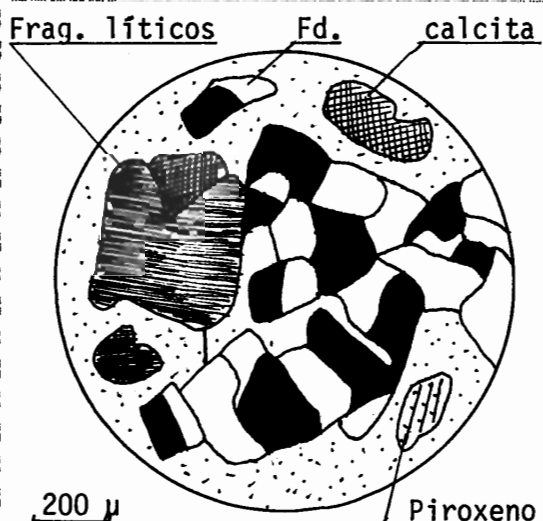
Feldespatos, 70%.

Fragmentos de lutitas con grietas rellenas de cemento calcáreo, 10%.

Fragmentos irregulares de calcita, 3%.

Piroxenos, cloritas e hidromicas, 2%.

La roca es una arenisca feldespática.



A N E X O ' C

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES
EXTRINSECAS O PROPIEDADES GEOMECANICAS

TABLA I

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA CALDAREA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CERRO EL CARMEN
 COORDENADAS : 624980 - 9759225

Nota: Profundidad de muestreo 43.30 - 43.80 mt.

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	v	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²		mt/seg	kg/cm ²	%	%
		$\frac{5}{10}$	$\frac{5}{10}$					$\frac{3}{10}$	$\frac{5}{10}$		
P02-1	303	2.19	1.78					2.00	0.93		
P02-2	294	1.75	1.39					1.31*	0.40		
P02-3	283	1.70	1.23			0.25		1.99	0.96		
P02-4	463	1.84	1.59					1.97	0.93		

* Bajo valor debido a fractura abierta

TABLA II

NOMBRE DE LA ROCA : LUTITA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYOS.S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CERRO GRANDE - DURAN
 COORDENADAS : 634400 - 9760300

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg ³ x10	mt/seg ³ x10	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
1-1	825	2.95	2.37	114.4	31	84.8	4.73	4.73	5.66		
1-2	822	3.43	2.70	119.3	25	77.4	4.60	4.60	5.33		
1-3	825	3.00	2.37	101.3	27	75.6	4.71	4.71	5.63	19.5	6.3
1-4	825	3.07	2.17	129.5	23	69.1	4.62	4.62	5.35		
1-5	826	3.08	2.17	126.8	25	83.1	4.77	4.77	5.78		
1-6					25	63.5					
1-7					31	67.6					
1-8					33	78.1					
1-9					35	65.5					
1-10					26	72.1					

TABLA III

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA TOBACEA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYOS.S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CERRO TRES - DURAN
 COORDENADAS : 630200 - 9759800

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² $\times 10^5$	kg/cm ² $\times 10^5$	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg $\times 10^3$	mt/seg $\times 10^3$	kg/cm ² $\times 10^5$	%	%
3A-1	691	1.71	1.42	53.1	22	19.5	2.37	2.37	1.35		
3A-2	610	1.42	1.24	49.4	22	23.3	2.38	2.38	1.35		
3A-3	615	1.61	1.31	53.3	22	22.5	0.28	2.37	1.34	27.5	60.0
3A-4(=)	680	1.62	1.36	60.0	23	21.2		2.53	1.49		
3A-5(/)	700	1.47	1.32	54.2	26	18.1		2.42	1.41		
3A-6					24	21.5					
3A-7					26	19.6					
3A-8					25	20.4					
3A-9					25	19.2					
3A-10					23	21.8					



(=) Probeta paralela a la estratificación
 (/) Probeta a 45° con respecto a la estratificación

TABLA IV

NOMBRE DE LA ROCA : Lutita
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CERRO TRES - DURAN
 COORDENADAS : 630200 - 9759800

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg x10 ³	mt/seg x10 ³	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
3L-1	805			85.1	29	59.8					
3L-2	823			100.9	30	57.8				22.5	8.2
3L-3	810			98.2	34	75.7					
3L-4					32	61.0					
3L-5					30	63.8					
3L-6					33	71.2					
3L-7					28	64.8					
3L-8					32	65.5					
3L-9					31	74.7					
3L-10					32	54.8					

TABLA V

NOMBRE DE LA ROCA : LUTITA SILICIFICADA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. GUAYAQUIL
 SITIO DE MUESTREO : CANTERA "HORMIGONERA GUAYAQUIL"
 COORDANADAS : 617125 - 9758925

Nota: Ruptura violenta

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg x10 ³	mt/seg x10 ³	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
4-1	705	10.00	8.70	107.5	33	114.6		5.40	7.49		
4-2	725	11.30	10.07	102.0	32	147.0	0.16	5.47	7.72	22.8	3.5
4-3					32	124.1					
4-4					34	156.2					
4-5					38	147.5					
4-6					27	145.3					
4-7					40	120.6					
4-8					37	150.8					
4-9					34	134.5					
4-10					36	118.3					

TABLA VI

NOMBRE DE LA ROCA : MICROBRECHA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M.CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CORTE "VIA PERIMETRAL"
 COORDENADAS : 617295 - 9762270

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² $\frac{5}{10}$	kg/cm ² $\frac{5}{10}$	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg $\frac{3}{10}$	mt/seg $\frac{3}{10}$	kg/cm ² $\frac{5}{10}$	%	%
6B-1	835	2.63	2.46	71.6	22	47.0		3.79	3.46		
6B-2	730	2.38	2.03	89.8	30	47.0		3.72	3.32		
6B-3	830	2.74	2.53	65.3	23	47.0	0.19	3.75	3.38	34.0	12.1
6B-4	600	2.30	1.97	75.5	29	46.7		3.59	3.13		
6B-5	815	2.58	2.32	56.8	23	38.0		3.76	3.43		
6B-6				56.2	26	44.5					
6B-7				88.6	30	52.1					
6B-8					23	85.4					
6B-9					23	38.4					
6B-10					21	64.3					

TABLA VII

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA DE GRAND FINO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CORTE "VIA PERIMETRAL"
 COORDENADAS : 617295 - 9762270

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc kg/cm ²	Et kg/cm ² x10 ⁵	Es kg/cm ² x10 ⁵	Tb kg/cm ²	R	Is kg/cm ²	V	Vp mt/seg x10 ³	Ed kg/cm ² x10 ⁵	D.A %	D.S %
6S-1	741	7.04	6.07	60.3	28	62.0		4.63	4.55		
6S-2	650*	5.89	4.92	72.0	33	57.5	0.23	4.62	4.50	25.3	33.8
6S-3	1113*			60.3	28	79.4					
6S-4	907*			42.2	32	61.5					
6S-5	1122*			40.8	28	60.5					
6S-6					34	61.5					
6S-7					25	94.2					
6S-8					27	61.2					
6S-9					26	59.5					
6S-10					32	57.0					

* Valores obtenidos en la máquina Soiltest Inc. para ensayar cilindros de concreto

TABLA VIII

NOMBRE DE LA ROCA : CHERT
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. GUAYAQUIL
 SITIO DE MUESTREO : CERRO AZUL
 COORDENADAS : 612300 - 9762000

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg x10 ³	mt/seg x10 ³	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
5-1				57.1	28	97.5				27.8(A)	
5-2					36	150.8				28.5(A)*	21.7
5-3					30	192.2				28.7(A)*	
5-4					35	123.1				25.8(B)*	
5-5					38	71.6				23.4(C)*	29.0
5-6					35	74.8				21.6(D)*	
5-7				40		124.2					
5-8				43		150.9					
5-9				40		213.2					
5-10				38		61.0					

* Valores obtenidos en chert del Cerro El Carmen (sitio 8)
 () Granulometria empleada

TABLA IX

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA DE GRANO MEDIO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CERROS DE URDESA
 COORDENADAS : 620000 - 9762500

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg ³ x10	mt/seg ³ x10	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
7-1				42.8	28	82.4					
7-2				58.8	23	59.9					
7-3				49.0	28	65.9				18.8	41.1
7-4				50.0	29	77.4					
7-5					34	59.9					
7-6					27	66.2					
7-7					25	58.1					
7-8					29	53.2					
7-9					34	71.5					
7-10					27	63.0					

TABLA X

NOMBRE DE LA ROCA : MICROBRECHA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : AV. CARLOS JULIO AROSEMENA
 COORDENADAS : 621590 - 9759455

Nota: Ruptura violenta

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	mt/seg x10 ³	mt/seg x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
9A-1	443	3.60	2.60	41.4	20	19.7	2.56	1.48	1.38	33.7	77.2
9A-2	435	3.48	2.42	37.1	30	19.7	2.48	1.36	1.36		
9A-3	415	3.26	2.38	38.7	25	19.1	2.46	1.36			
9A-4				40.0	28	18.2					
9A-5				43.6	20	19.0					
9A-6				47.7	34	19.4					
9A-7					34	19.1					
9A-8					26	18.5					
9A-9					30	18.8					
9A-10					30	18.7					

TABLA XI

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA DE GRAND FINO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : AV. CARLOS JULIO AROSEMENA
 COORDENADAS : 621590 - 9759455

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² 5 x10	kg/cm ² 5 x10	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		mt/seg 3 x10	kg/cm ² 5 x10	%	%
9L-1	860	3.39	3.80	103.2	22	37.9		4.00	3.69		
9L-2	855	3.33	3.62	74.0	28	41.0		3.97	3.68	19.4	12.4
9L-3	840	3.63	3.89	61.8	36	55.3	0.15	3.99	3.68	20.3	
9L-4	830	3.20	3.52	100.8	38	52.5		4.05	3.78		
9L-5	850	3.12	3.51		35	38.3		3.89	3.52		
9L-6					34	64.4					
9L-7					33	38.2					
9L-8					33	42.2					
9L-9					29	60.7					
9L-10					30	37.2					

TABLA XII

NOMBRE DE LA ROCA : BRECHA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CORTE "VIA PERIMETRAL"
 COORDENADAS : 617295 - 9762270

Nota: Ruptura violenta

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		mt/seg x10 ³	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
10-1	690	1.92	1.64	66.2	27	43.4		3.83	3.33		
10-2	730	2.13	1.66	71.5	28	50.6	0.27	4.04	3.84	22.6	48.7
10-3	730	2.10	1.69	63.2	29	37.0		4.02	3.66	23.6	47.3
10-4	575	1.82	1.51	66.2	24	50.4		3.76	3.24		
10-5				65.8	23	42.0					
10-6					26	34.6					
10-7					29	54.3					
10-8					27	71.1					
10-9					26	48.1					
10-10					26	46.9					

TABLA XIII

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA TOBACEA DE GRANO MUY FINO
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CAYO S.S.
 SITIO DE MUESTREO : CANTERA "CAPUTI"
 COORDENADAS : 621870 - 9762240

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ² x10 ⁵	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		mt/seg x10 ³	kg/cm ² x10 ⁵	%	%
11-1	830	5.58	4.15	88.8	25	56.1		4.83	5.61		
11-2	835	5.00	4.91	109.6	26	28.0	0.19	4.58	5.13	12.9	47.3
11-3	835	5.78	5.09	123.9	28	33.9		4.79	5.52		
11-4	840	4.54	4.33	55.7	26	27.7		4.84	5.68		
11-5					27	54.5					
11-6					27	38.6					
11-7					25	51.5					
11-8					32	43.2					
11-9					30	30.9					
11-10					29	48.7					

TABLA XIV

NOMBRE DE LA ROCA : ARENISCA FELDESPATICA
 FORMACION GEOLOGICA : CAYO M. CALENTURA
 SITIO DE MUESTREO : CDLA. "LAS ORQUIDEAS"
 COORDENADAS : 621375 - 9769715

PROPIEDADES EXTRINSECAS

PROBETA	Rc	Et	Es	Tb	R	Is	V	Vp	Ed	D.A	D.S
Nº	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²		mt/seg	kg/cm ²	%	%
	x10 ⁵	x10 ⁵	x10 ⁵					x10 ³	x10 ⁵		
12-1	620	1.35	1.60	47.7	15	18.5		3.28	2.81		
12-2	680	1.56	1.80	63.2	21	20.0		3.31	2.86		
12-3	675	1.46	1.63	35.0	14	18.9	0.22	3.20	2.67	20.3	12.6
12-4	625	1.67	1.78	43.0	24	17.4		3.26	2.77		
12-5	540	1.52	1.50		21	19.1		3.37	2.79		
12-6					20	17.1					
12-7					20	22.0					
12-8					22	17.1					
12-9					24	18.9					
12-10					16	19.1					



A N E X O D

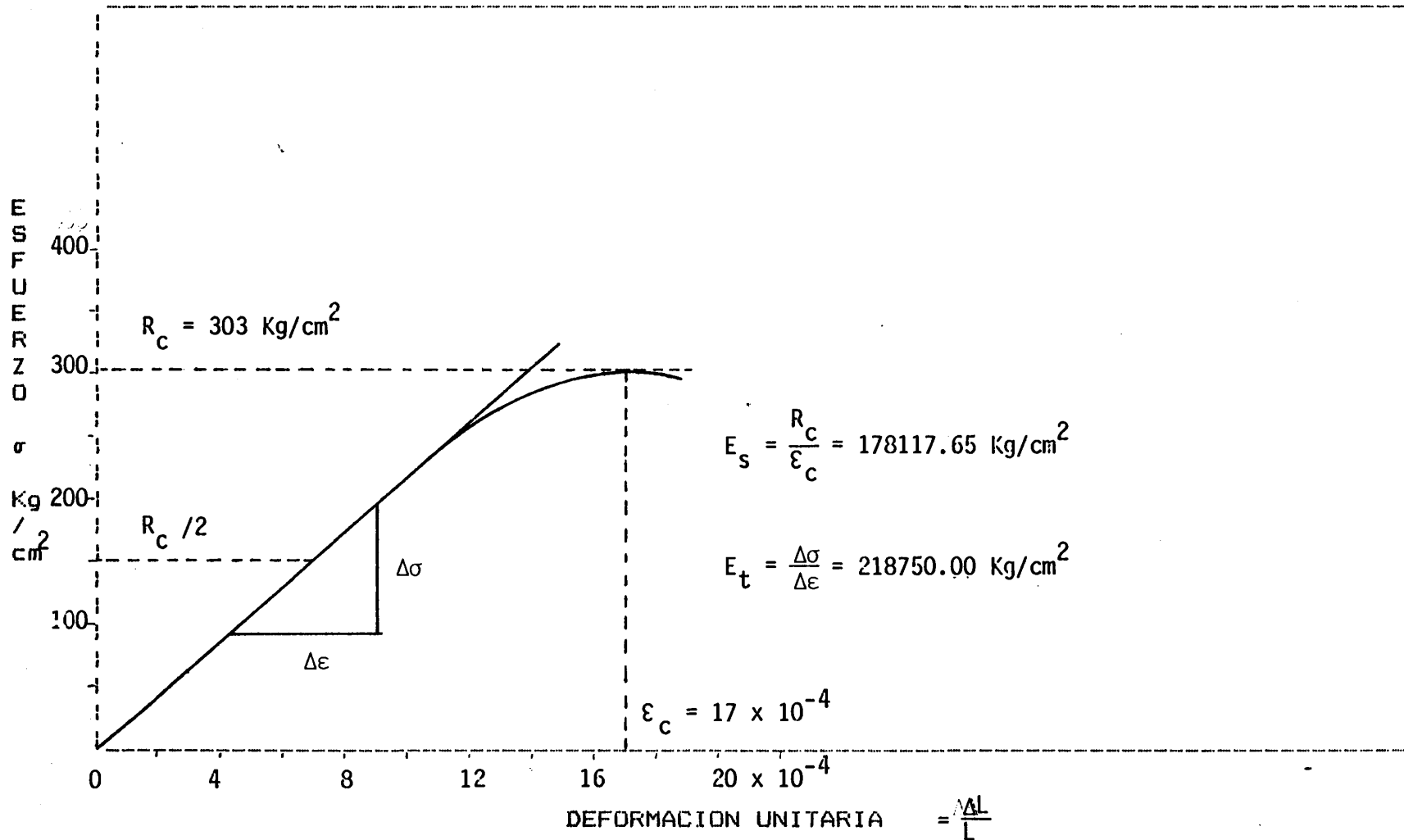
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION

COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA CALCAREA

MIEMBRO: Cayo S.S.

PROBETA: P02-1

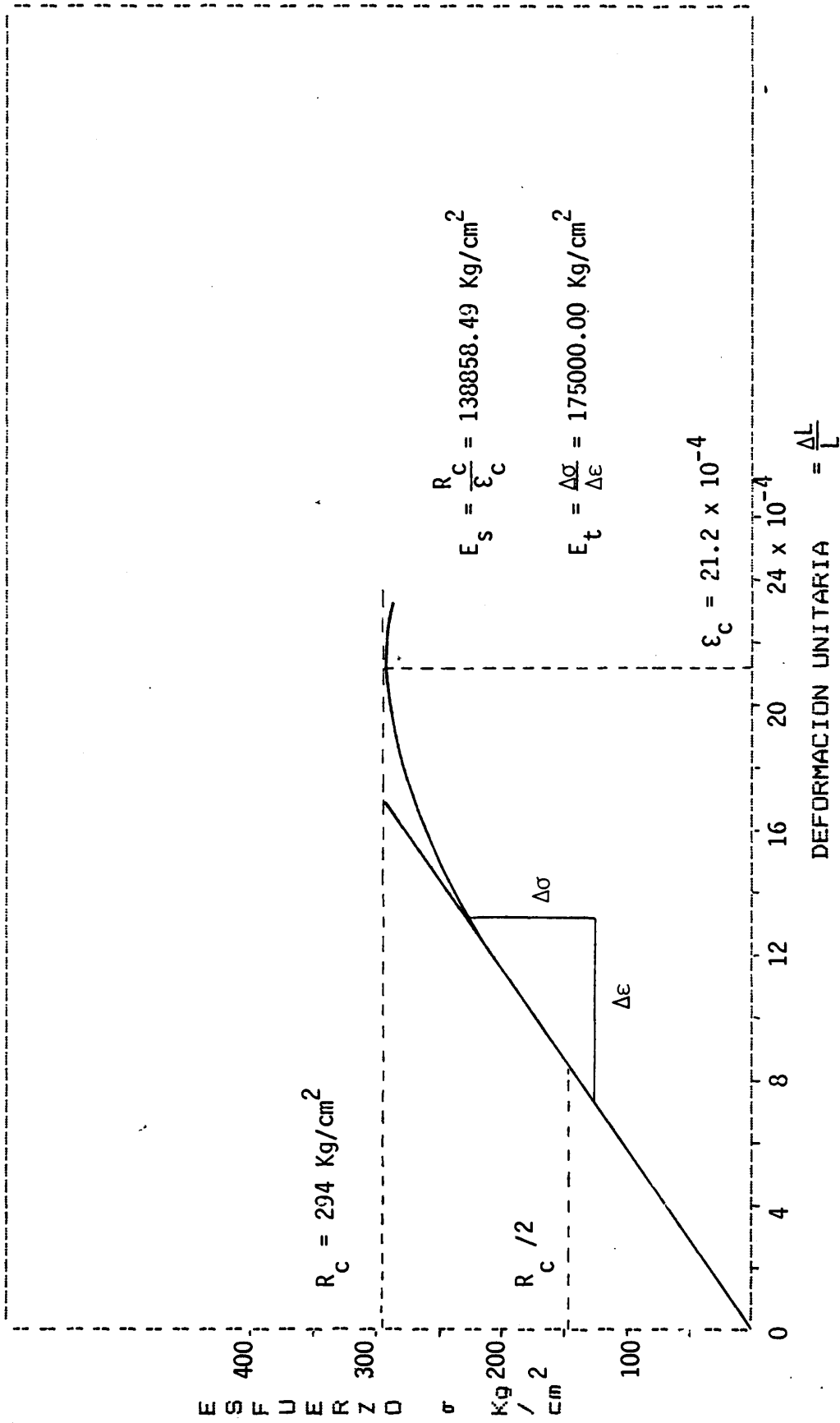


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA CALCAREA

MIEMBRO: Cayo S.S

PROBETA: P02-2



COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA CALCAREA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: P02-3

ESFUERZO
 σ
 Kg/cm²

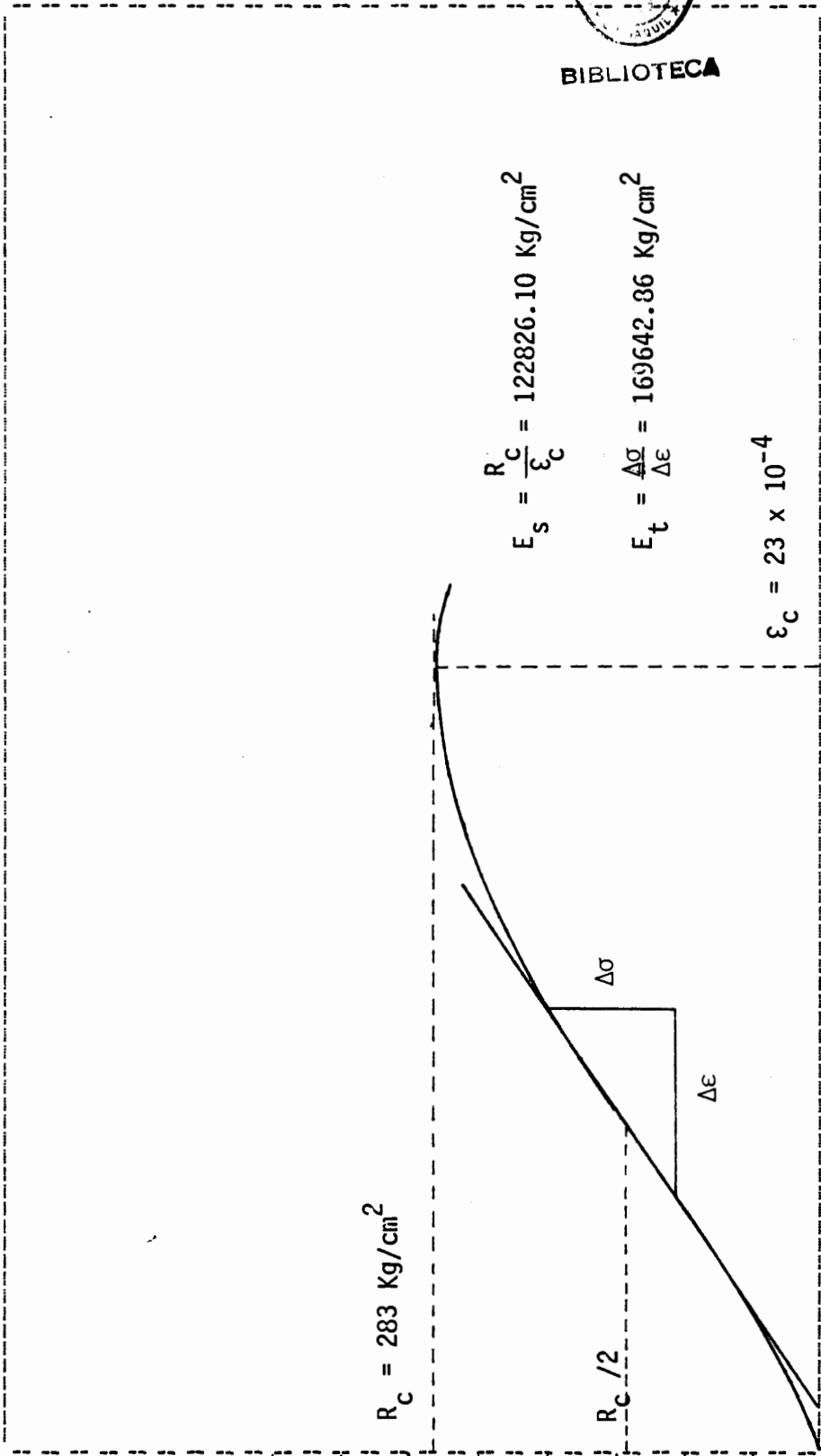
$R_c = 283 \text{ Kg/cm}^2$

$$E_s = \frac{R_c}{\epsilon_c} = 122826.10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_t = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = 169642.86 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\epsilon_c = 23 \times 10^{-4}$$

DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$



BIBLIOTECA

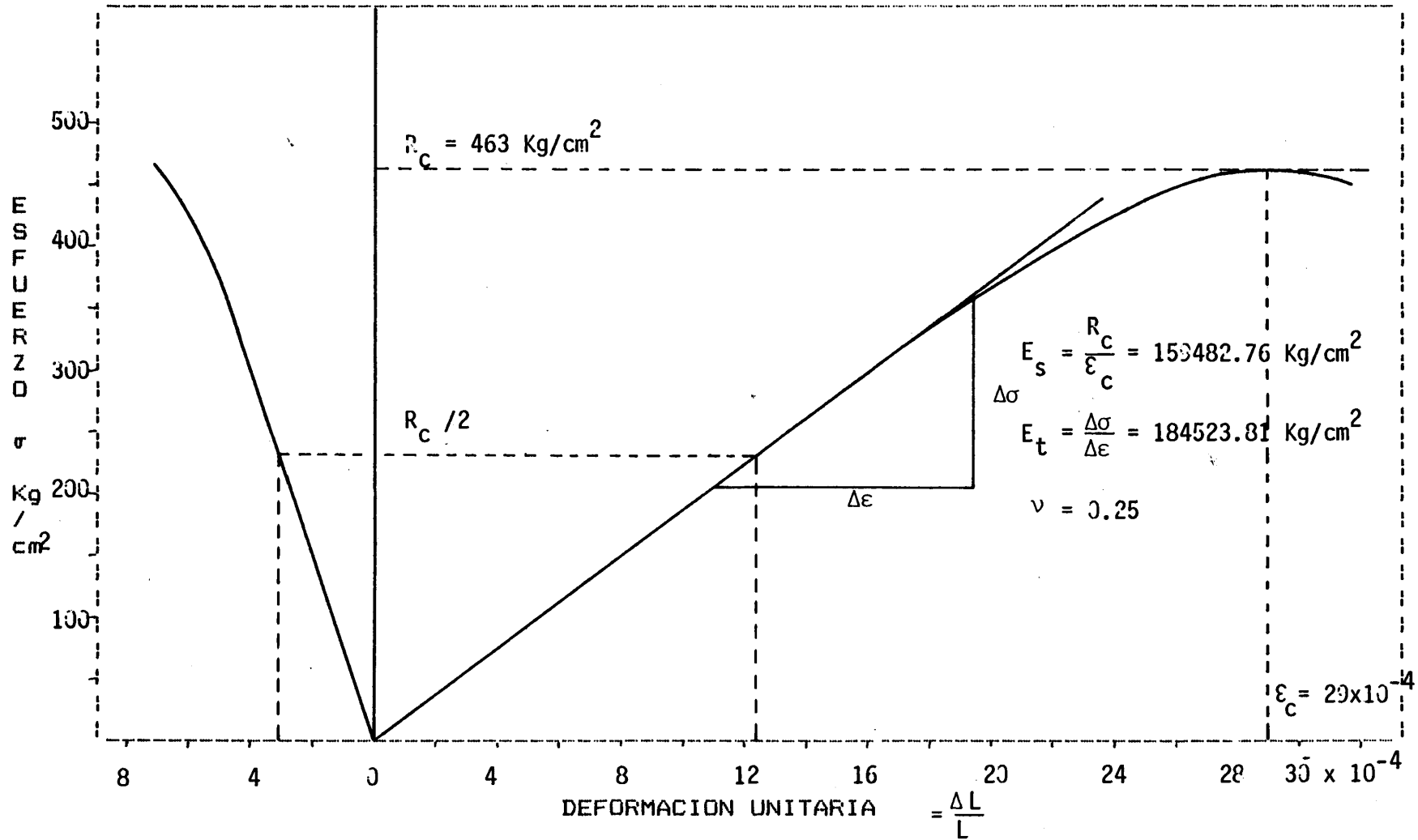


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA CALCAREA

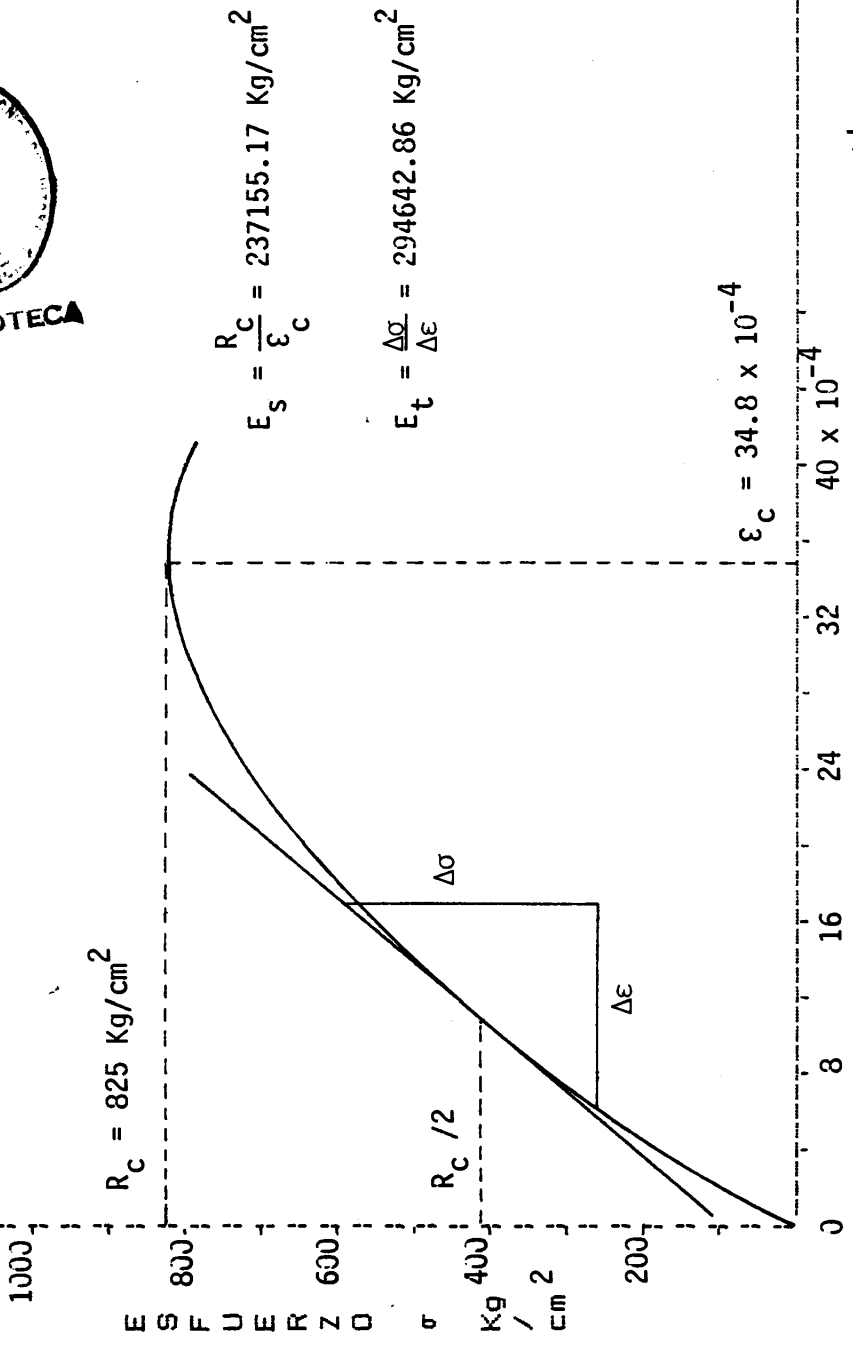
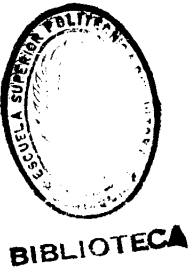
MIEMBRO: Cayo S.S.

PROBETA: P02-4



COMPRESION SIMPLE

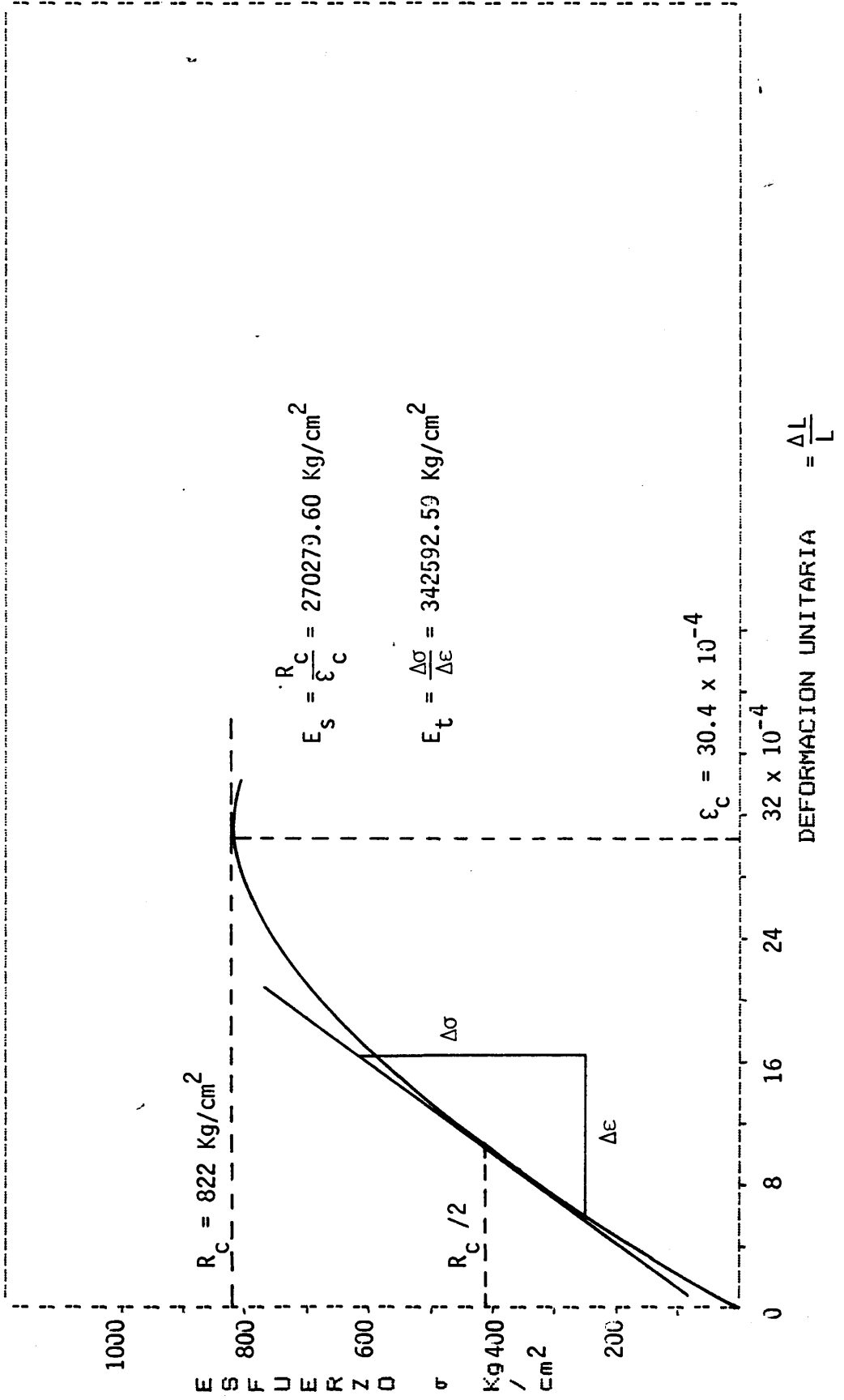
NOMBRE DE LA ROCA: LUTITA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 1-1



DEFORMACION UNITARIA $= \frac{\Delta L}{L}$

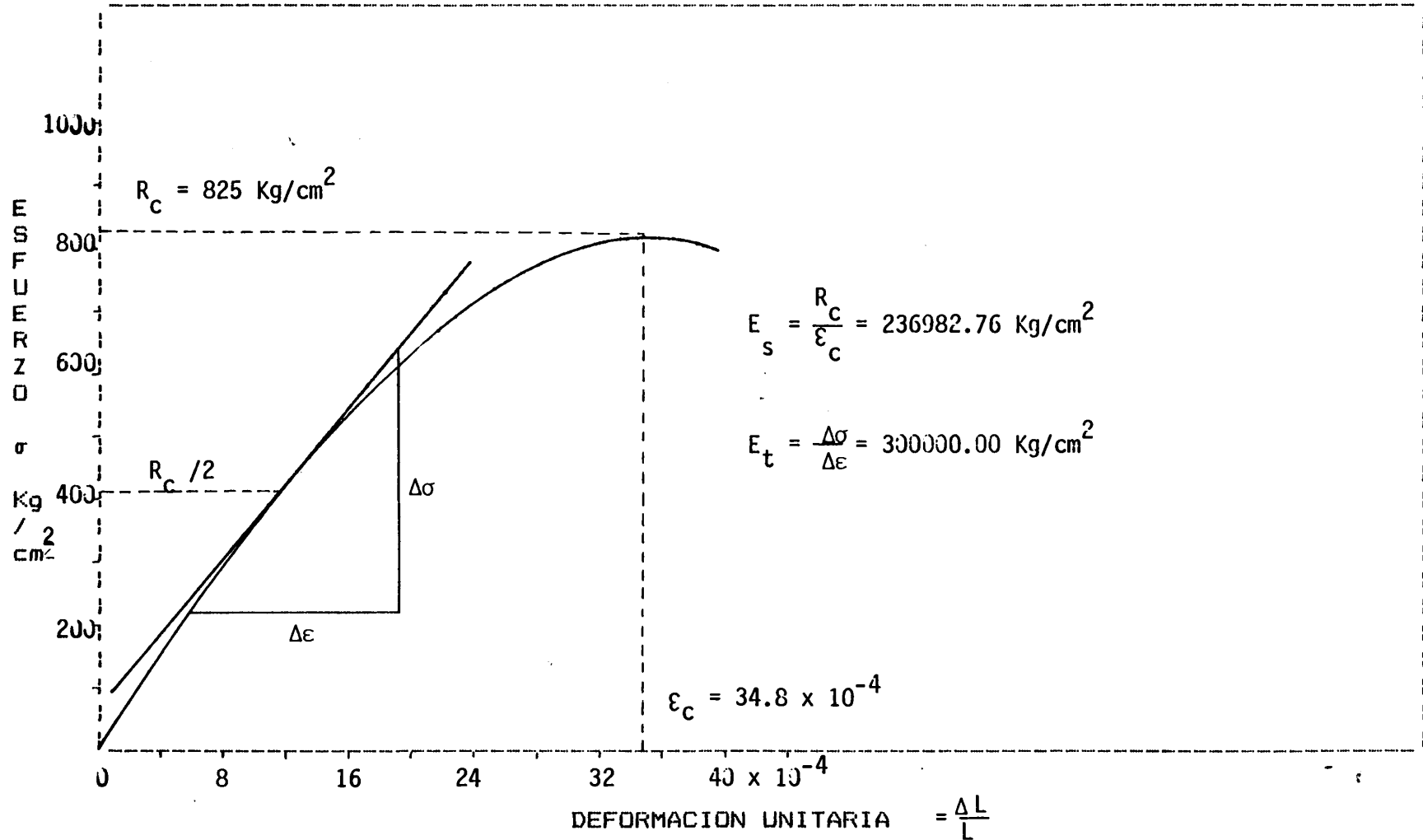
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: LUTITA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 1-2



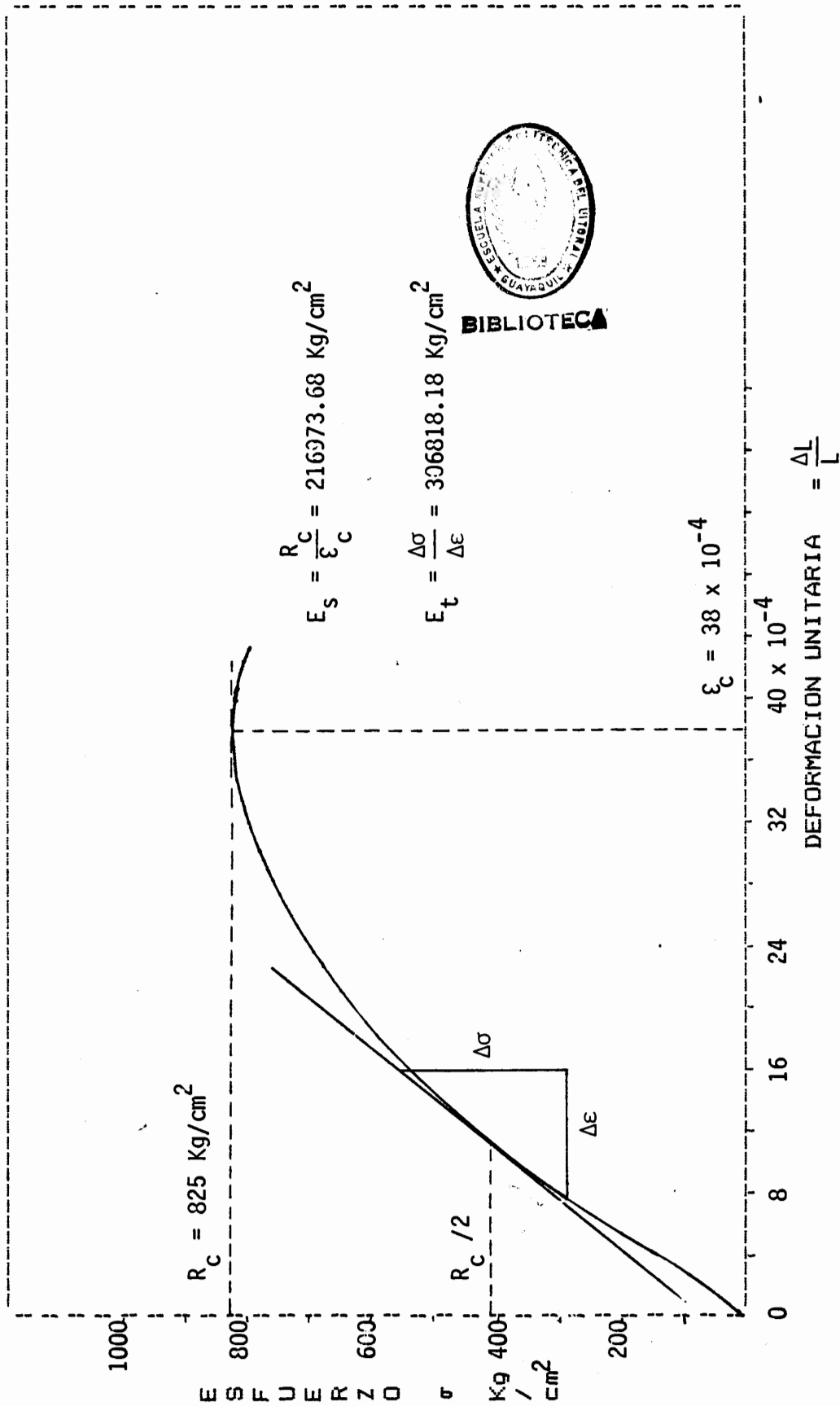
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: LUTITA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 1-3



COMPRESION SIMPLE

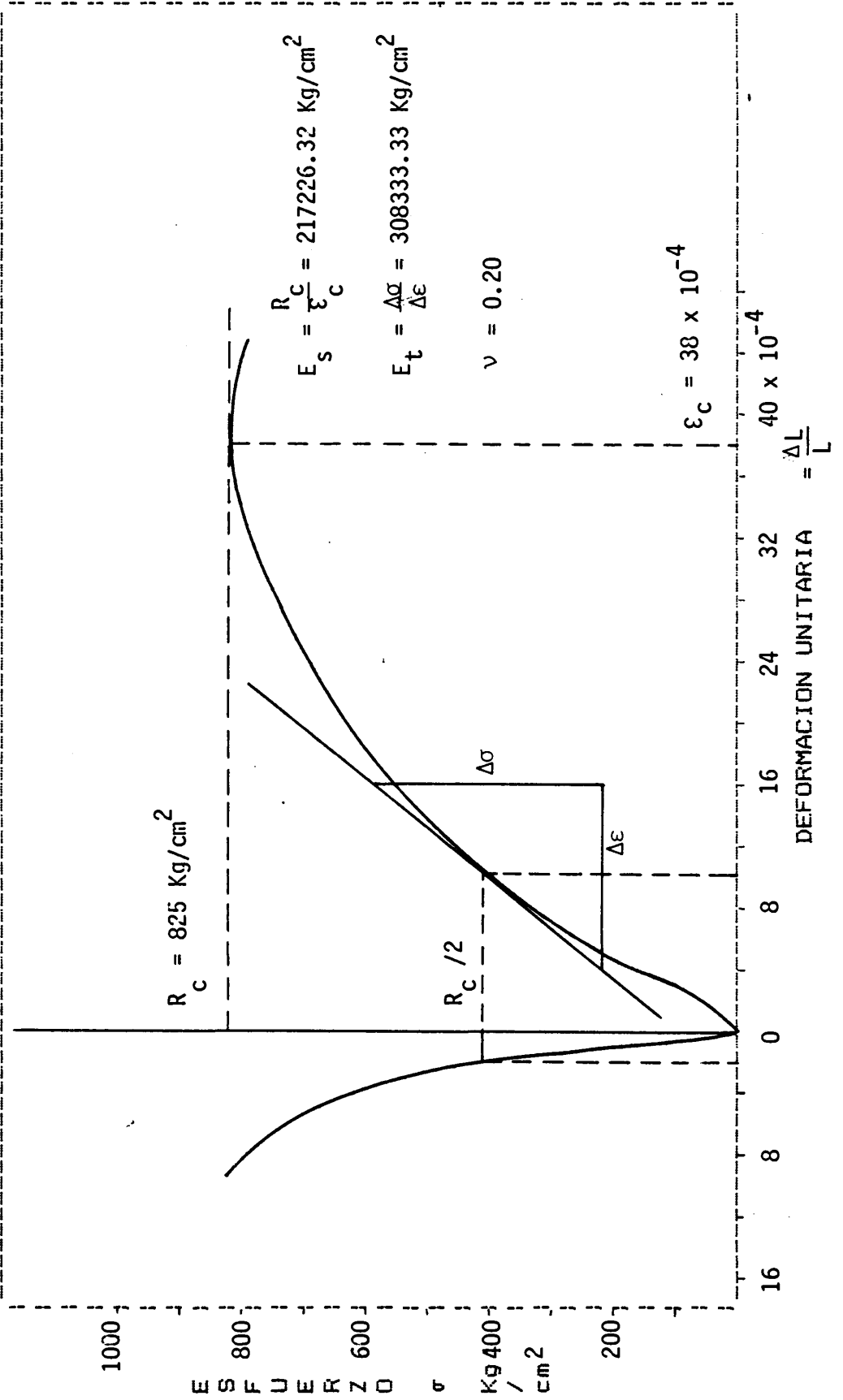
NOMBRE DE LA ROCA: LUTITA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 1-4



BIBLIOTECA

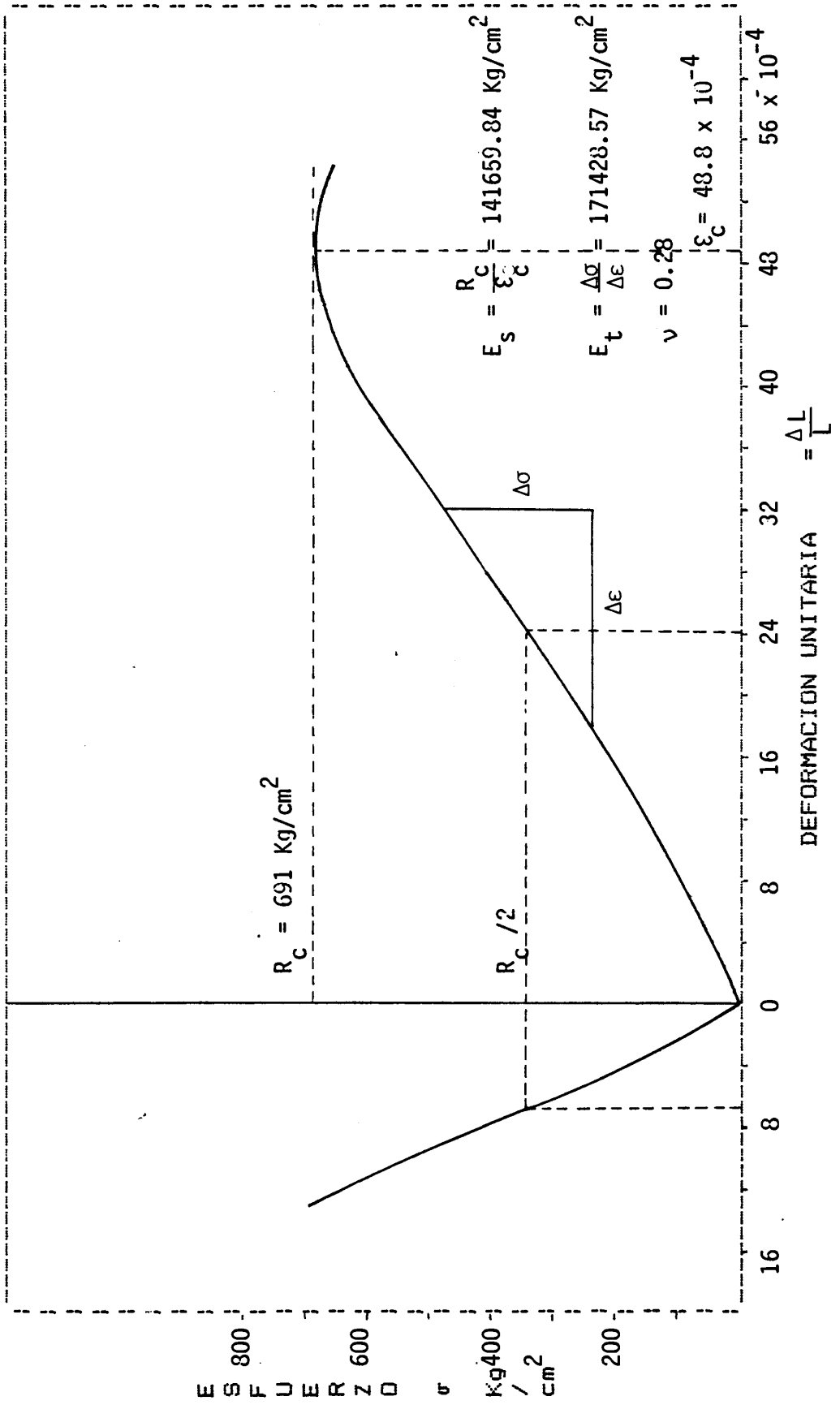
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: LUTITA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 1-5



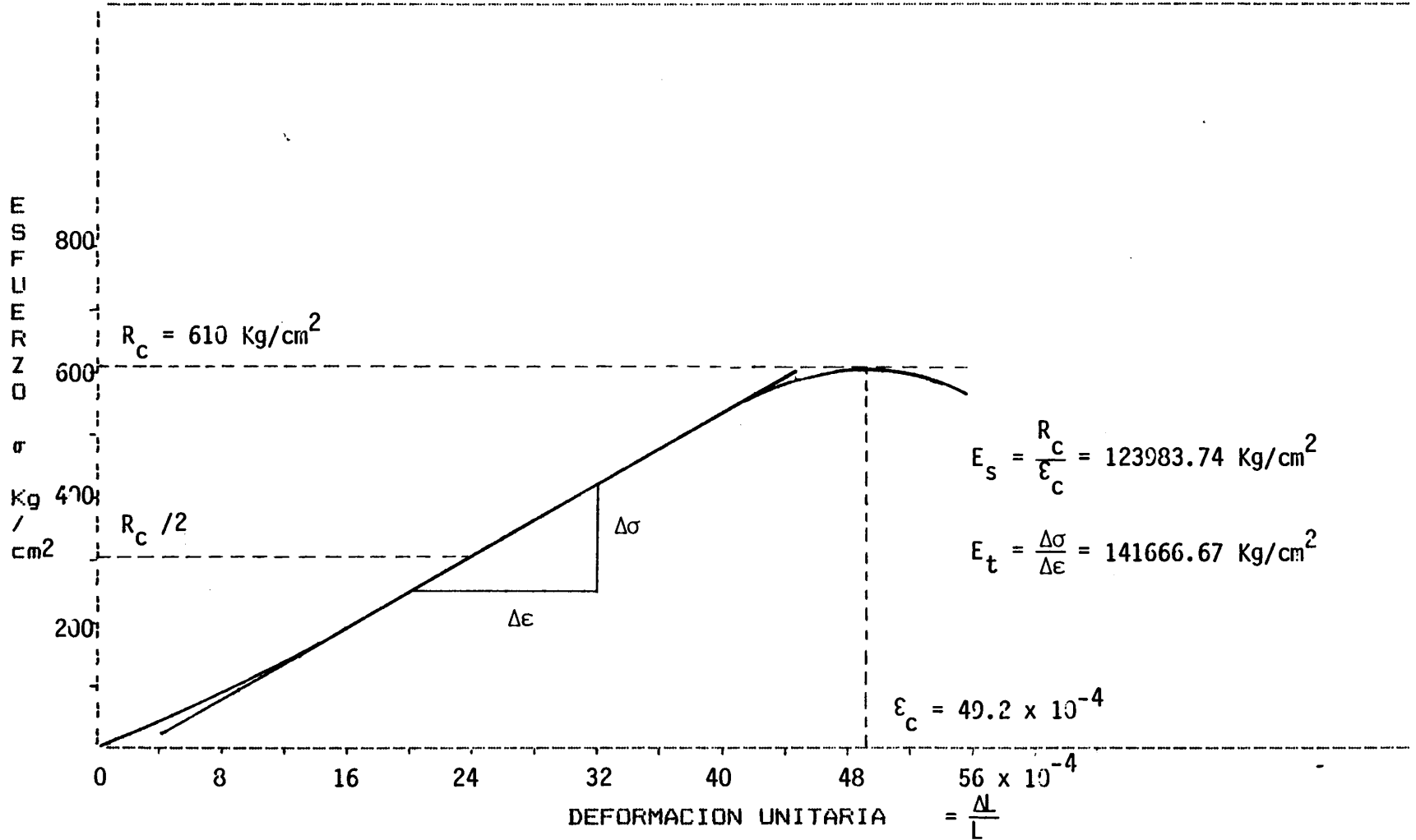
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBAGEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 3A-1



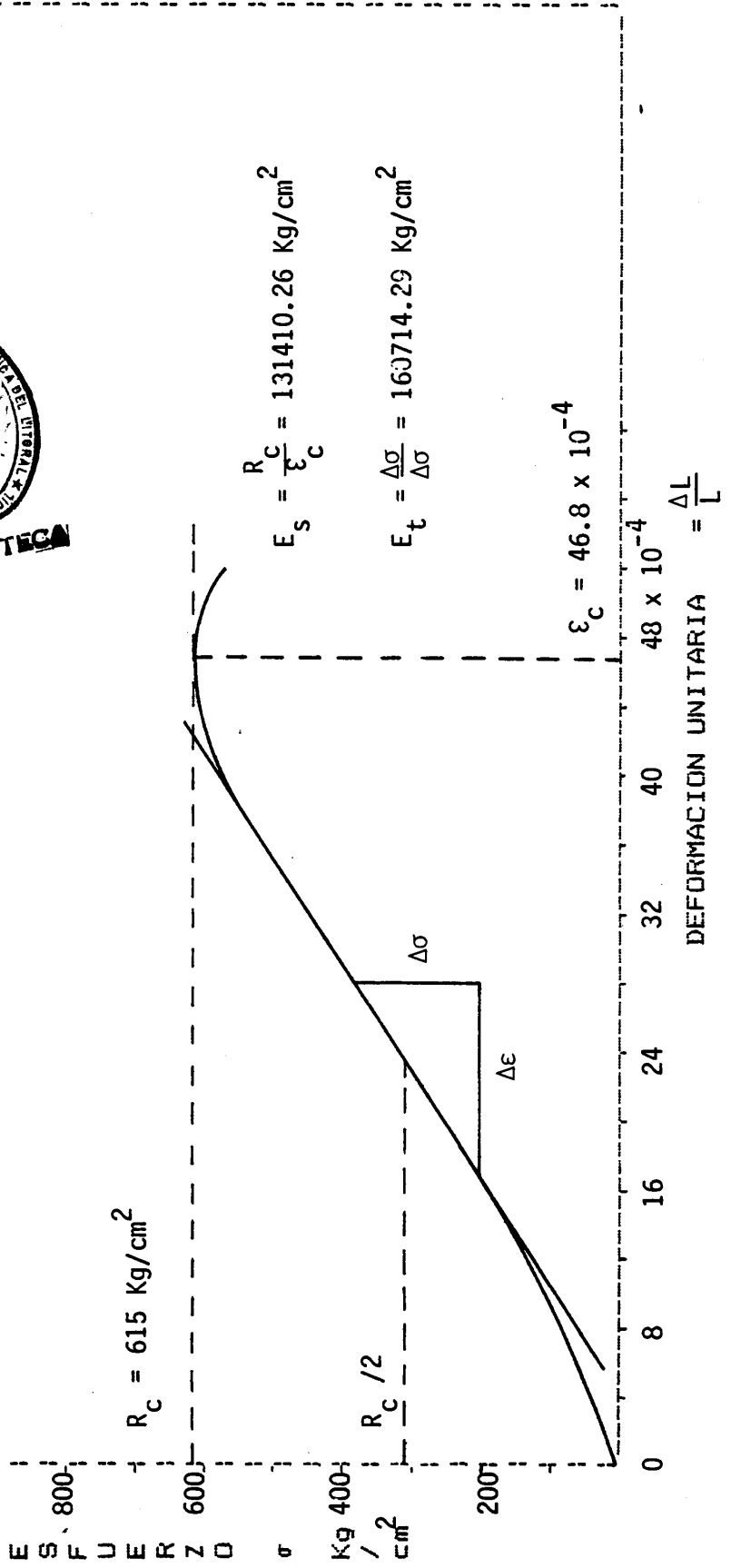
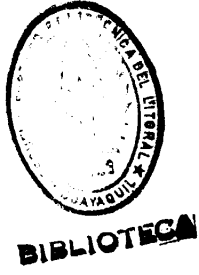
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 3A-2



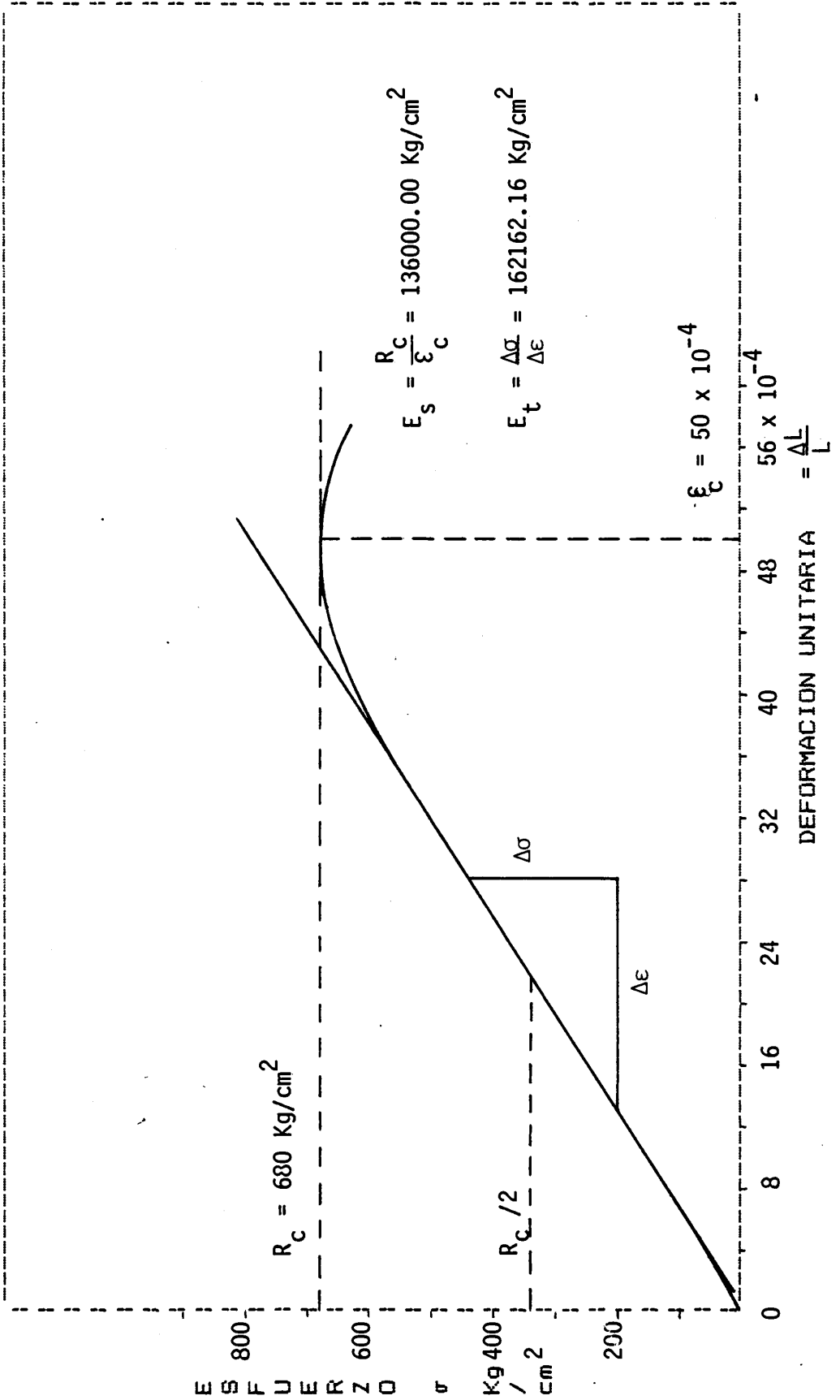
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 3A-3



COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 3A-4 paralela a la estratificación.

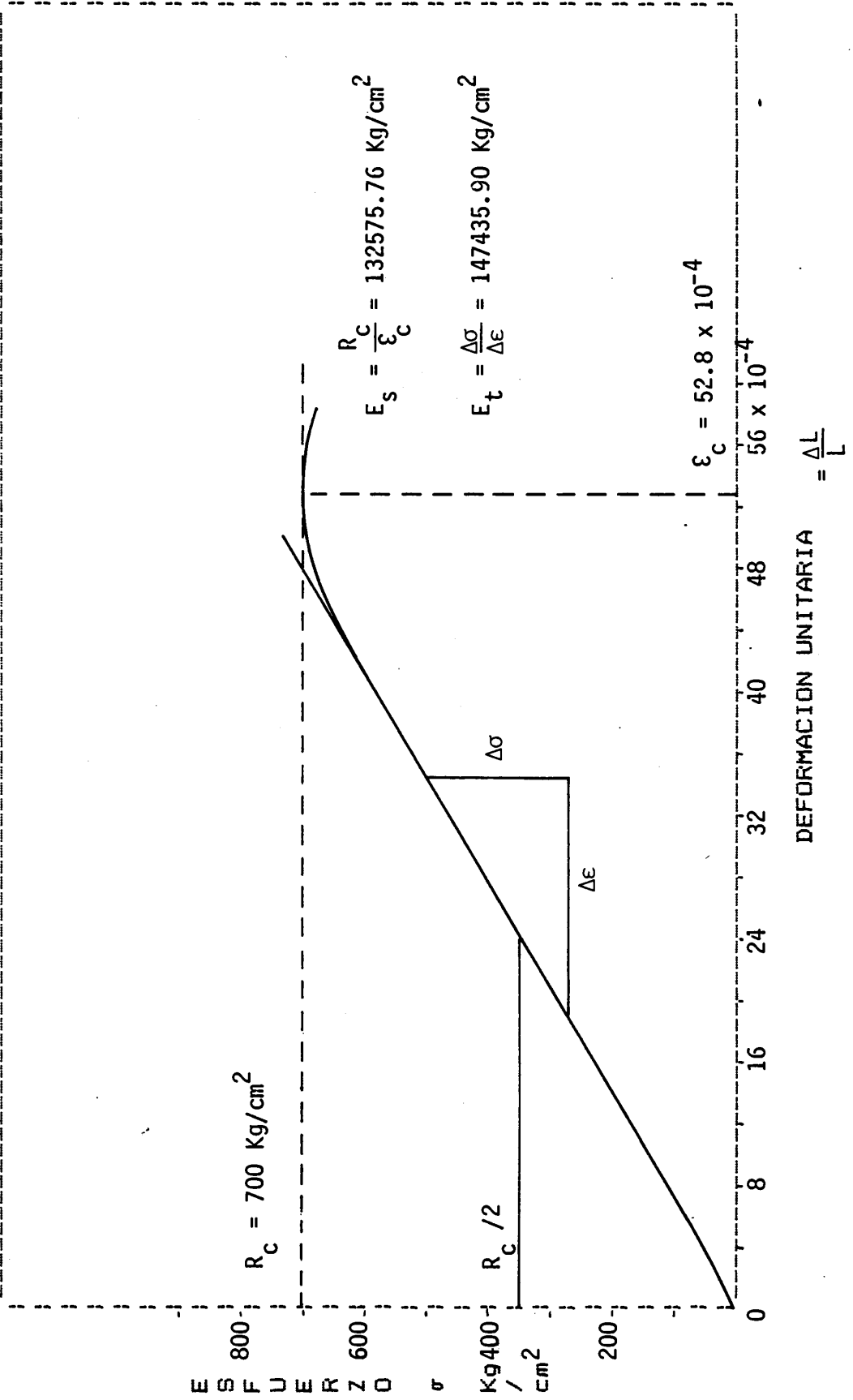


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA

MIEMBRO: Cayo S.S.

PROBETA: 3A-5 con inclinación de 45° con respecto a la estratificación.

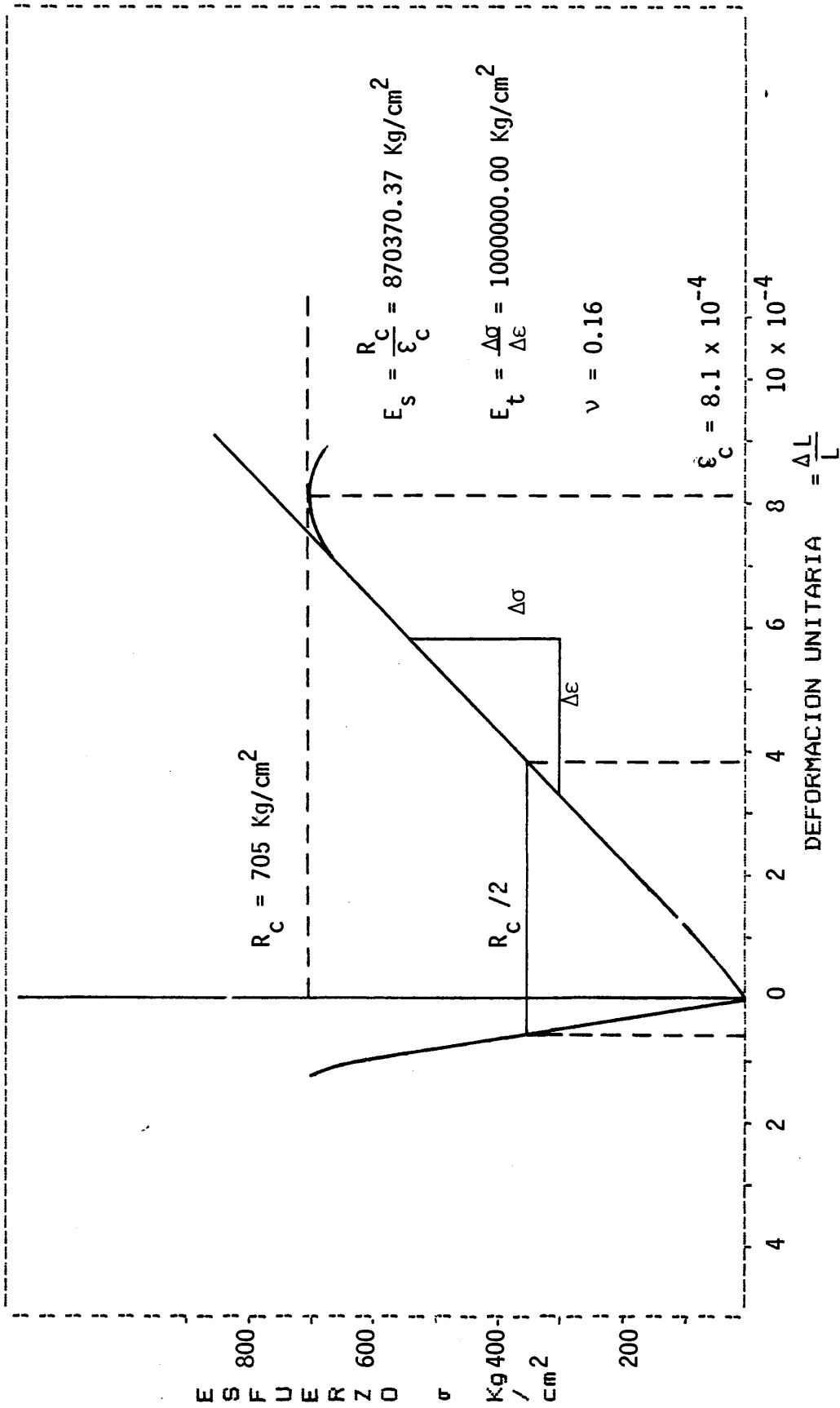


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: LUTITA SILICIFICADA

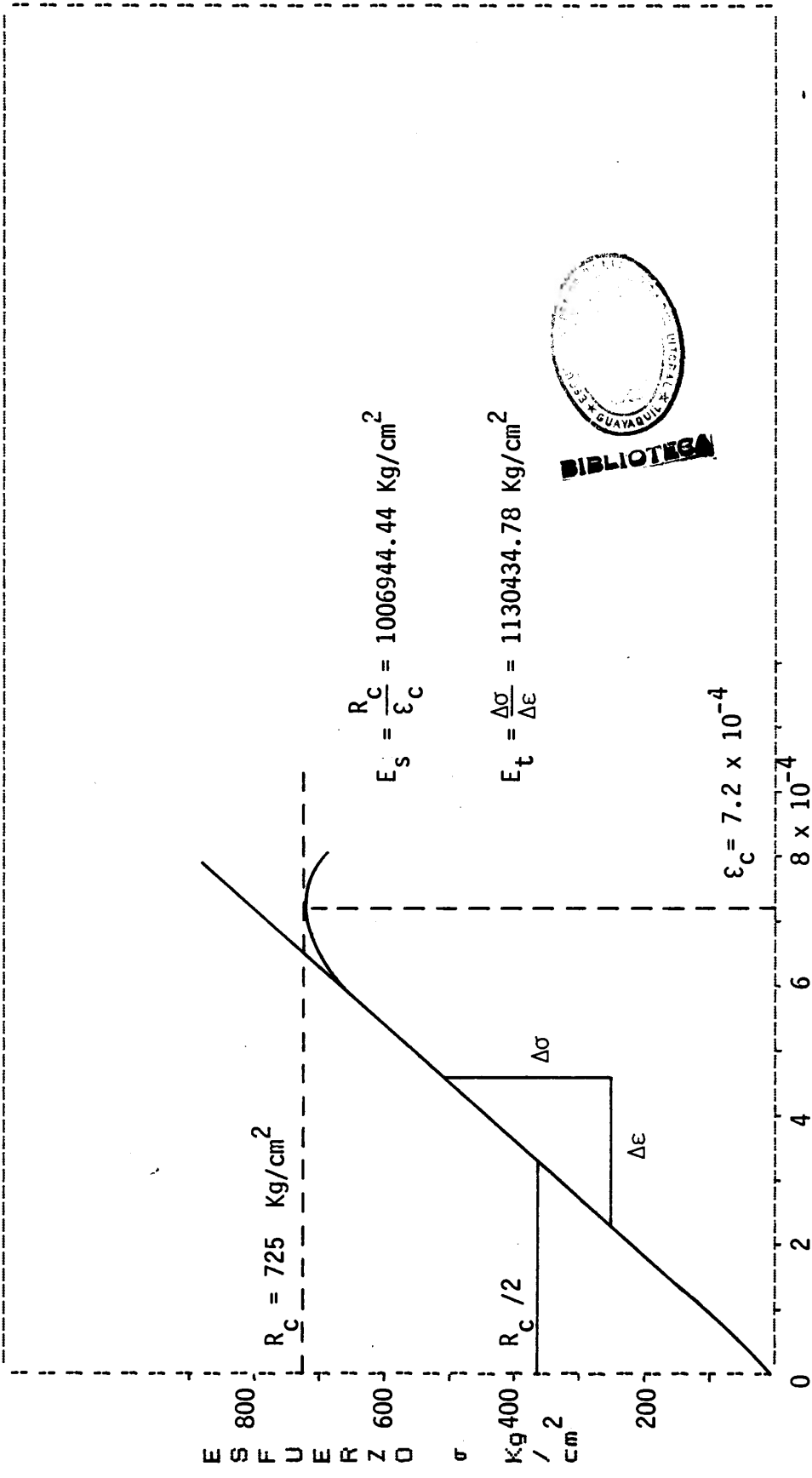
MIEMBRO: Guayaquil

PROBETA: 4-1



COMPRESION SIMPLE
LUTITA SILICIFICADA

NOMBRE DE LA ROCA: Guayaquil
MIEMBRO: 4-2
PROBETA: 4-2



$$R_c = 725 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = \frac{R_c}{\epsilon_c} = 1006944.44 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_t = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = 1130434.78 \text{ Kg/cm}^2$$

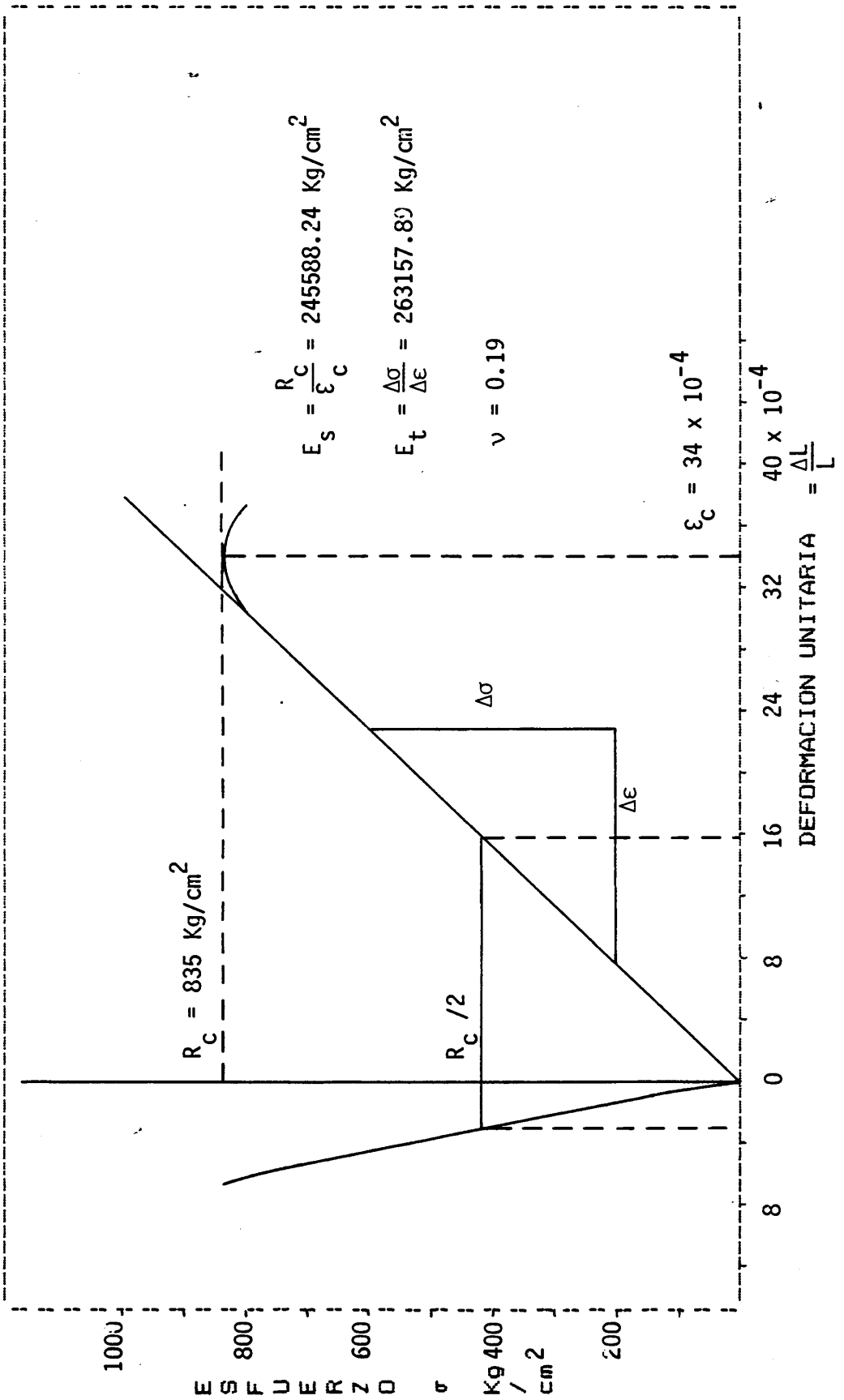
$$\epsilon_c = 7.2 \times 10^{-4}$$

DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$



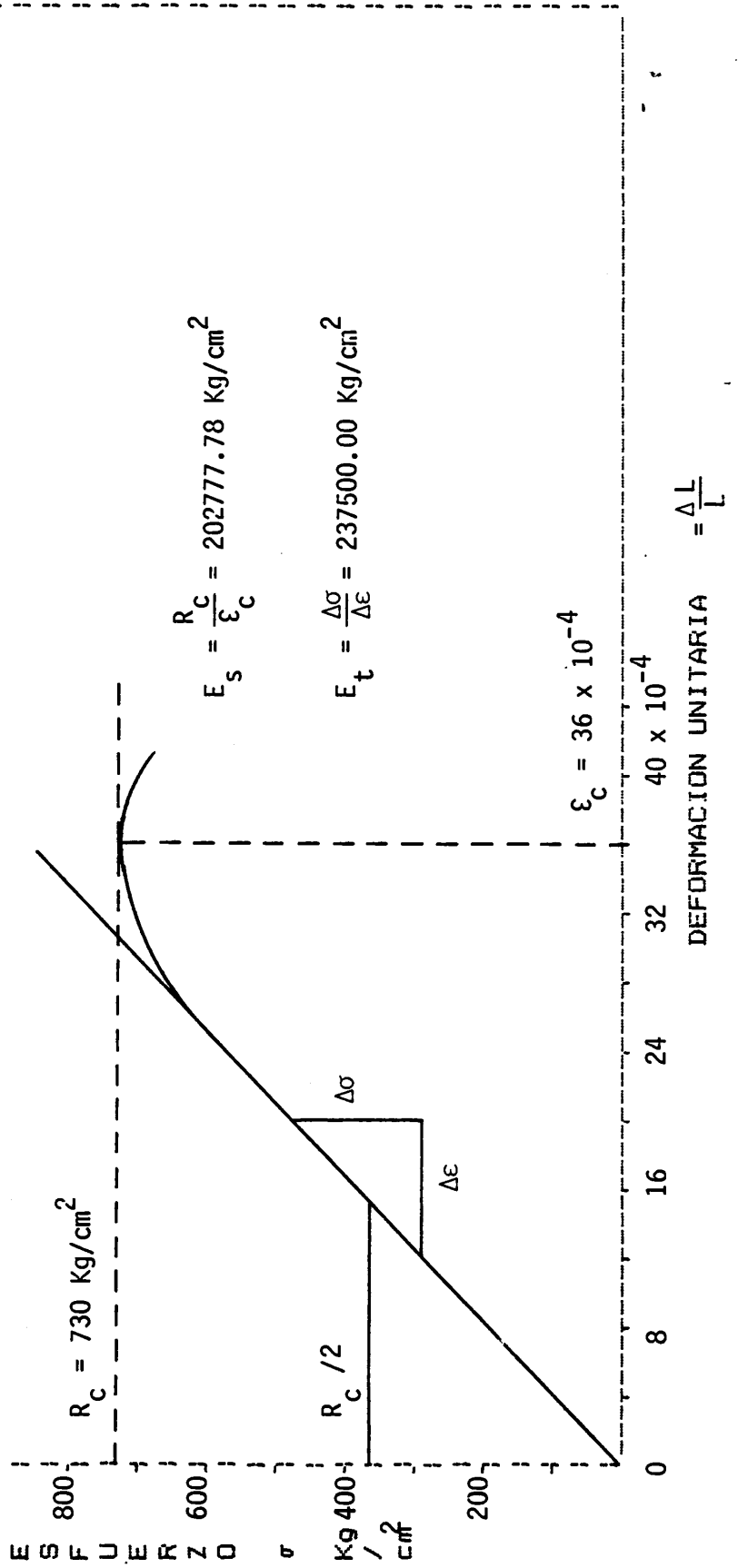
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 6B-1



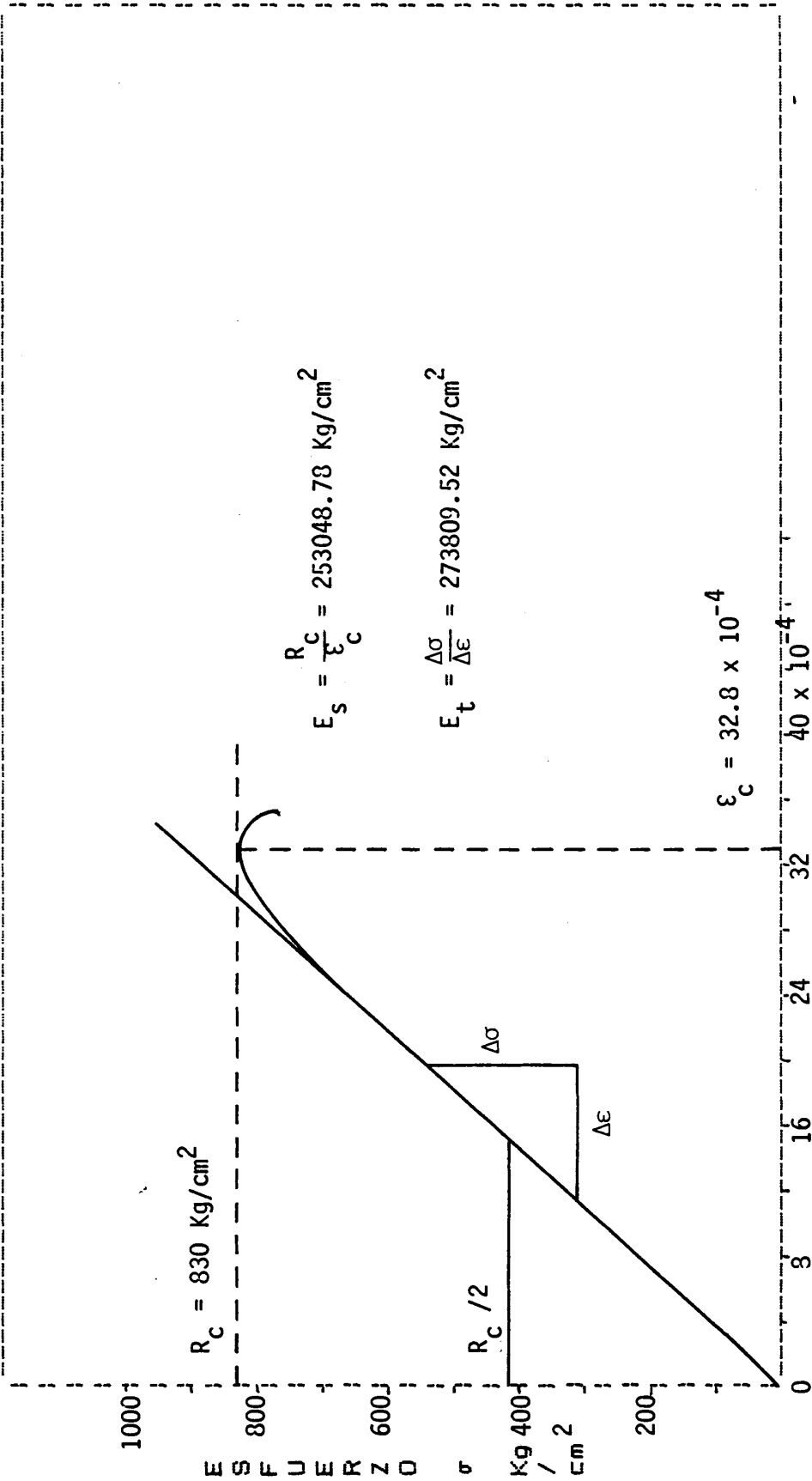
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 6B-2



COMPRESION SIMPLE

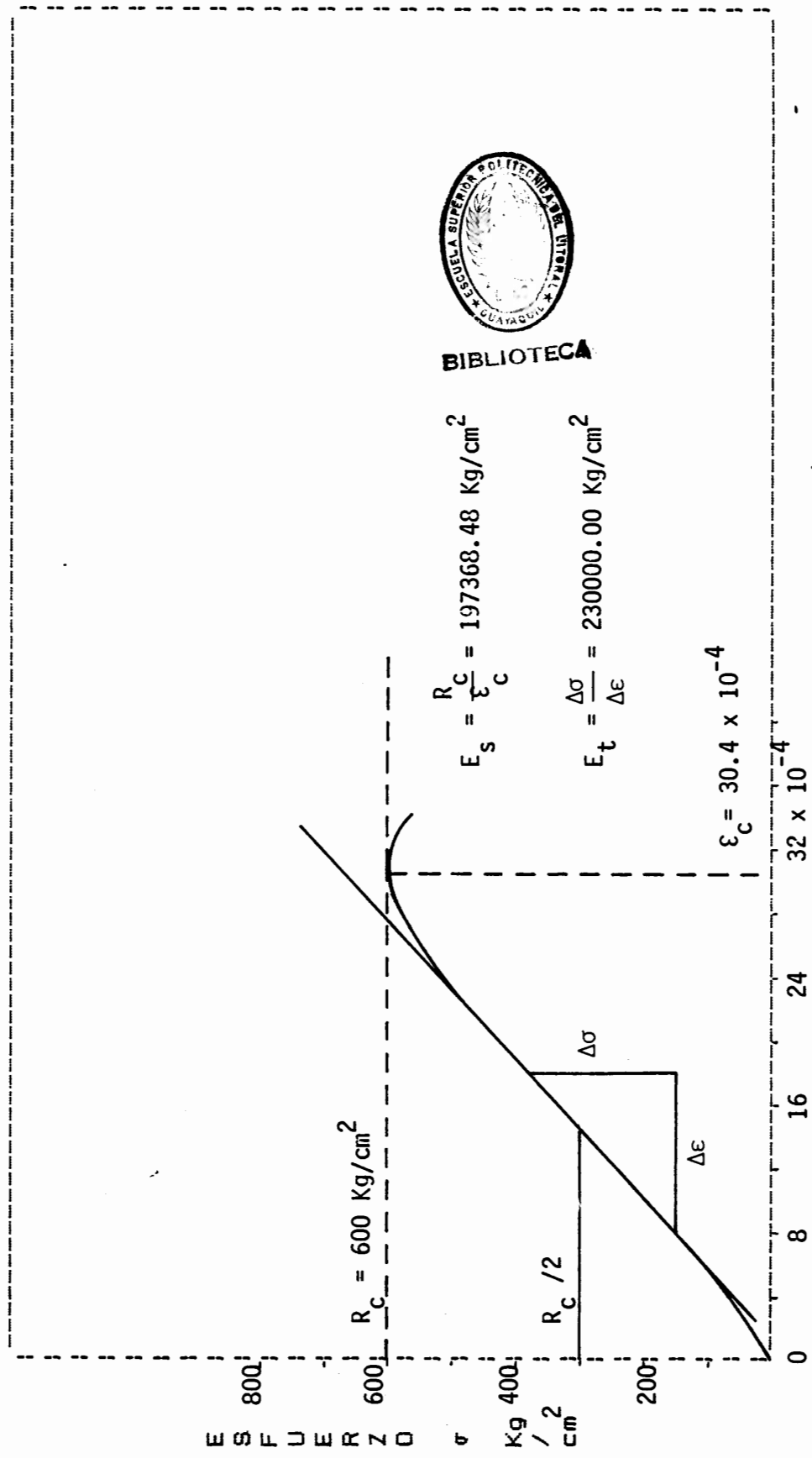
NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.,
 PROBETA: 6B-3



DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$

COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHA
MIEMBRO: Cayo S.S.
PROBETA: 6B-4



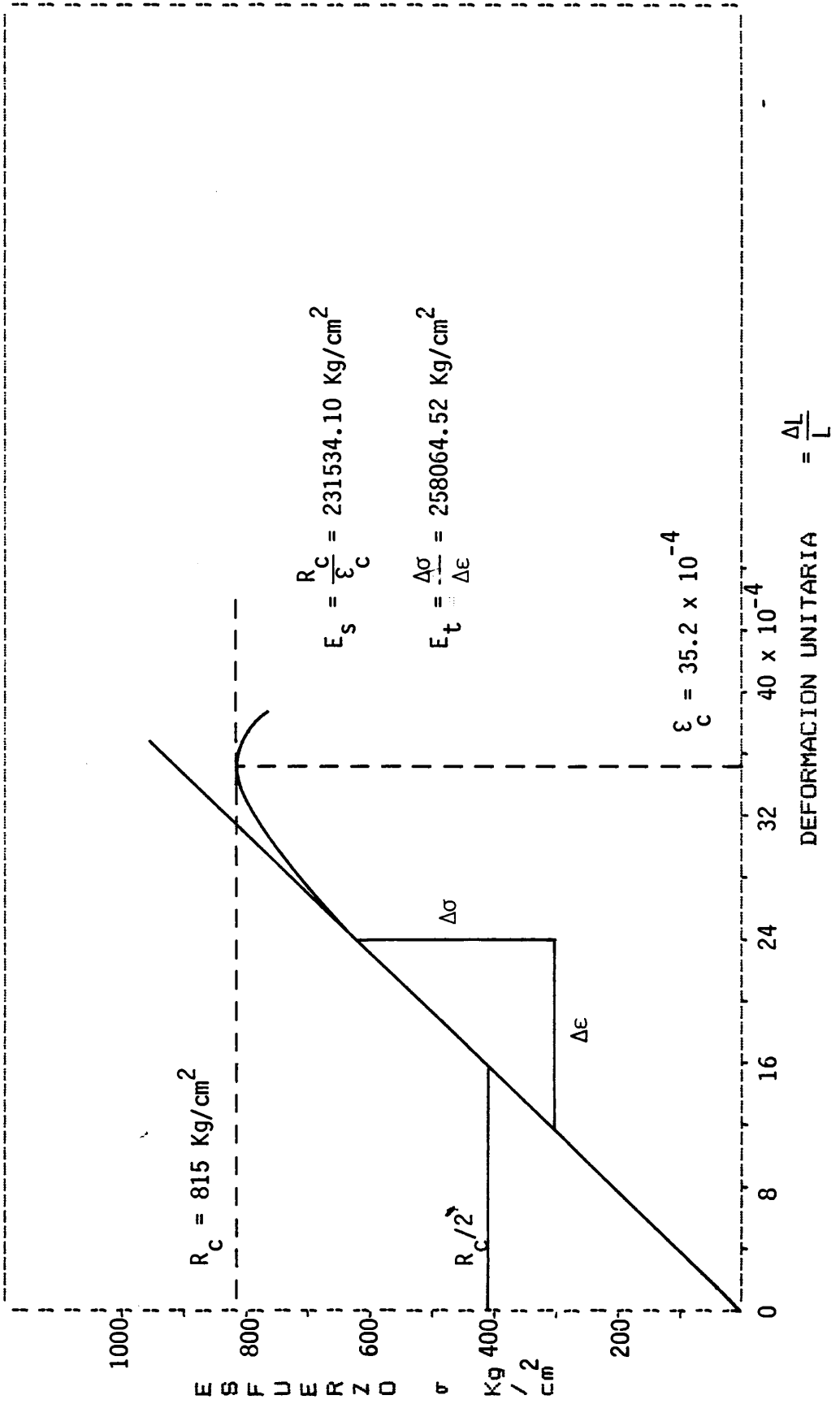
BIBLIOTECA

$$= \frac{\Delta L}{L}$$

DEFORMACION UNITARIA

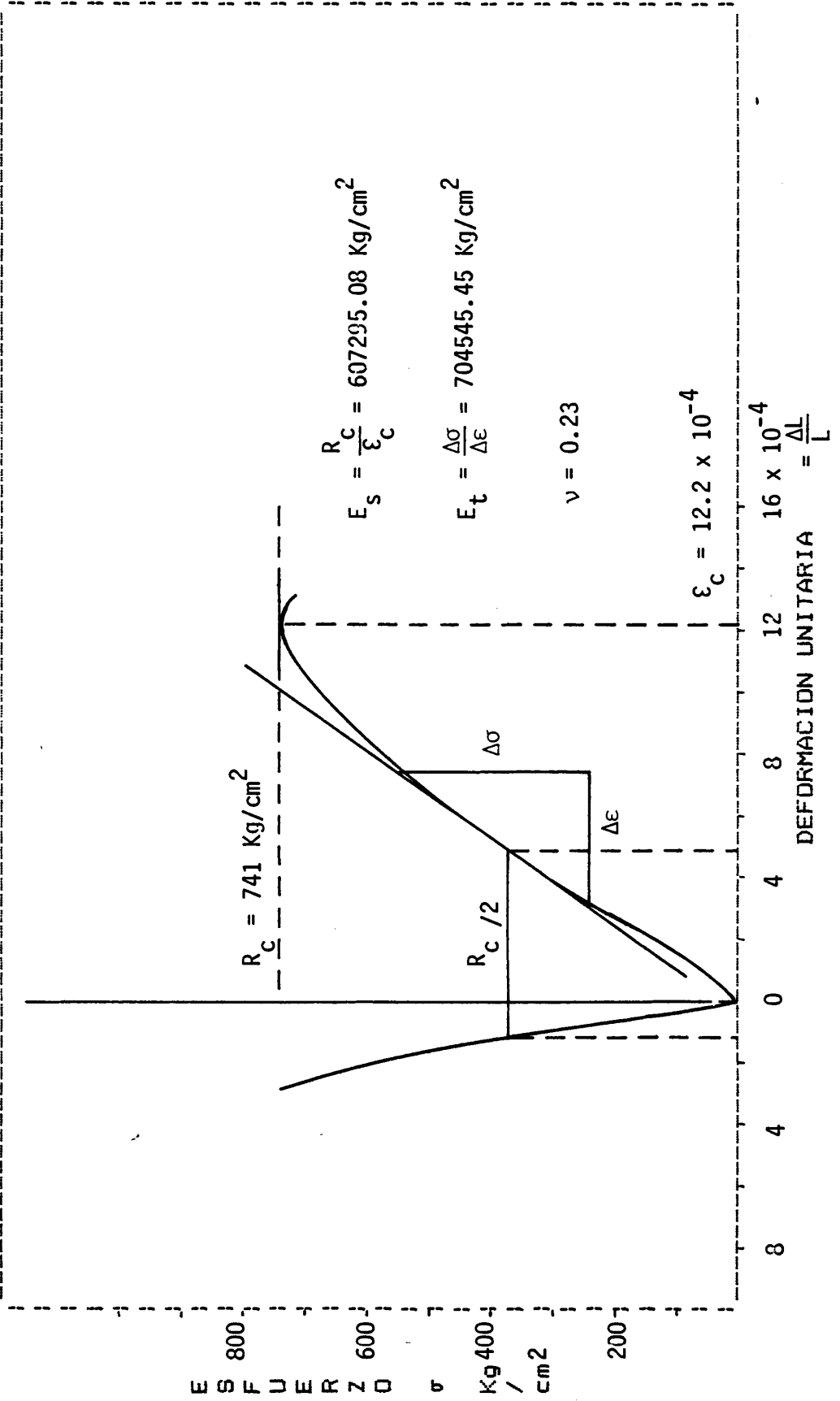
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 6B-5

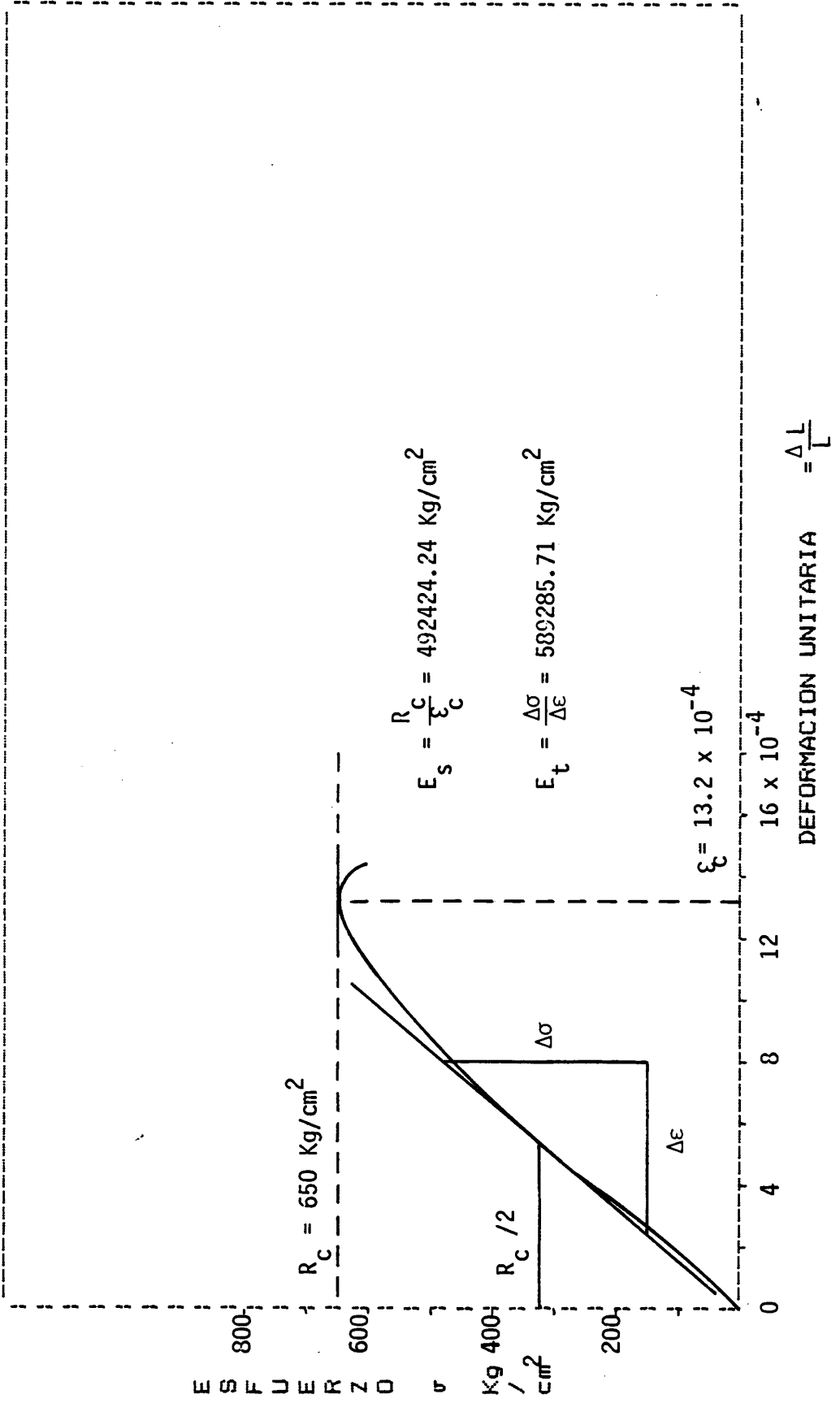


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 6S-1

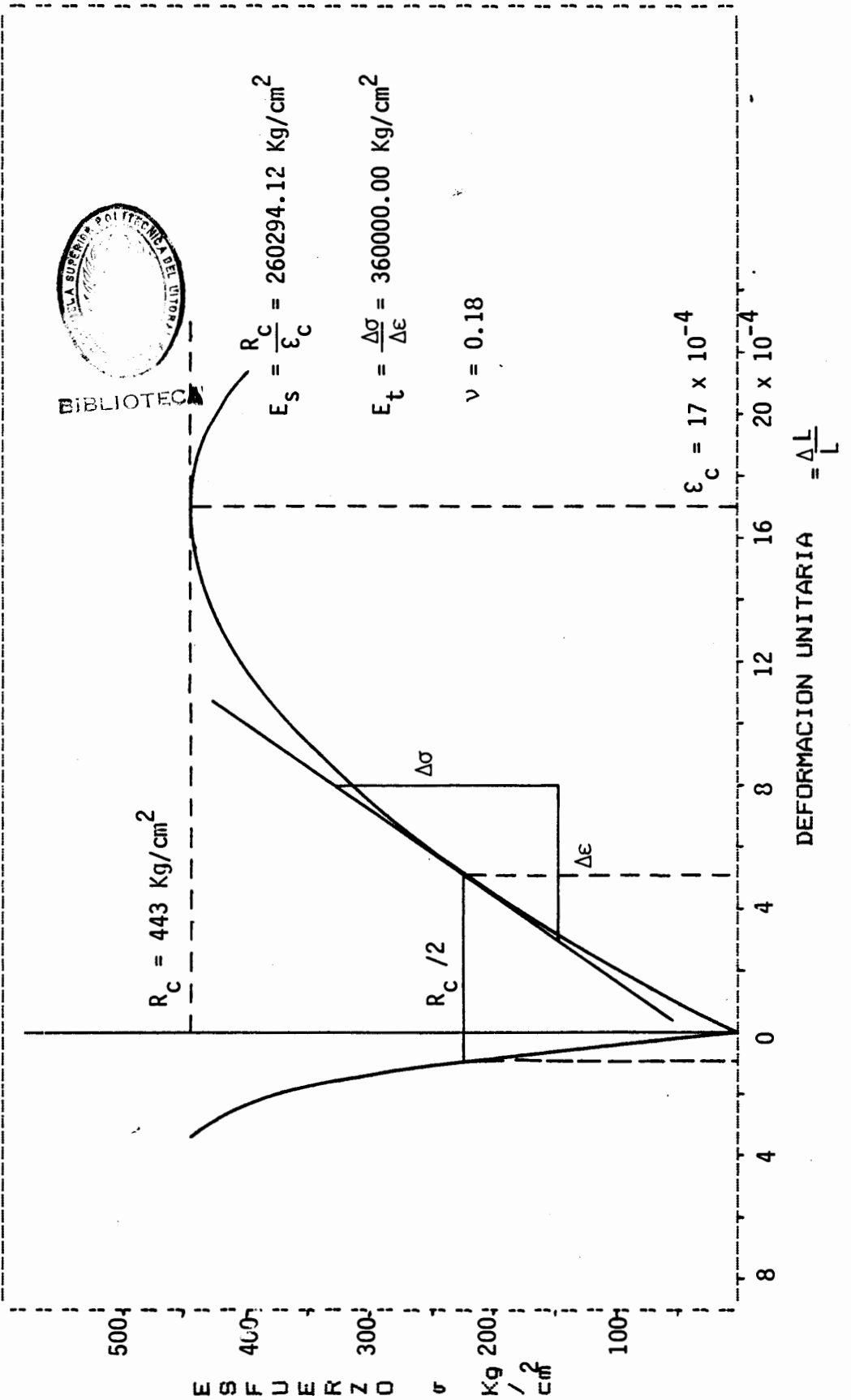


NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRAVO FINO
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 6S-2



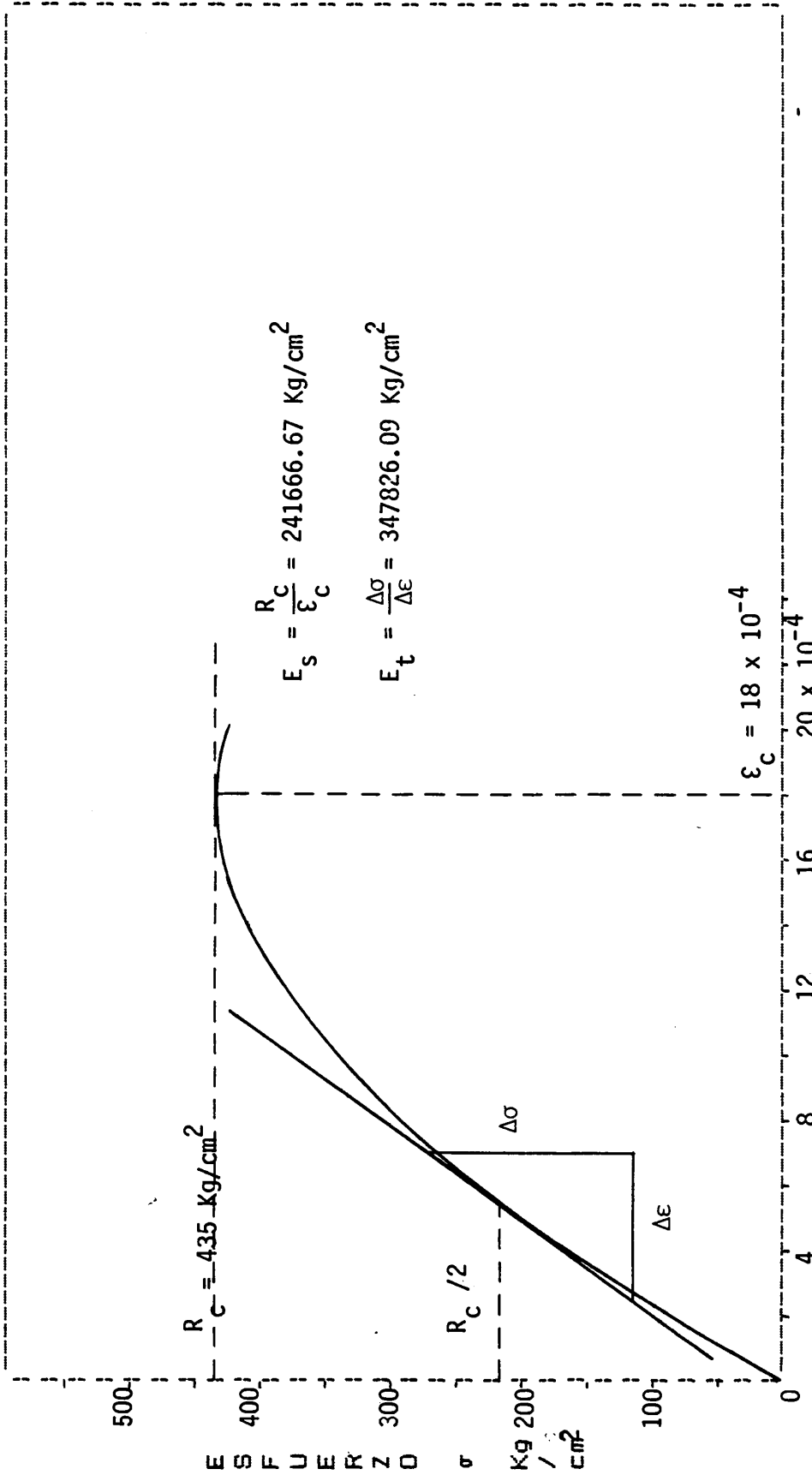
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHIA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 9A-1



COMPRESION SIMPLE

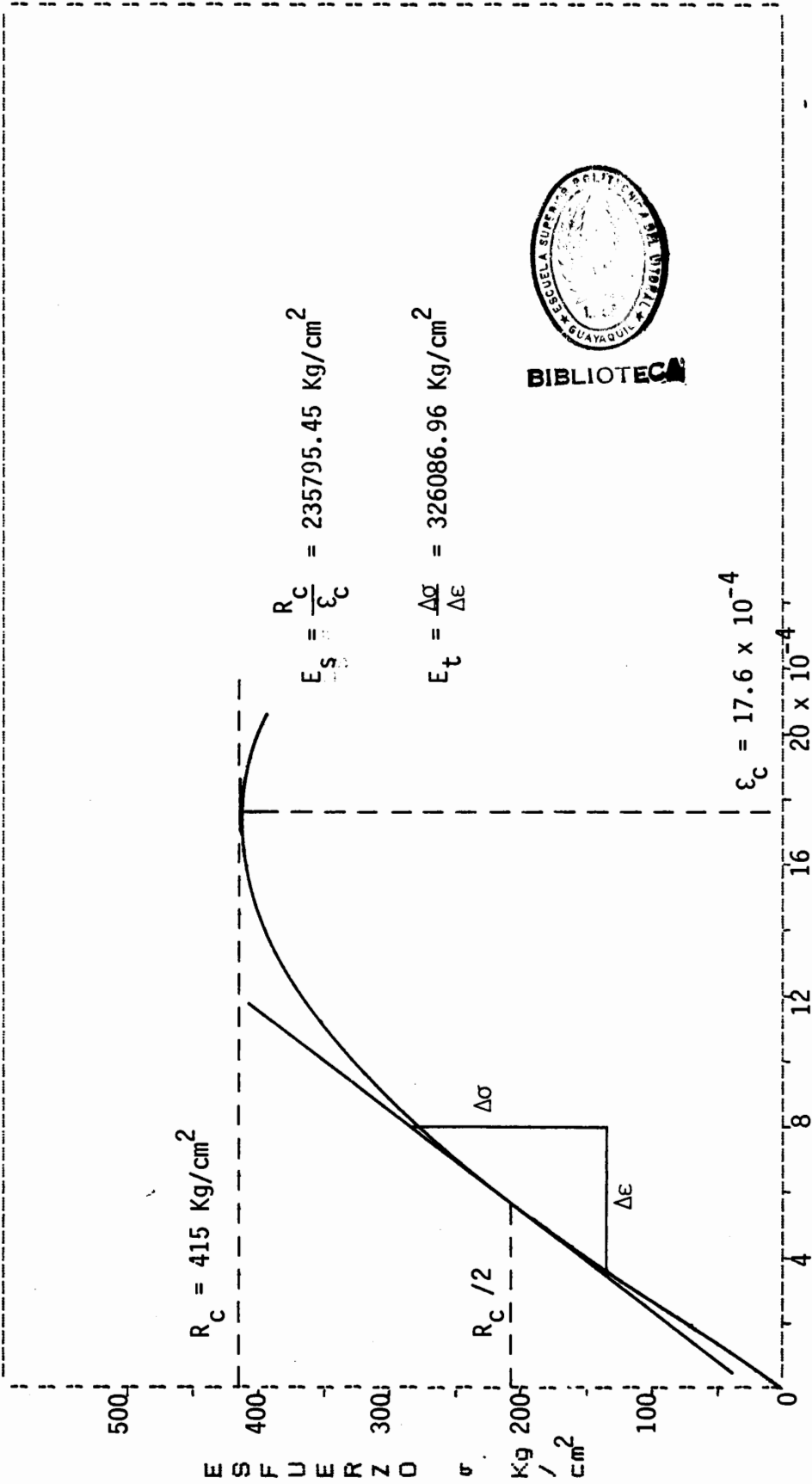
NOMBRE DE LA ROCA: MICROBRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 9A-2



DEFORMACION UNITARIA $= \frac{\Delta L}{L}$

COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA RODA: MICROBRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 9A-3



$$E_s = \frac{R_C}{\epsilon_C} = 235795.45 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_t = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = 326086.96 \text{ Kg/cm}^2$$

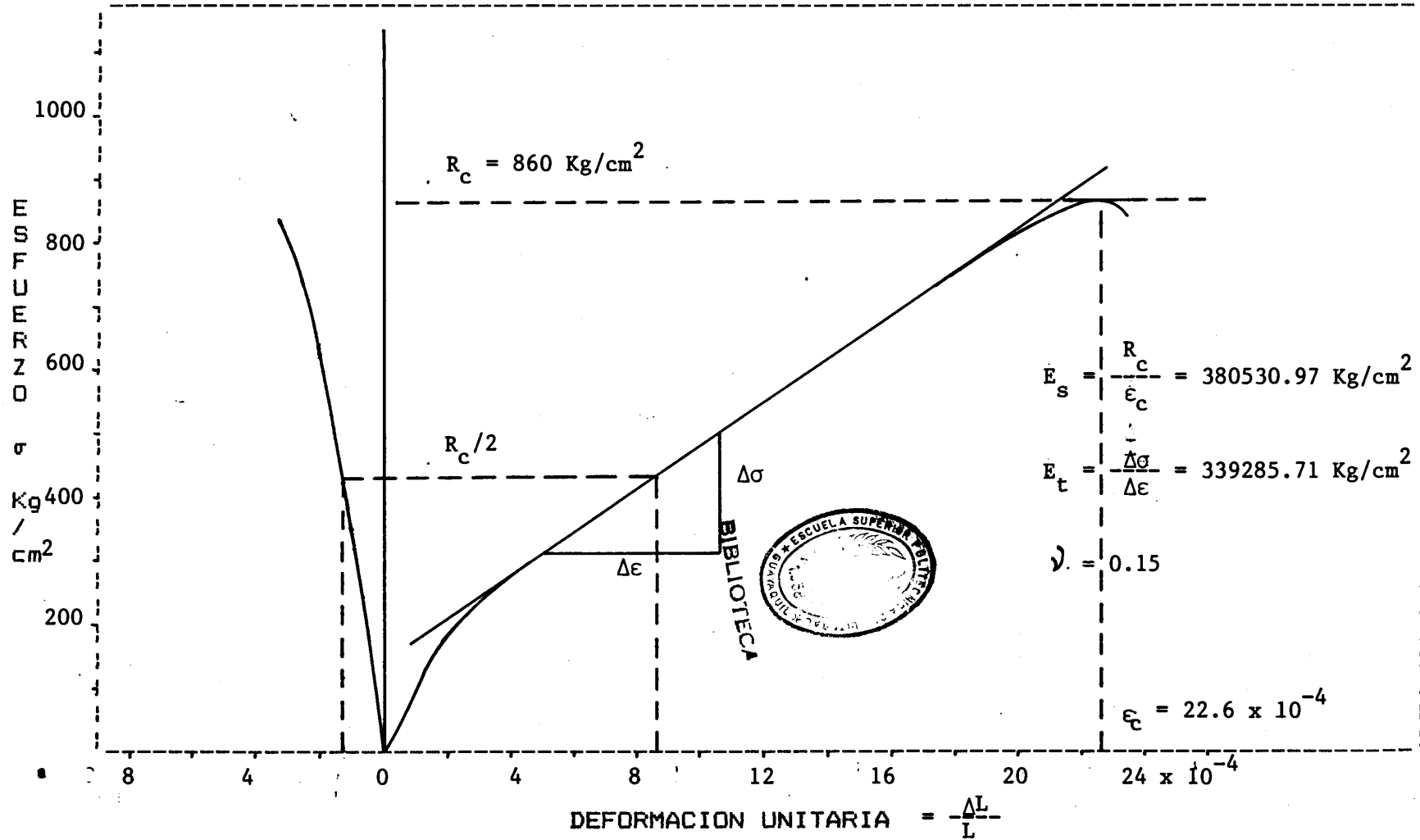


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MIEMBRO: Cayo S.S.

PROBETA: 9L-1

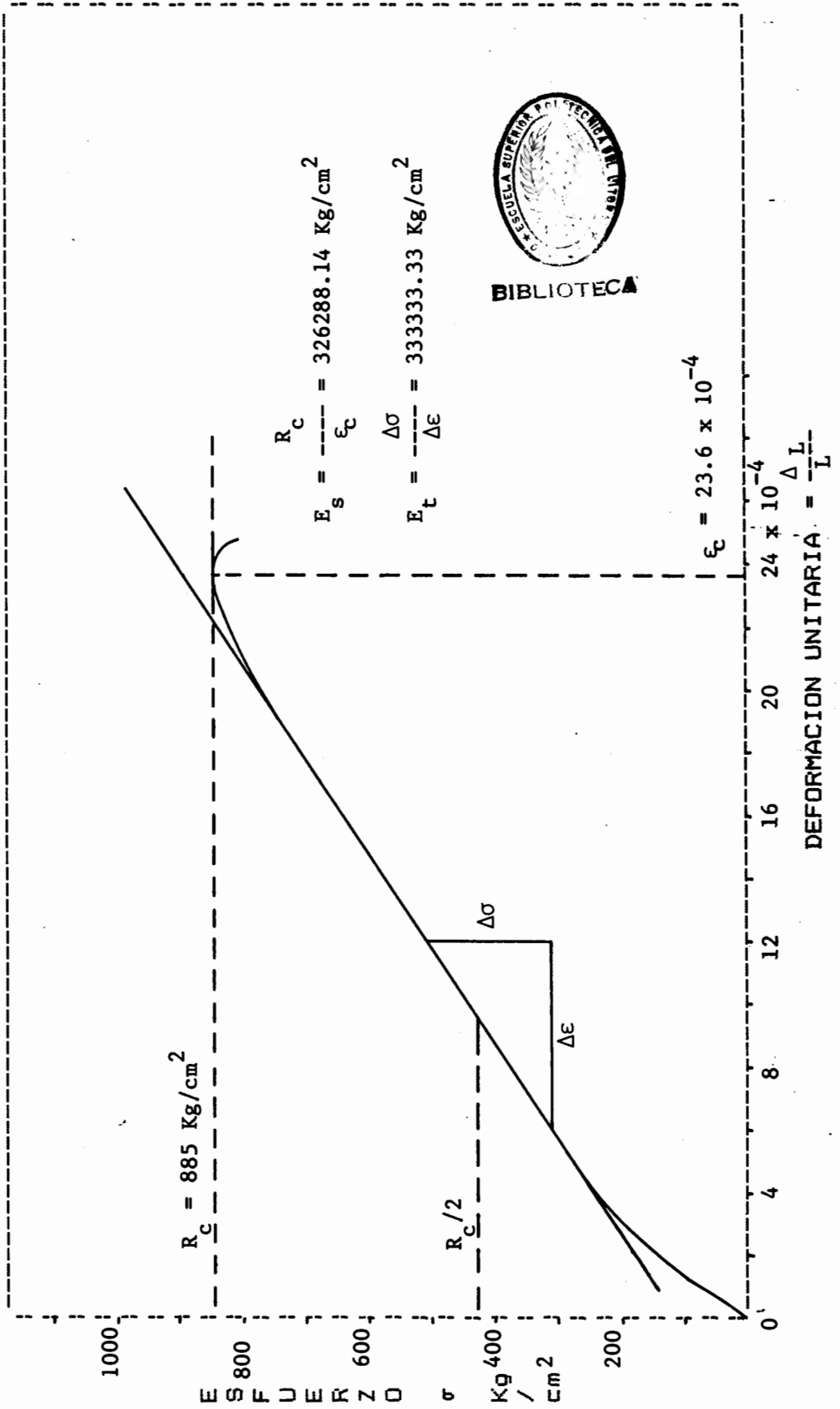


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MIEMBRO: Cayo S.S.

PROBETA: 9L-2

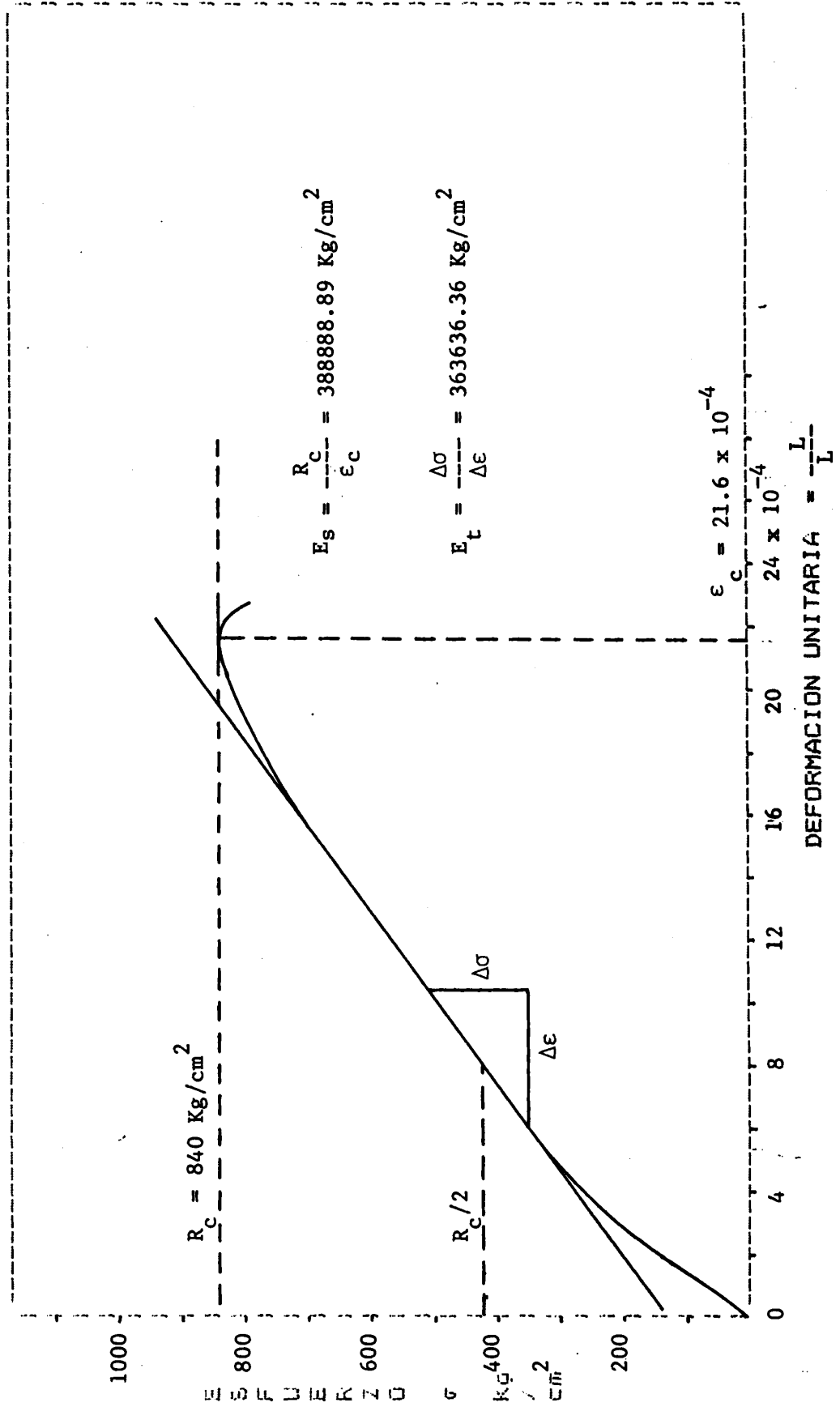


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MIEMBRO: Cayo s.S.

PROBETA: 9L-3

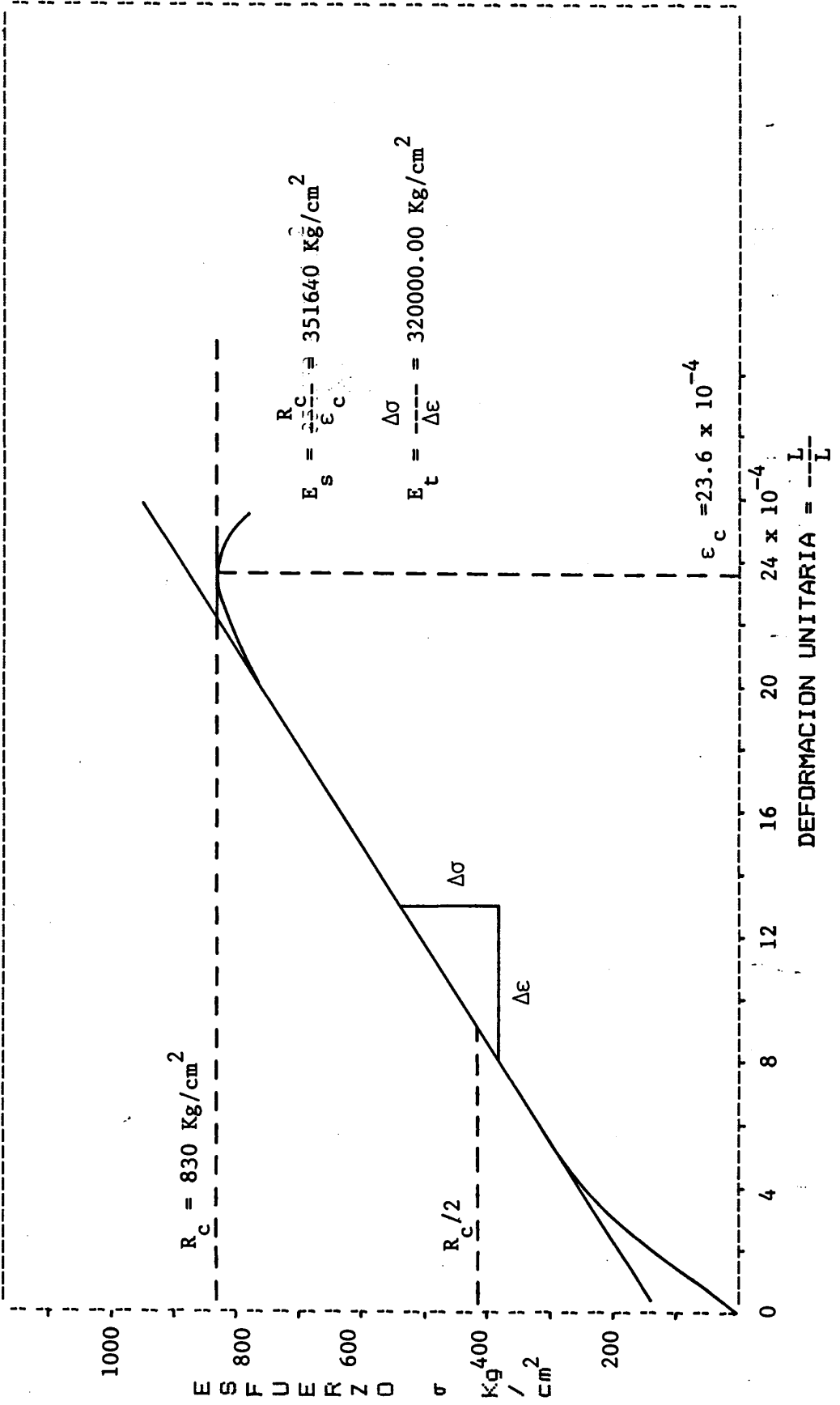


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MIEMBRO: Cayo S.S.

PROBETA: 9L-4

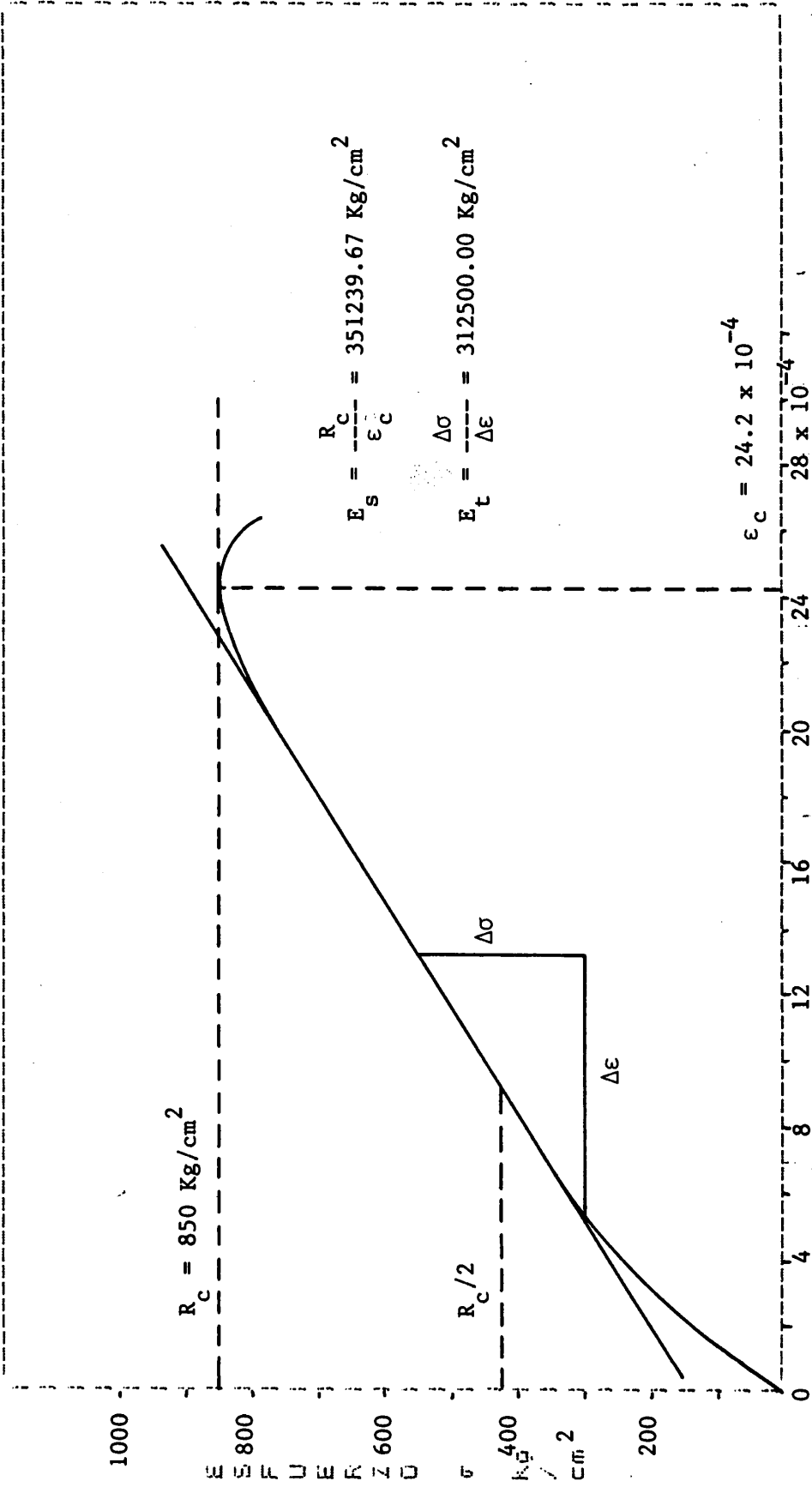


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA DE GRANO FINO

MIEMBRO: Cayo S.S.

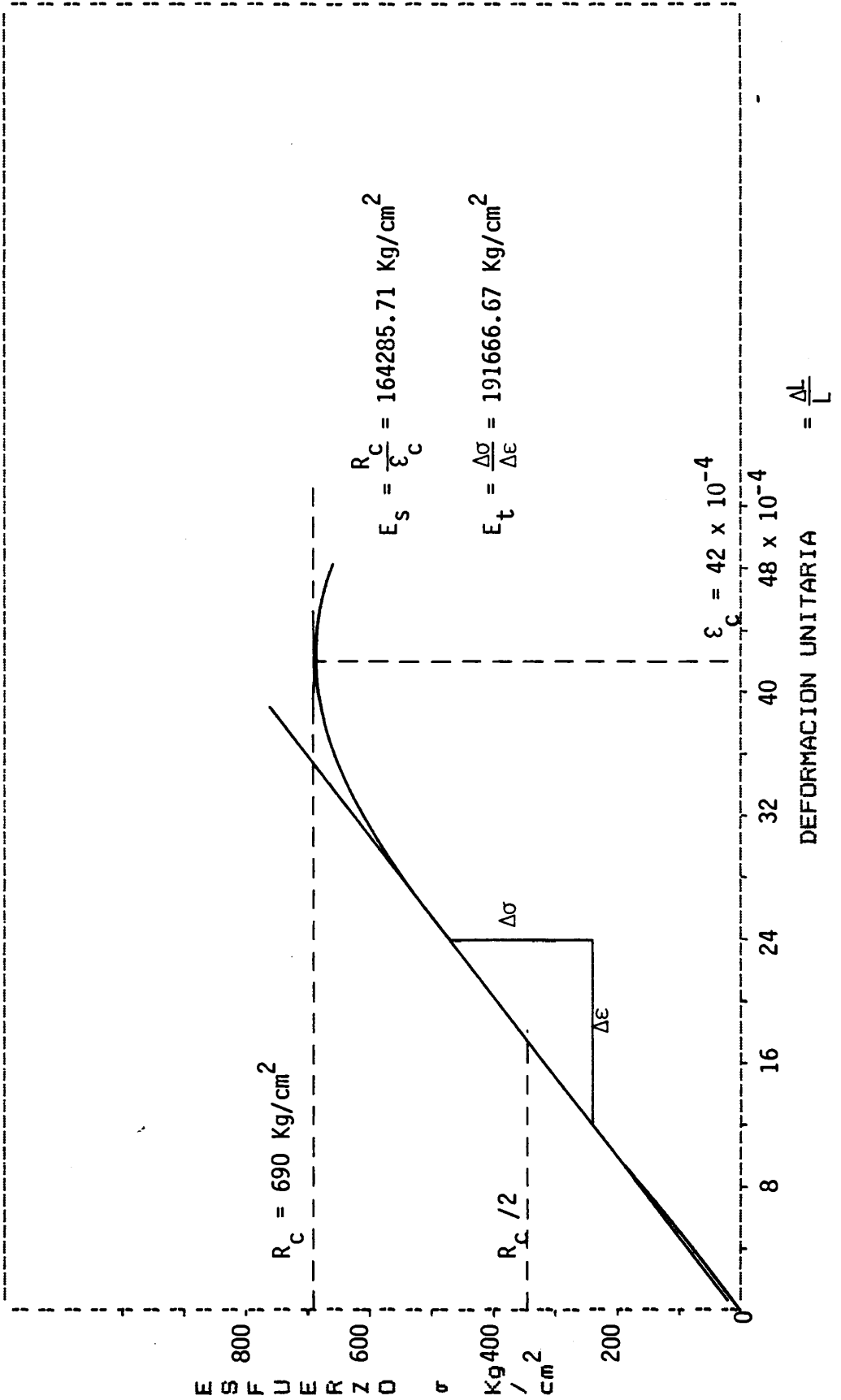
PROBETA: 9L-5



DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$

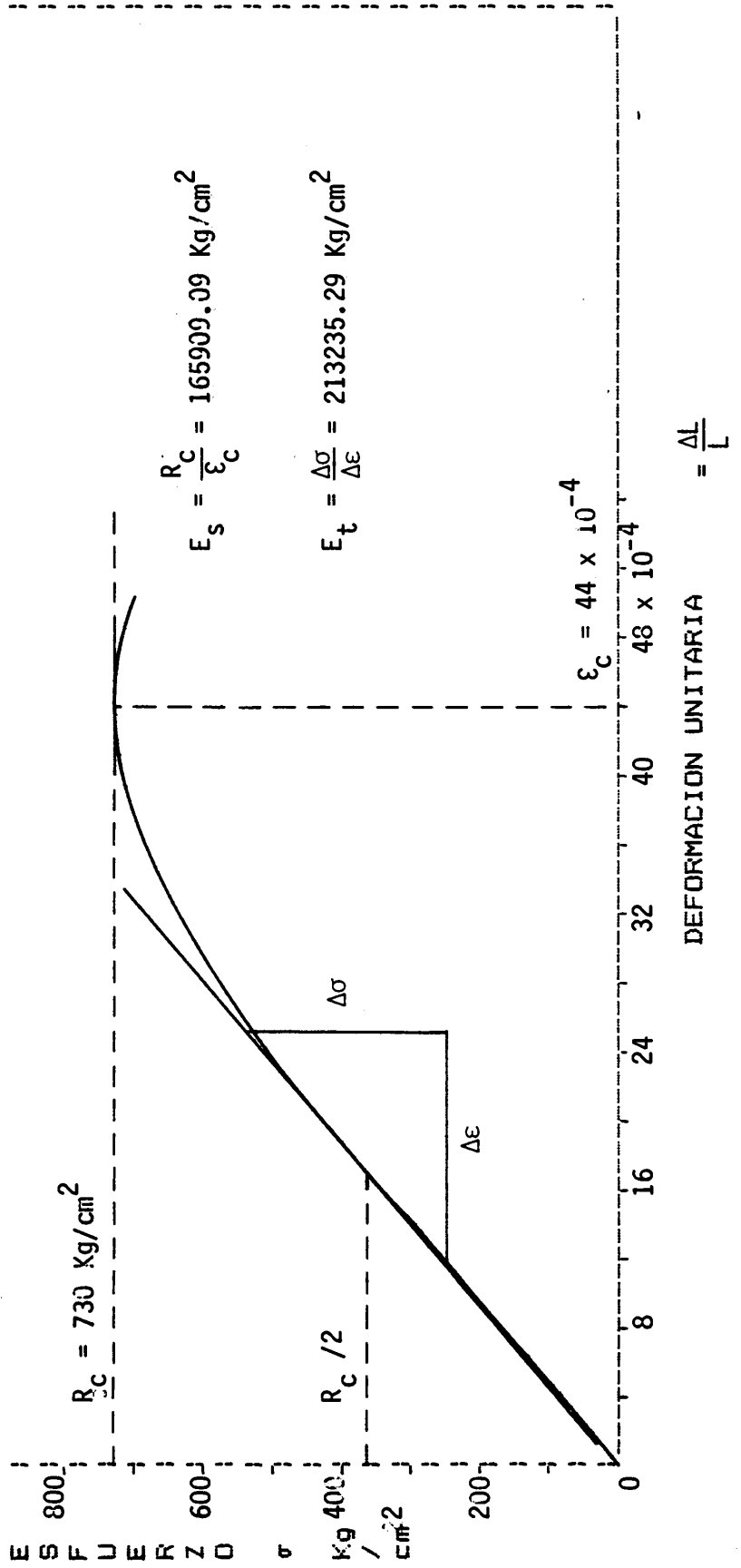
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: BRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 10-1



COMPRESION SIMPLE

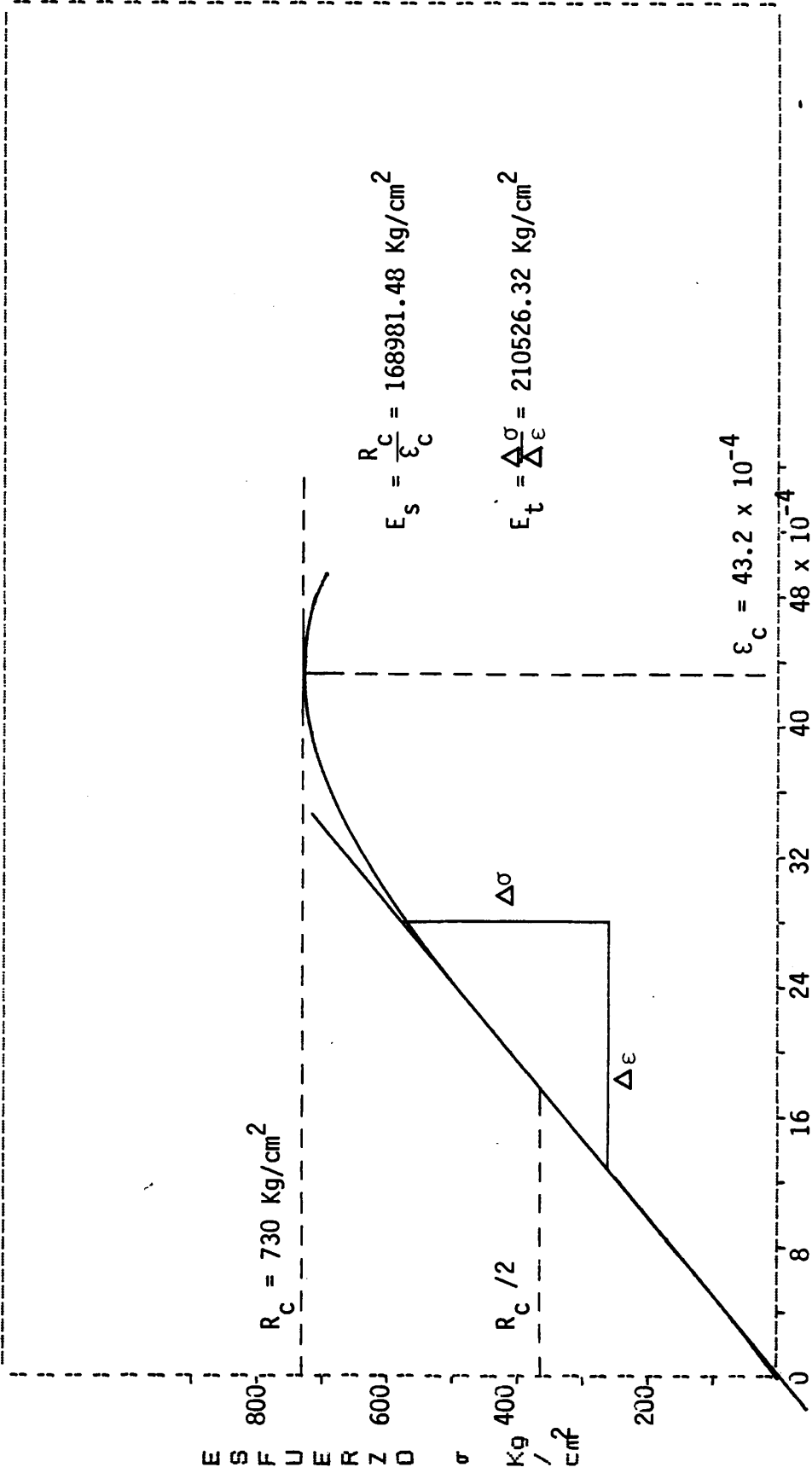
NOMBRE DE LA ROCA: BRECHIA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 10-2



DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$

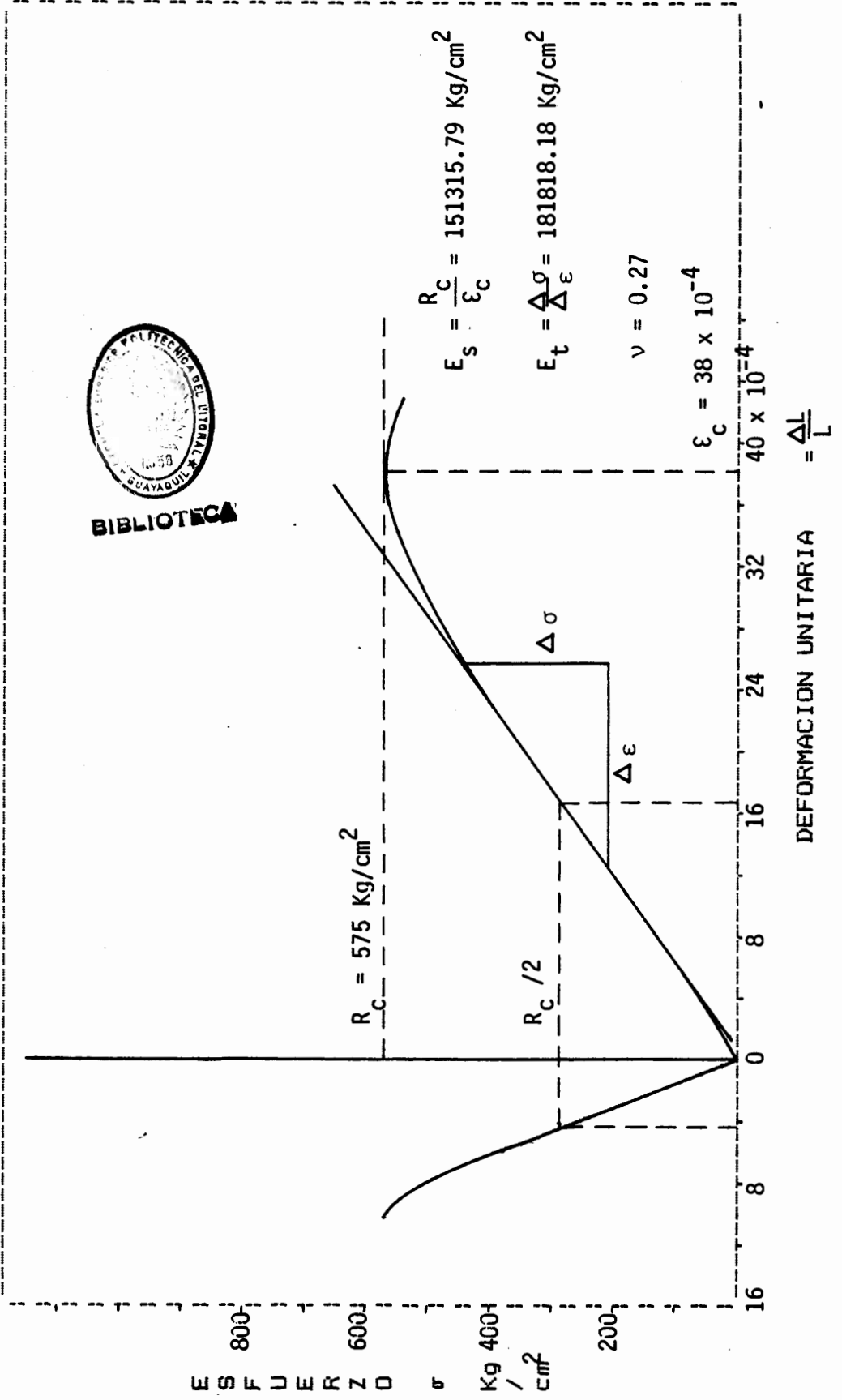
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: BRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 10-3



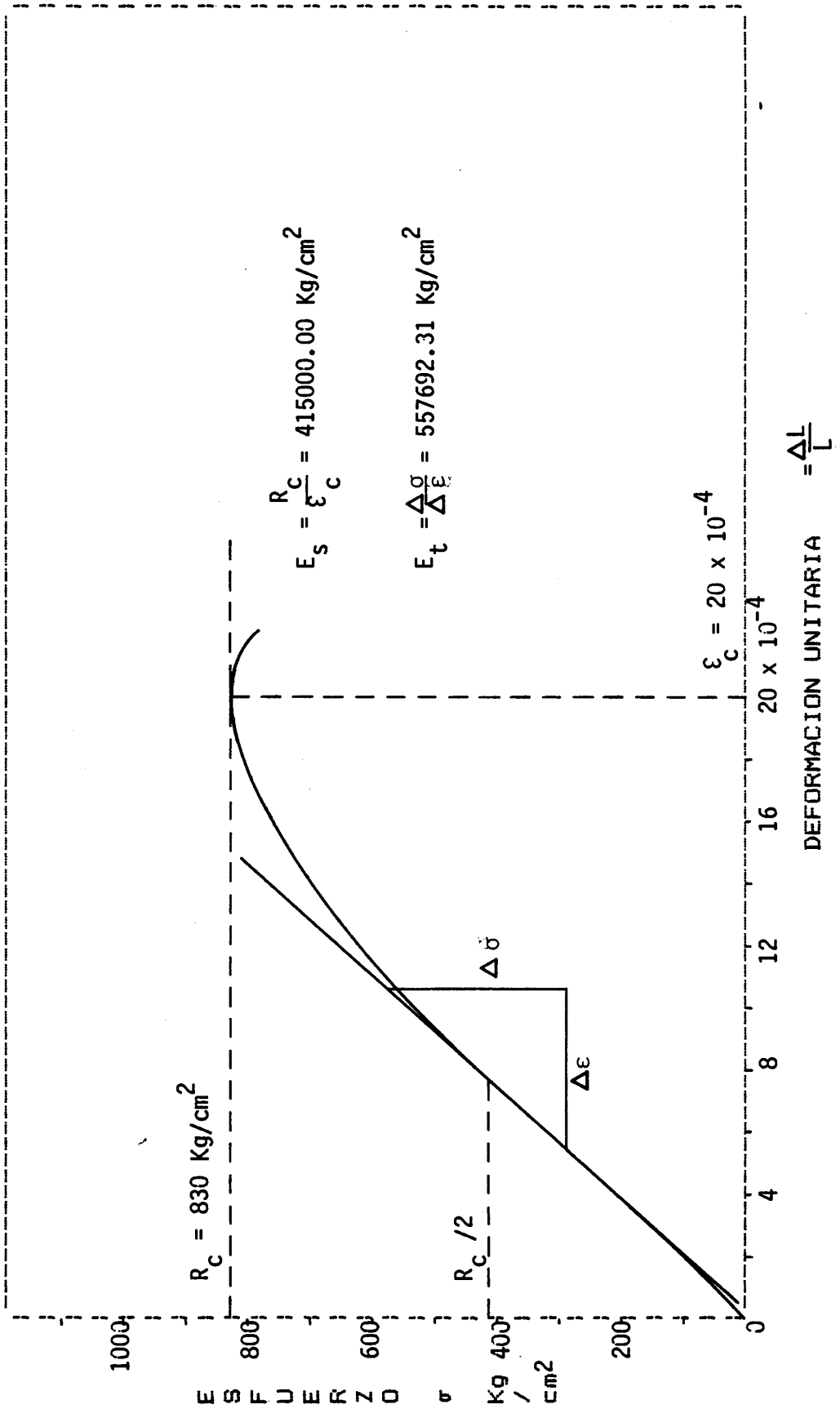
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: BRECHA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 10-4



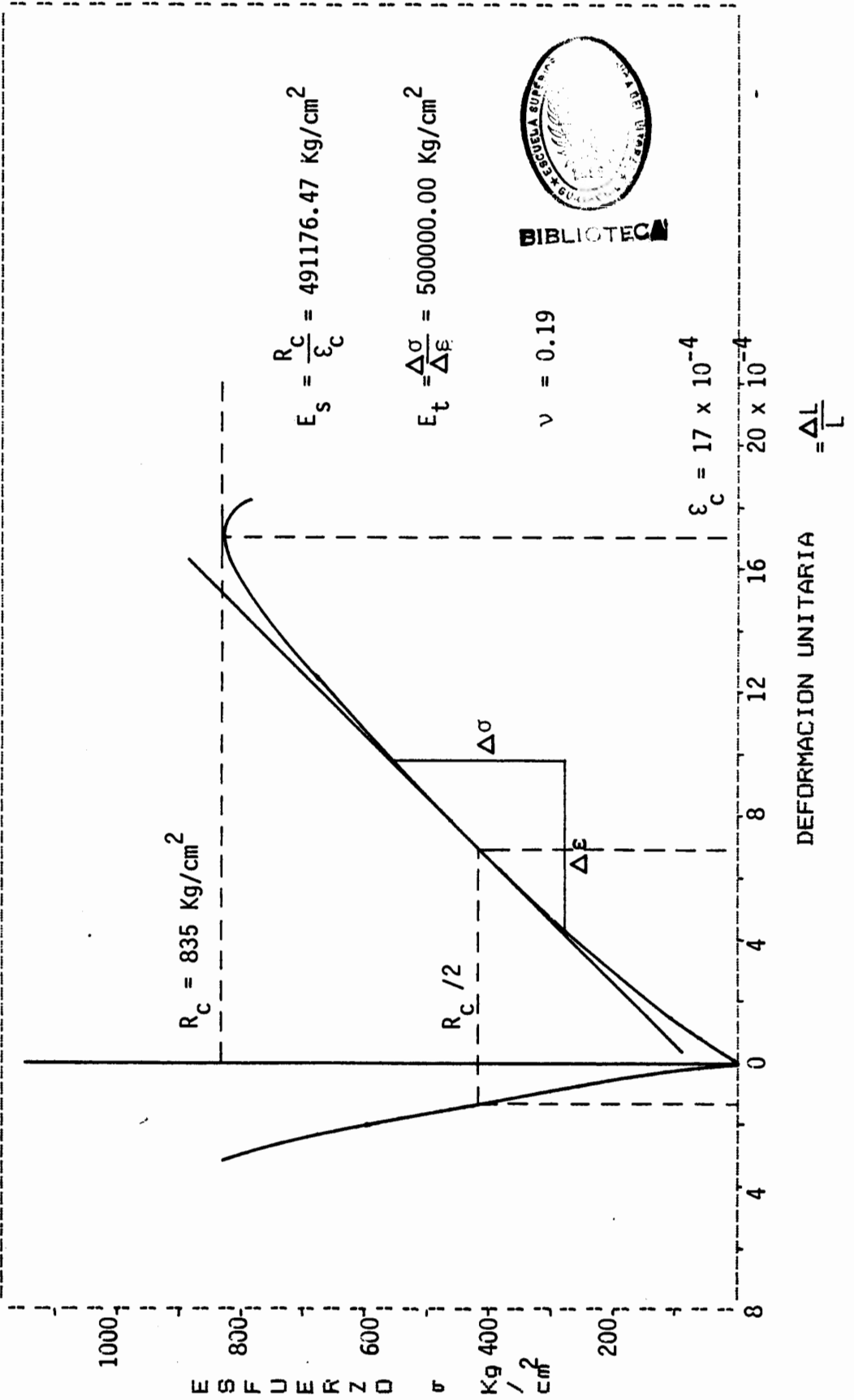
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 11-1



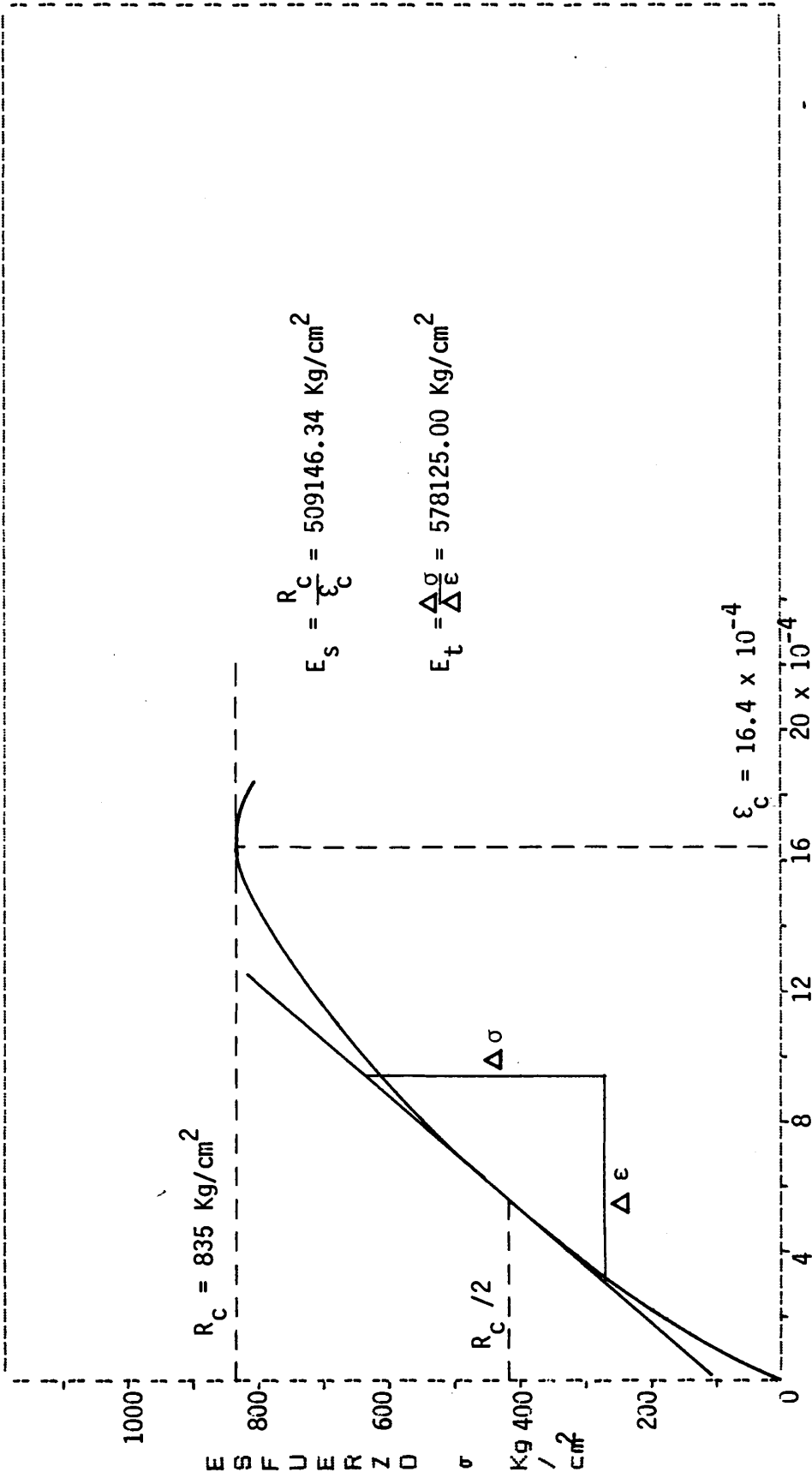
COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 11-2



COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 11-3



$$R_c = 835 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = \frac{R_c}{\epsilon_c} = 509146.34 \text{ Kg/cm}^2$$

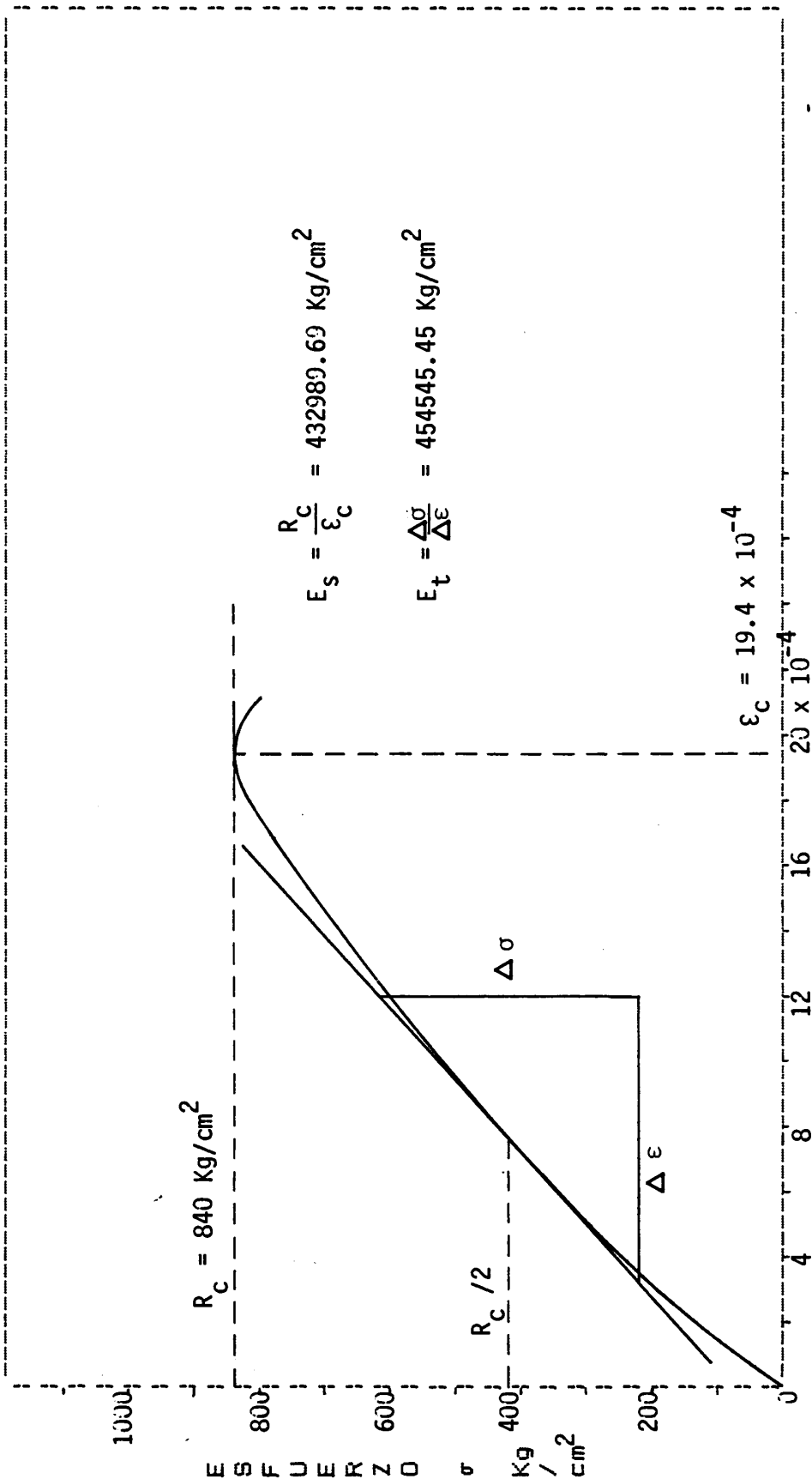
$$E_t = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = 578125.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\epsilon_c = 16.4 \times 10^{-4}$$

DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$

COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA TOBACEA
 MIEMBRO: Cayo S.S.
 PROBETA: 11-4



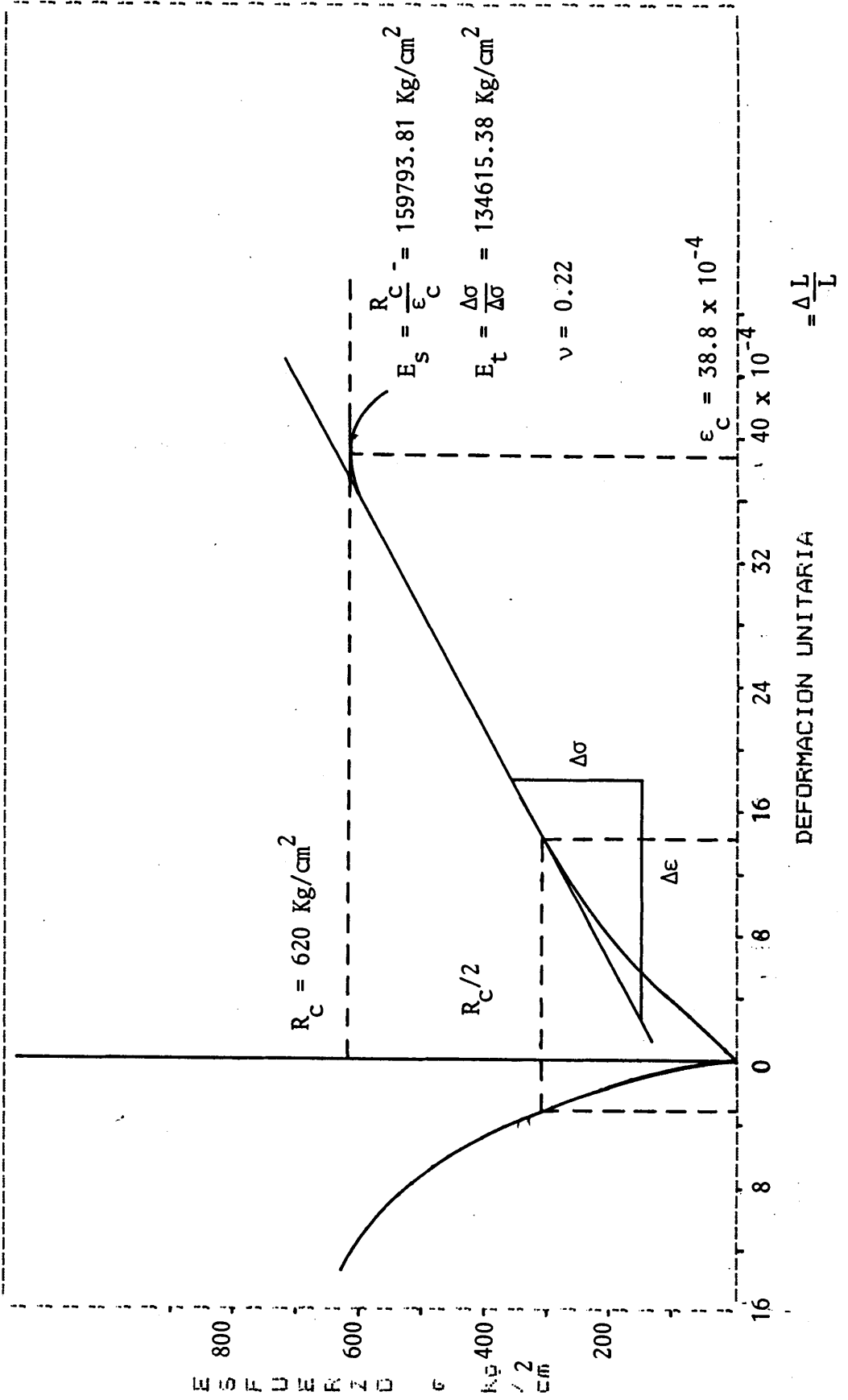
$$R_c = 840 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = \frac{R_c}{\epsilon_c} = 432989.69 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_t = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = 454545.45 \text{ Kg/cm}^2$$

DEFORMACION UNITARIA = $\frac{\Delta L}{L}$

COMPRESION SIMPLE
 NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA FELDESPATICA
 MIEMBRO: Calentura
 PROBETA: 12-1



COMPRESION SIMPLE

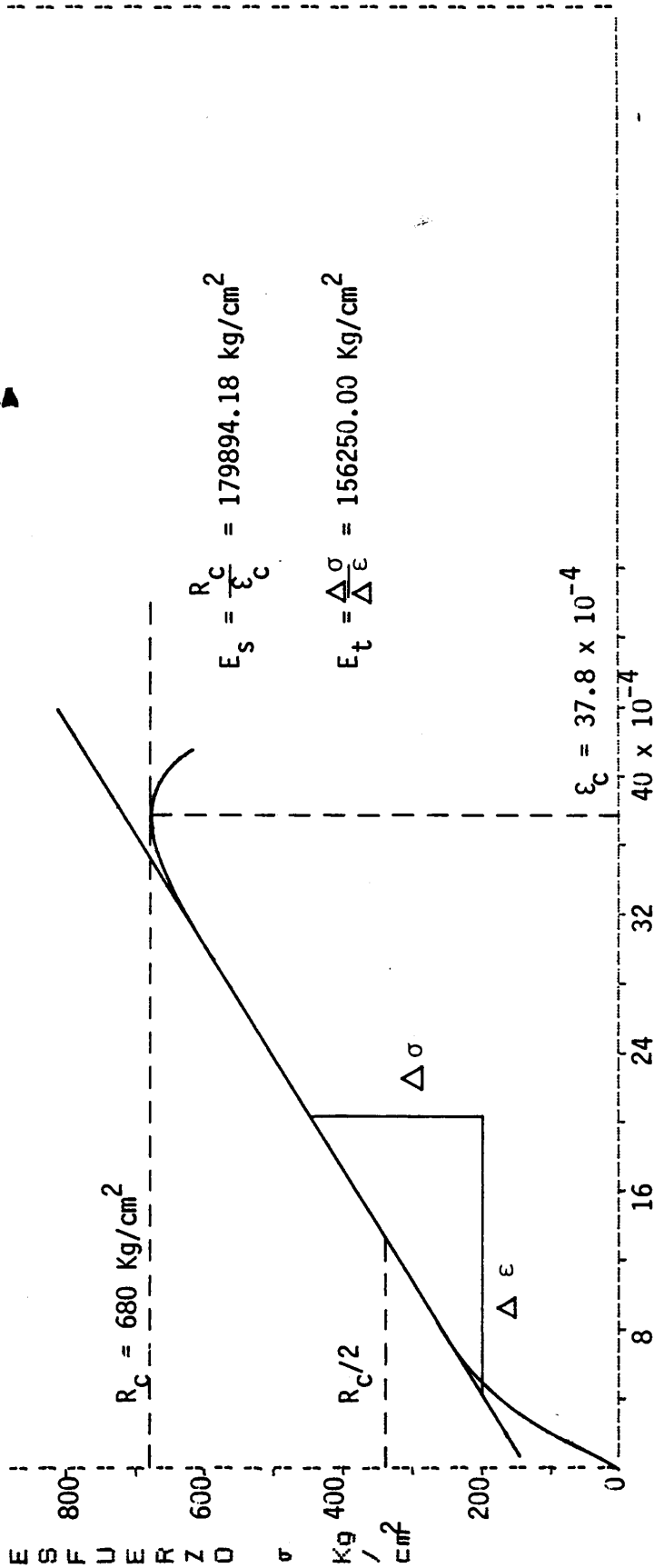
NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA FELDESPATICA

MIEMBRO: Calentura

PROBETA: 12-2



BIBLIOTECA

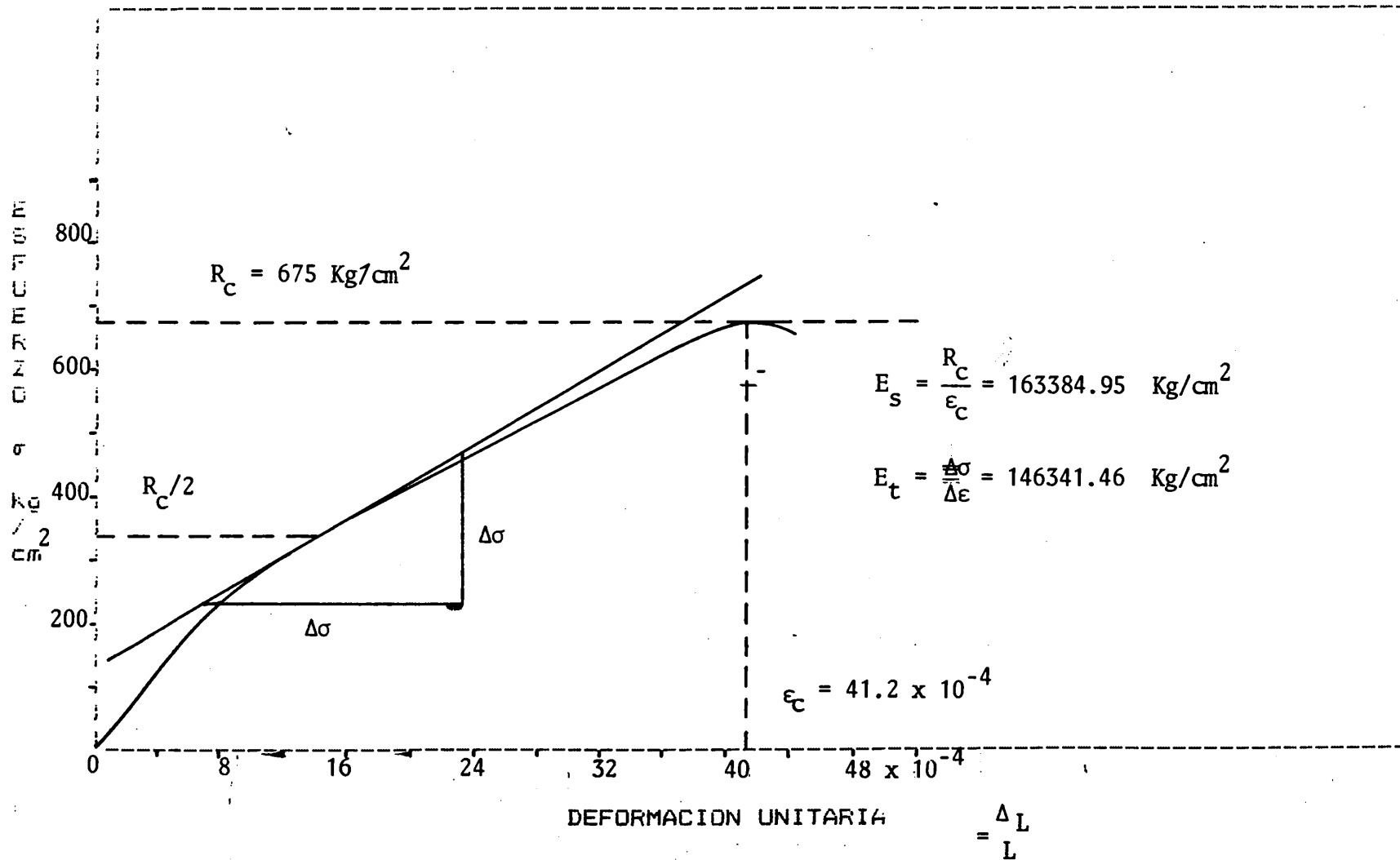


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA FELDESPATICA

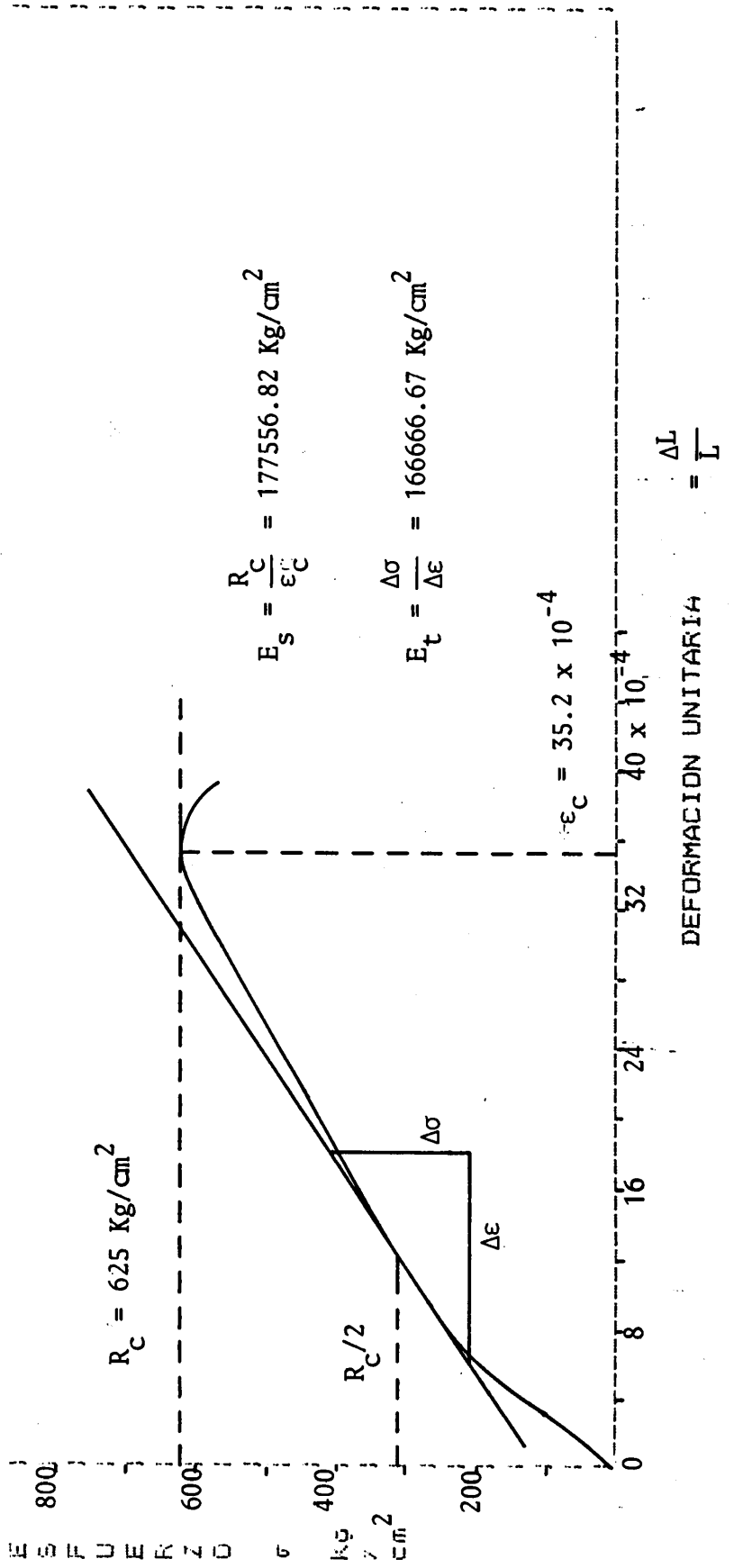
MIEMBRO: Calentura

PROBETA: 12-3



COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA FELDESPATICA
 MIEMBRO: Calentura
 PROBETA: 12-4

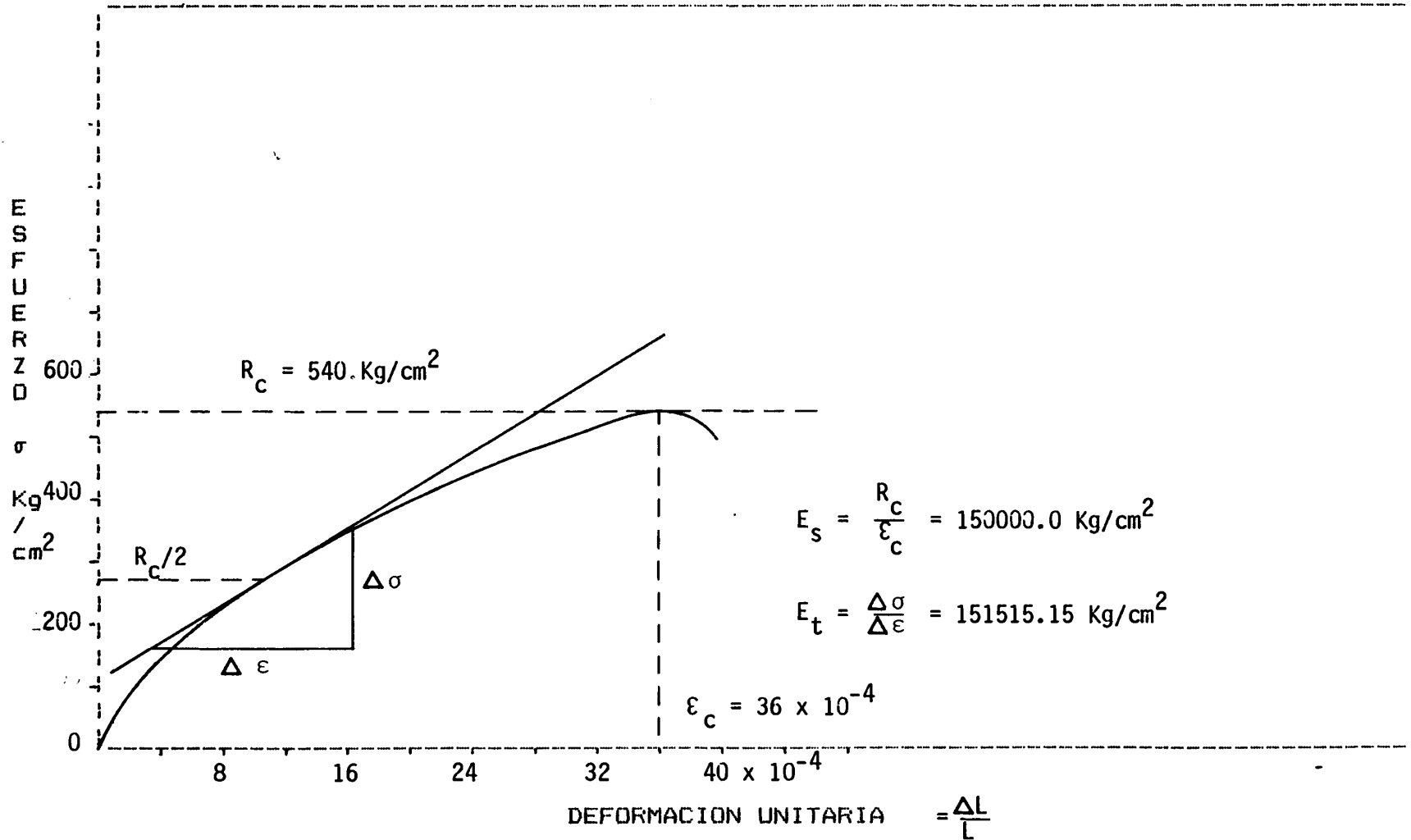


COMPRESION SIMPLE

NOMBRE DE LA ROCA: ARENISCA FELDESPATICA

MIEMBRO: Calentura.

PROBETA: 12-5



A N E X O E

GRAFICOS DE CORRELACION ENTRE PROPIEDADES

TABLA I
DATOS DE LABORATORIO

CR1		CR2		CR3		CR4		CR5		CR6	
AZ	R	R	R	E	v	R	E	T	R	Y	R
	t		c	t			t		c		c
0,00	43,59	12	303	1,34E+05	0,22	14	1,46E+05	17,00	625	2,07	650
0,00	47,70	14	675	1,71E+05	0,28	15	1,35E+05	18,00	700	2,08	741
1,78	38,70	15	283	1,82E+05	0,27	20	3,60E+05	19,00	415	2,20	435
2,00	38,99	15	463	1,84E+05	0,25	21	1,52E+05	19,00	540	2,21	415
2,46	30,34	15	620	2,63E+05	0,19	21	1,56E+05	19,00	620	2,21	443
2,47	27,74	18	294	3,08E+05	0,20	22	1,42E+05	19,00	675	2,22	730
3,34	41,44	20	743	3,39E+05	0,15	22	1,61E+05	19,50	691	2,23	690
3,68	37,08	21	540	3,60E+05	0,18	22	1,71E+05	20,00	435	2,25	575
3,94	25,35	21	680	5,00E+05	0,19	22	2,63E+05	20,00	443	2,26	830
5,17	24,47	22	610	7,04E+05	0,23	22	3,39E+05	20,00	680	2,26	860
5,20	25,09	22	615	1,00E+06	0,16	23	1,62E+05	21,00	680	2,27	840
5,29	25,56	22	691			23	2,58E+05	22,50	615	2,28	303
5,83	23,92	22	835			23	2,74E+05	23,00	610	2,28	680
6,02	23,79	22	860			23	3,07E+05	28,00	835	2,28	850
6,31	26,59	23	680			24	1,67E+05	28,00	840	2,29	294
6,60	20,16	23	815			24	1,82E+05	32,50	830	2,29	855
6,95	27,24	23	825			25	3,08E+05	34,00	835	2,31	730
7,28	19,93	23	830			25	3,26E+05	37,00	730	2,33	610
7,78	18,96	24	575			25	3,42E+05	38,00	815	2,34	615
7,91	23,30	24	625			25	5,58E+05	38,00	850	2,35	691
		25	415			26	1,47E+05	38,00	860	2,35	730
		25	822			26	4,54E+05	41,00	855	2,36	463
		25	825			26	5,00E+05	43,00	690	2,36	700
		25	830			27	1,92E+05	47,00	600	2,36	830
		26	700			27	3,00E+05	47,00	730	2,36	830
		26	835			28	2,13E+05	47,00	830	2,36	835
		26	840			28	3,33E+05	47,00	835	2,36	835
		27	690			28	5,78E+05	50,00	575	2,38	283
		27	825			28	7,04E+05	51,00	730	2,38	600
		28	730			29	2,10E+05	55,00	840	2,38	815
		28	740			29	2,30E+05	56,00	830	2,38	840
		28	835			30	2,38E+05	57,50	650	2,40	835
		28	855			30	3,48E+05	62,00	740	2,44	825
		29	600			31	2,95E+05	69,00	825	2,46	825
		29	730			32	1,13E+06	76,00	825	2,47	822
		30	435			33	5,89E+05	77,50	822	2,49	825
		30	730			33	1,00E+06	83,00	825	2,49	825
		31	825			35	3,12E+05	84,00	825	2,52	705
		32	725			36	3,64E+05	115,00	705	2,53	725
		33	650			38	3,20E+05	147,00	725	2,56	540
		33	705							2,56	620
		35	850							2,56	625

TABLA II
DATOS DE LABORATORIO

CR7		CR8		CR9		CR10		CR11	
Y	E	R	n%	Y	V	R	R	E	E
	t	c			p	t	c	d	t
2,20	3,48E+05	822	6,50	2,07	4616	35,00	675	9,00E+04	1,75E+05
2,21	3,26E+05	825	5,20	2,08	4633	37,10	435	9,00E+04	2,19E+05
2,21	3,60E+05	825	7,80	2,20	2480	38,70	415	9,30E+04	1,84E+05
2,22	2,10E+05	830	3,40	2,21	2458	41,40	443	9,60E+04	1,70E+05
2,23	1,92E+05	835	2,06	2,21	2562	43,00	625	1,34E+05	1,61E+05
2,25	1,82E+05	840	1,15	2,22	4025	47,70	620	1,35E+05	1,42E+05
2,26	3,20E+05			2,23	3834	49,40	610	1,35E+05	1,71E+05
2,26	3,39E+05			2,25	3760	53,10	691	1,36E+05	3,26E+05
2,27	3,64E+05			2,26	4000	53,30	610	1,38E+05	3,48E+05
2,28	1,62E+05			2,26	4050	54,20	700	1,41E+05	1,47E+05
2,28	2,19E+05			2,27	3990	55,70	840	1,48E+05	3,60E+05
2,28	3,12E+05			2,28	2000	56,80	615	1,49E+05	1,62E+05
2,29	1,75E+05			2,28	2531	60,30	740	2,67E+05	1,46E+05
2,29	3,33E+05			2,28	3894	61,80	840	2,77E+05	1,67E+05
2,31	2,13E+05			2,29	1314	63,20	680	2,79E+05	1,52E+05
2,33	1,42E+05			2,29	3969	63,20	730	2,81E+05	1,35E+05
2,34	1,61E+05			2,31	4038	65,30	830	2,86E+05	1,56E+00
2,35	1,71E+05			2,33	2367	66,20	575	3,13E+05	2,30E+05
2,35	2,38E+05			2,34	2370	66,20	690	3,24E+05	1,82E+05
2,36	1,47E+05			2,35	2373	70,00	680	3,32E+05	2,38E+05
2,36	1,84E+05			2,35	3722	71,50	730	3,33E+05	1,92E+05
2,36	2,63E+05			2,36	1966	71,60	835	3,38E+05	2,74E+05
2,36	2,74E+05			2,36	2420	72,20	650	3,43E+05	2,58E+05
2,36	5,58E+05			2,36	3749	74,00	855	3,46E+05	2,63E+05
2,36	5,78E+05			2,36	3792	75,50	600	3,52E+05	3,12E+05
2,38	1,70E+05			2,36	4788	88,80	830	3,66E+05	2,10E+05
2,38	2,30E+05			2,36	4831	89,80	730	3,68E+05	3,33E+05
2,38	2,58E+05			2,38	1990	100,80	830	3,68E+05	3,63E+05
2,40	4,54E+05			2,38	3588	101,30	825	3,69E+05	3,39E+05
2,40	5,00E+05			2,38	3763	102,00	705	3,78E+05	3,20E+05
2,44	2,95E+05			2,40	4576	103,20	860	3,84E+05	2,13E+05
2,46	3,07E+05			2,40	4842	107,50	700	4,62E+05	5,89E+05
2,47	3,42E+05			2,44	4732	109,60	835	4,63E+05	7,04E+05
2,47	5,89E+05			2,46	4623	114,40	825	5,13E+05	5,00E+05
2,48	7,04E+05			2,47	4604	119,30	822	5,33E+05	3,43E+05
2,49	3,00E+05			2,49	4709	123,90	835	5,35E+05	3,07E+05
2,49	3,08E+05			2,49	4866	126,80	825	5,52E+05	5,78E+05
2,52	1,00E+06			2,52	5402	129,50	825	5,56E+05	2,95E+05
2,53	1,13E+06			2,53	5470			5,61E+05	5,58E+05
				2,56	3204			5,63E+05	3,00E+05
				2,56	3256			5,68E+05	4,54E+05

TABLA III
DATOS DE LABORATORIO

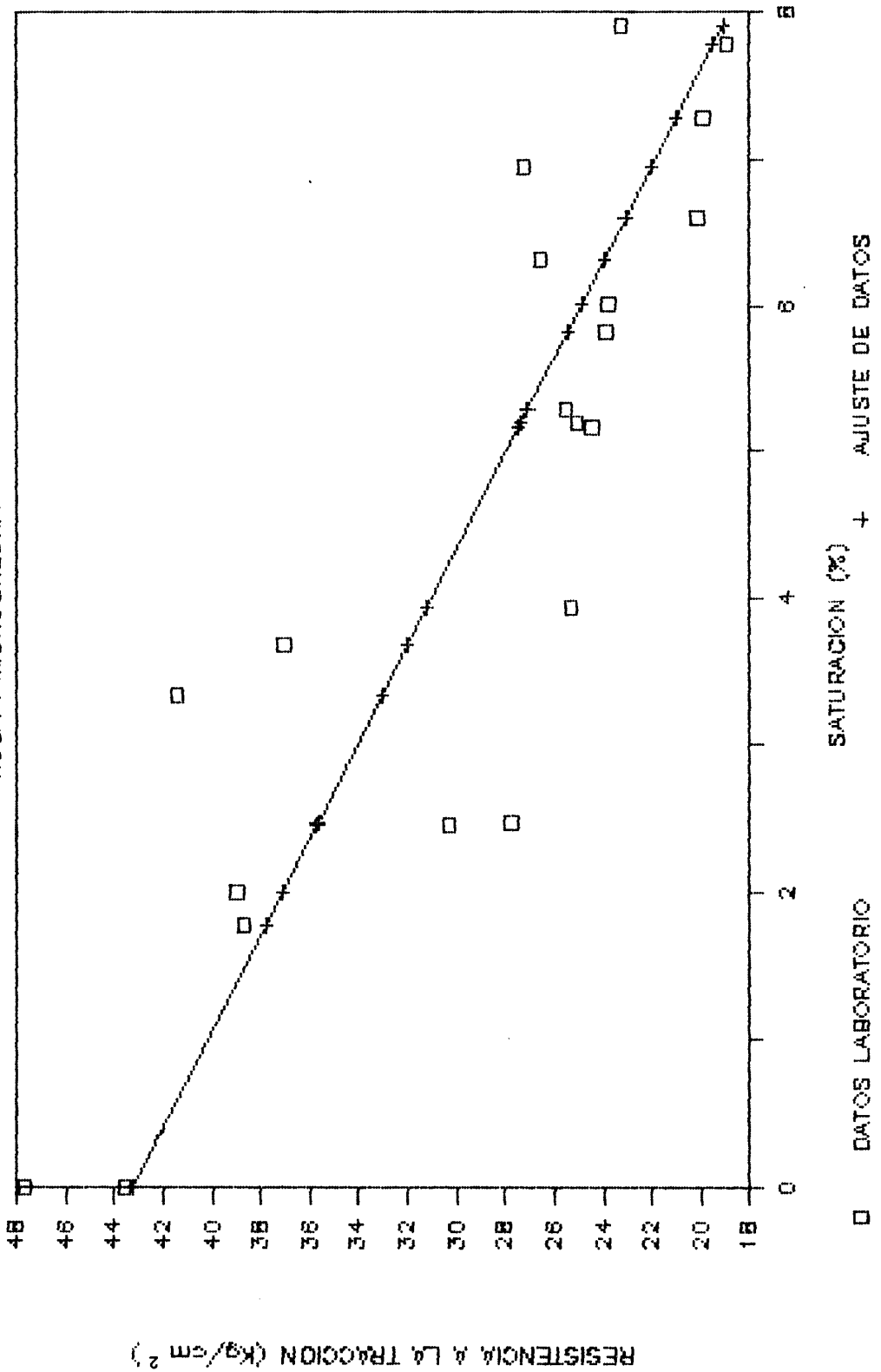
CR12		CR13		CR14		CR15	
e	E d	V p	E t	e	V p	nZ	V p
0,012	7,72E+04	1955	1,75E+05	0,012	5,47E+03	1,15	4,84E+03
0,012	5,68E+05	1966	1,84E+05	0,012	4,84E+03	1,17	5,47E+03
0,017	7,42E+05	1990	1,70E+05	0,017	5,40E+03	1,68	5,40E+03
0,021	5,61E+05	2000	2,19E+05	0,021	4,79E+03	2,06	4,79E+03
0,028	2,86E+05	2367	1,42E+05	0,028	3,31E+03	3,40	4,58E+03
0,032	2,81E+05	2370	1,61E+05	0,032	3,28E+03	5,20	4,77E+03
0,034	2,79E+05	2373	1,71E+05	0,034	3,26E+03	6,50	4,73E+03
0,035	5,52E+05	2420	1,47E+05	0,035	4,58E+03	7,80	4,71E+03
0,055	5,78E+05	2458	3,26E+05	0,055	4,77E+03	8,30	3,79E+03
0,070	5,63E+05	2480	3,48E+05	0,070	4,73E+03	8,56	3,76E+03
0,080	5,33E+05	2531	1,62E+05	0,085	4,71E+03	9,91	2,56E+03
0,091	3,46E+05	2562	3,60E+05	0,091	3,79E+03	10,16	2,48E+03
0,094	3,43E+05	3204	1,46E+05	0,094	3,76E+03	10,23	2,46E+03
0,110	1,48E+05	3256	1,67E+05	0,110	2,56E+03	10,76	3,72E+03
0,113	1,38E+05	3268	1,52E+05	0,113	2,48E+03	13,41	4,04E+03
0,114	1,36E+05	3310	1,56E+00	0,114	2,46E+03	13,47	4,02E+03
0,121	3,38E+05	3588	2,30E+05	0,121	3,72E+03	13,99	4,63E+03
0,155	3,84E+05	3722	2,38E+05	0,155	4,04E+03	14,31	4,62E+03
0,156	3,66E+05	3749	2,74E+05	0,156	4,02E+03	14,55	2,53E+03
0,170	1,41E+05	3760	1,82E+05	0,160	4,63E+03	14,63	2,42E+03
0,170	1,49E+05	3763	2,58E+05	0,170	2,42E+03	15,40	2,38E+03
0,170	4,50E+05	3792	2,63E+05	0,170	2,53E+03	15,72	4,05E+03
0,180	1,35E+05	3834	1,92E+05	0,170	4,62E+03	16,54	3,83E+03
0,187	3,78E+05	3894	3,12E+05	0,180	2,38E+03	16,94	3,99E+03
0,190	4,55E+05	3969	3,33E+05	0,187	4,05E+03	17,43	3,97E+03
0,198	3,24E+05	3990	3,63E+05	0,198	3,83E+03		
0,204	3,69E+05	4000	3,39E+05	0,204	3,99E+03		
0,211	3,68E+05	4025	2,10E+05	0,211	3,97E+03		
		4038	2,13E+05				
		4050	3,20E+05				
		4281	1,35E+05				
		4576	5,00E+05				
		4604	3,43E+05				
		4616	5,89E+05				
		4623	3,07E+05				
		4633	7,04E+05				
		4709	3,00E+05				
		4732	2,95E+05				
		4788	5,78E+05				
		4831	5,58E+05				
		4842	4,54E+05				

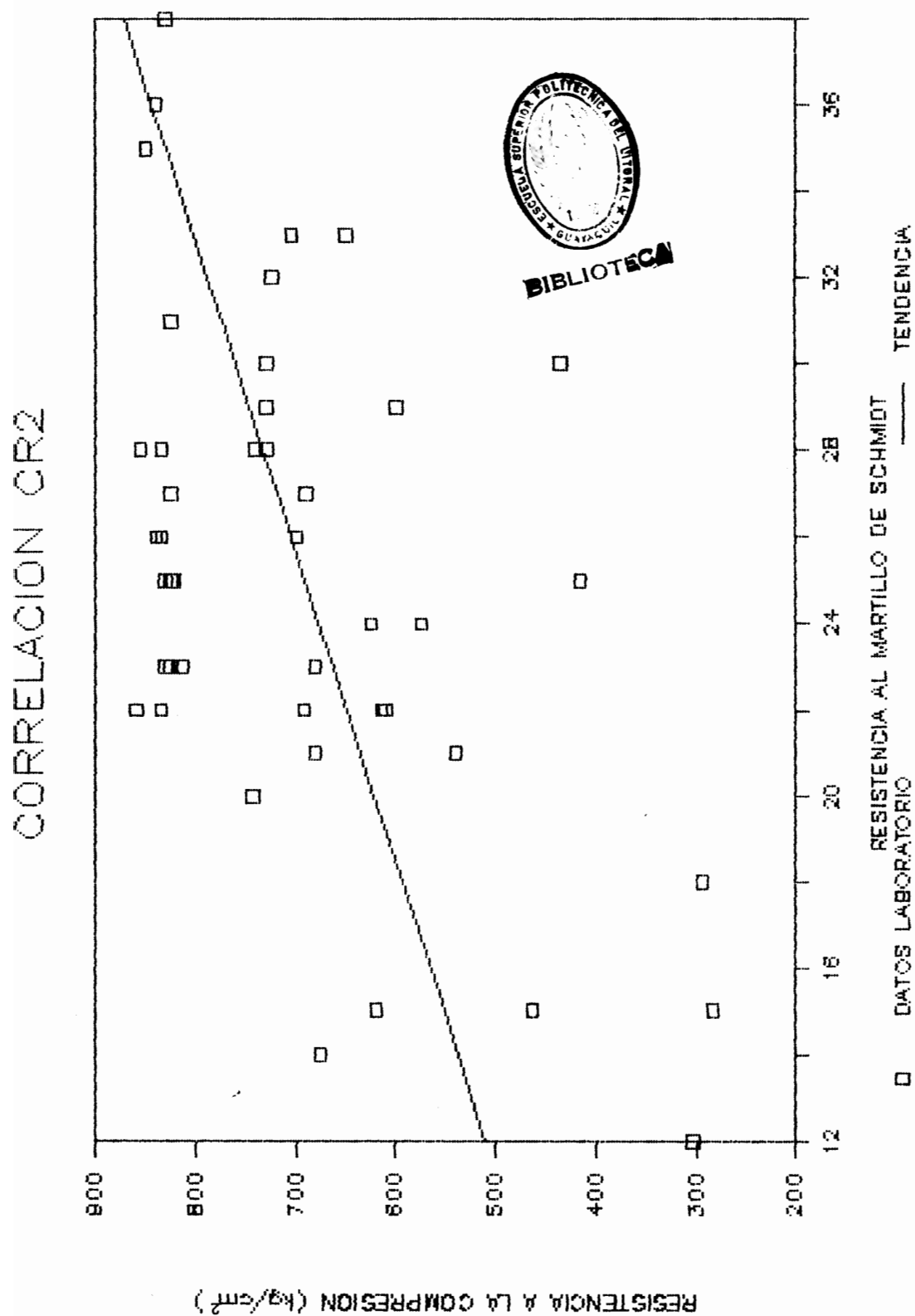
TABLA IV
DATOS DE LABORATORIO

CR 16						CR 17		CR 18	
R	T	R	T	R	T	E	E	ϵ	E
						s	t	c	t
14,00	18,90	26,00	34,60	31,00	67,60	1,33E+05	1,57E+05	7,65E-04	1,07E+06
15,00	18,50	26,00	44,50	31,00	74,70	1,50E+05	1,87E+05	1,27E-03	6,47E+05
16,00	19,10	26,00	46,90	31,00	84,10	1,63E+05	1,99E+05	1,75E-03	3,45E+05
20,00	17,10	26,00	48,10	32,00	43,20	1,66E+05	1,51E+05	1,82E-03	5,53E+05
20,00	19,00	26,00	59,50	32,00	54,80	2,26E+05	2,53E+05	2,26E-03	1,87E+05
20,00	19,70	26,00	72,10	32,00	57,00	2,36E+05	3,10E+05	2,31E-03	3,34E+05
20,00	21,80	27,00	38,60	32,00	61,00	2,46E+05	3,45E+05	3,37E-03	2,53E+05
20,00	22,00	27,00	43,40	32,00	61,50	3,67E+05	3,34E+05	3,44E-03	3,10E+05
21,00	19,10	27,00	54,50	32,00	65,50	4,62E+05	5,53E+05	3,78E-03	1,51E+05
21,00	20,00	27,00	61,20	32,00	124,10	5,50E+05	6,47E+05	4,18E-03	1,99E+05
21,00	64,30	27,00	63,00	32,00	147,00	9,39E+05	1,07E+06	4,95E-03	1,57E+05
22,00	17,10	27,00	66,20	33,00	38,20				
22,00	19,50	27,00	71,10	33,00	42,20				
22,00	22,50	27,00	75,60	33,00	57,50				
22,00	23,30	27,00	145,30	33,00	71,20				
22,00	37,90	28,00	18,20	33,00	78,10				
22,00	47,00	28,00	33,90	33,00	114,60				
23,00	19,20	28,00	41,00	34,00	19,10				
23,00	38,00	28,00	50,60	34,00	19,40				
23,00	38,40	28,00	60,50	34,00	59,90				
23,00	42,00	28,00	62,00	34,00	61,50				
23,00	47,00	28,00	64,80	34,00	64,40				
23,00	59,90	28,00	65,90	34,00	71,50				
23,00	69,10	28,00	79,40	34,00	75,70				
23,00	85,40	28,00	82,40	34,00	134,50				
24,00	17,40	28,00	97,50	34,00	156,20				
24,00	18,10	29,00	37,00	35,00	38,30				
24,00	18,90	29,00	46,70	35,00	65,50				
24,00	50,40	29,00	48,70	35,00	74,80				
25,00	19,10	29,00	53,20	35,00	123,10				
25,00	19,60	29,00	54,30	36,00	55,30				
25,00	20,40	29,00	59,80	36,00	118,30				
25,00	51,50	29,00	60,70	36,00	150,80				
25,00	56,10	29,00	77,40	37,00	150,80				
25,00	58,10	30,00	18,70	38,00	32,50				
25,00	63,10	30,00	18,80	38,00	61,00				
25,00	77,40	30,00	19,70	38,00	71,60				
25,00	83,10	30,00	30,90	38,00	147,50				
25,00	94,20	30,00	37,20	40,00	120,60				
26,00	18,50	30,00	47,00	40,00	124,20				
26,00	21,20	30,00	52,10	40,00	213,20				
26,00	21,50	30,00	57,80	43,00	150,90				
26,00	27,70	30,00	63,80						
26,00	28,00	30,00	192,20						

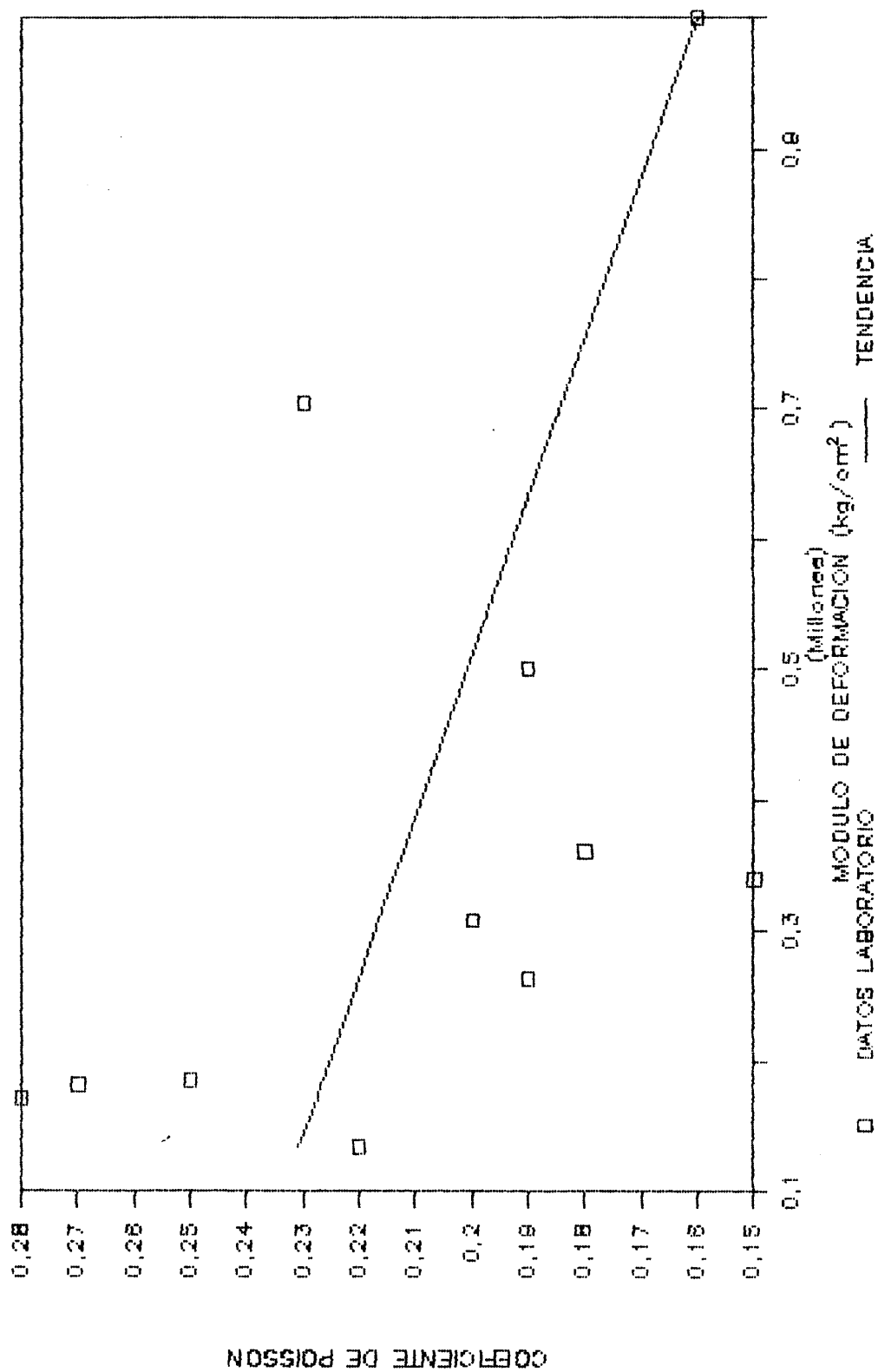
CORRELACION CR1

ROCA : MICROBRECHA

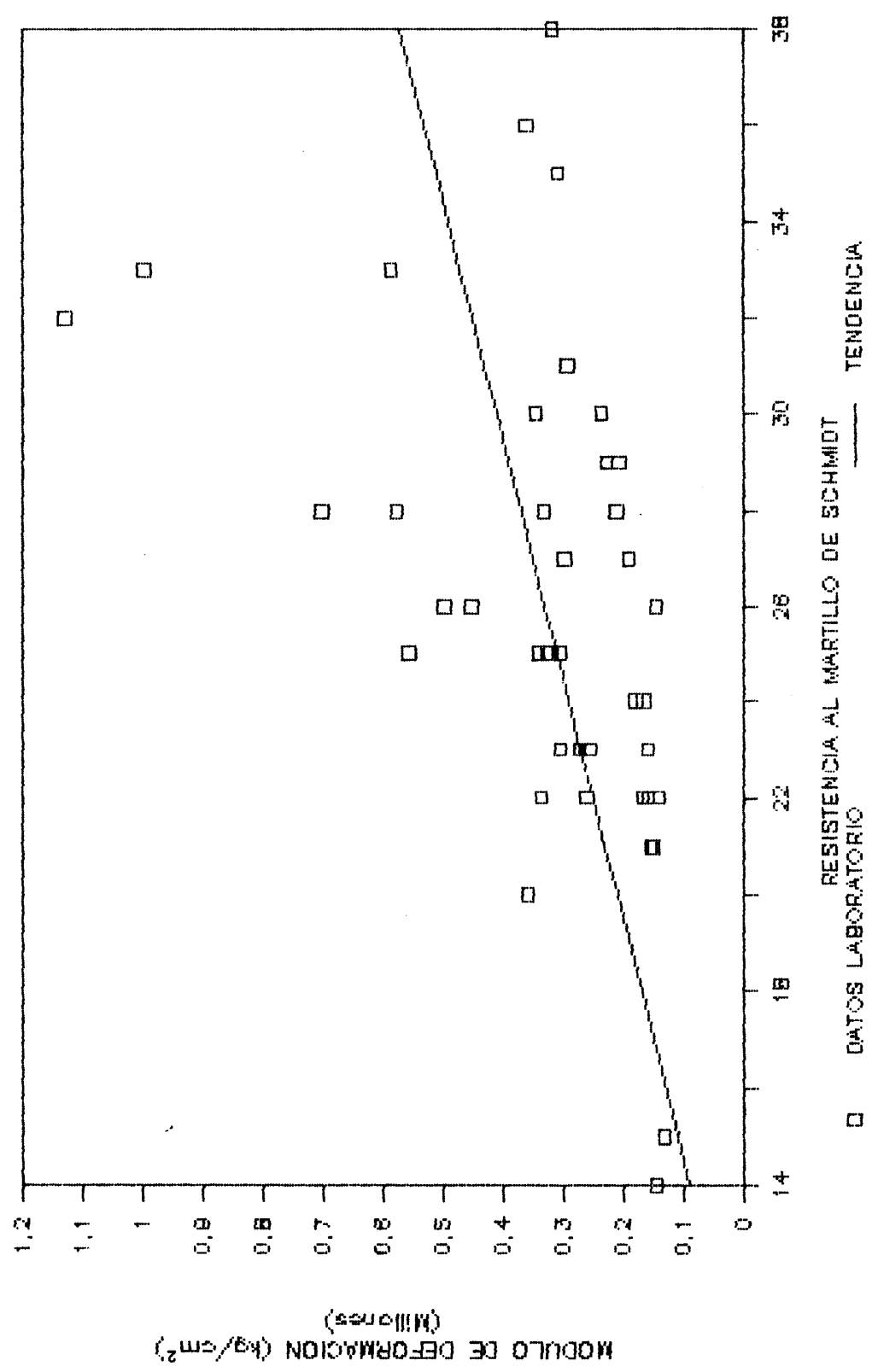




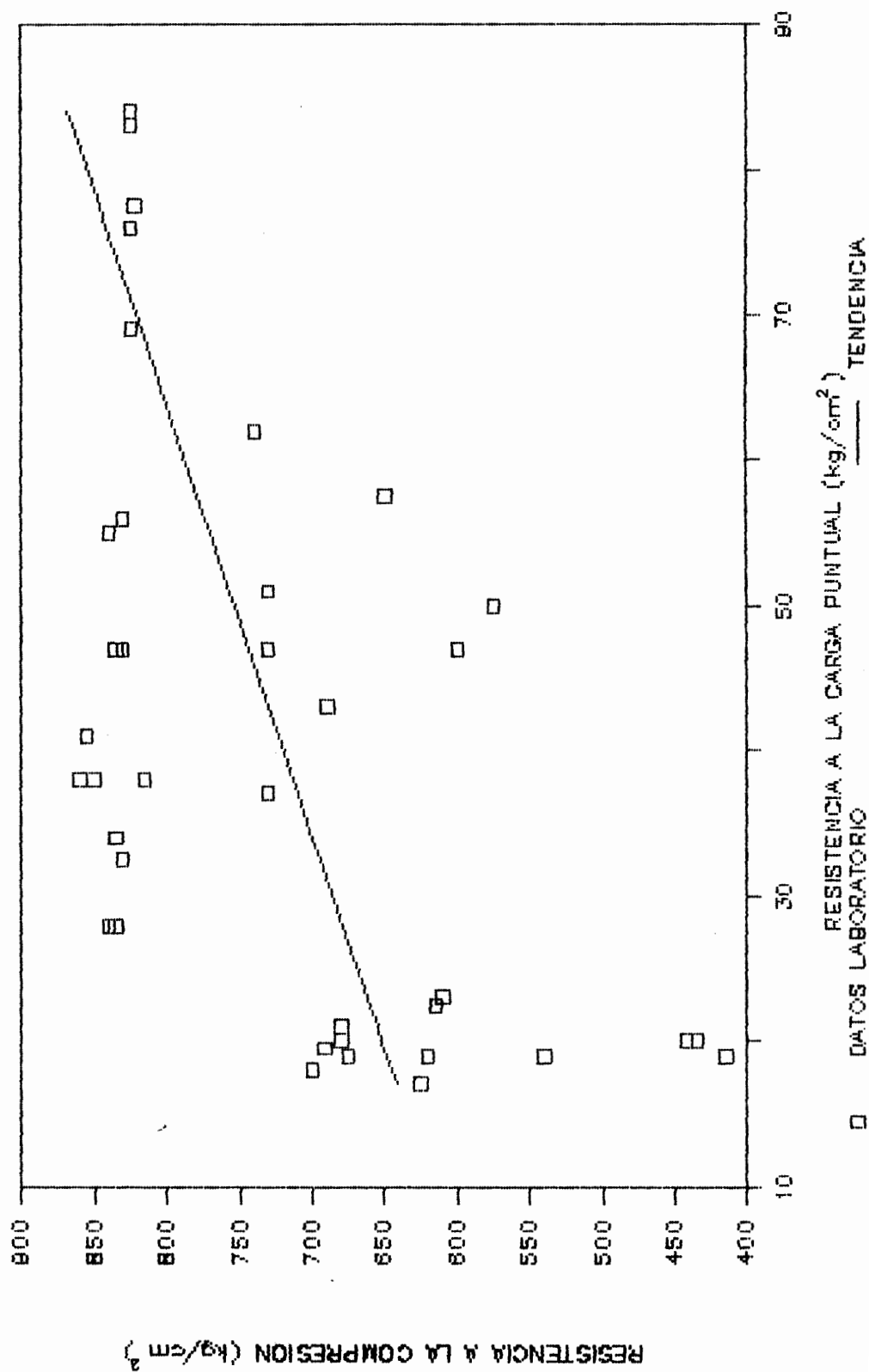
CORRELACION CR3



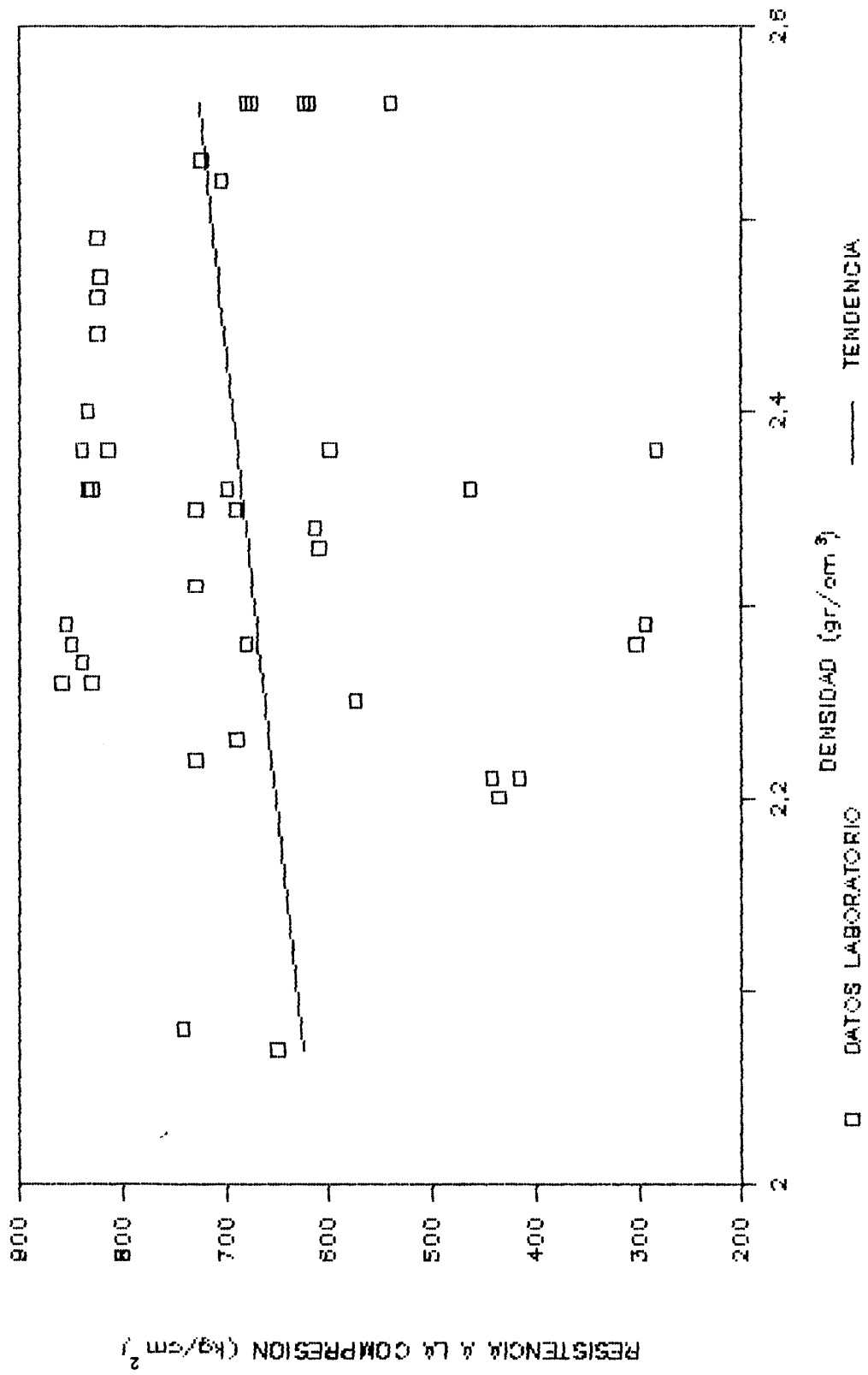
CORRELACION CR4



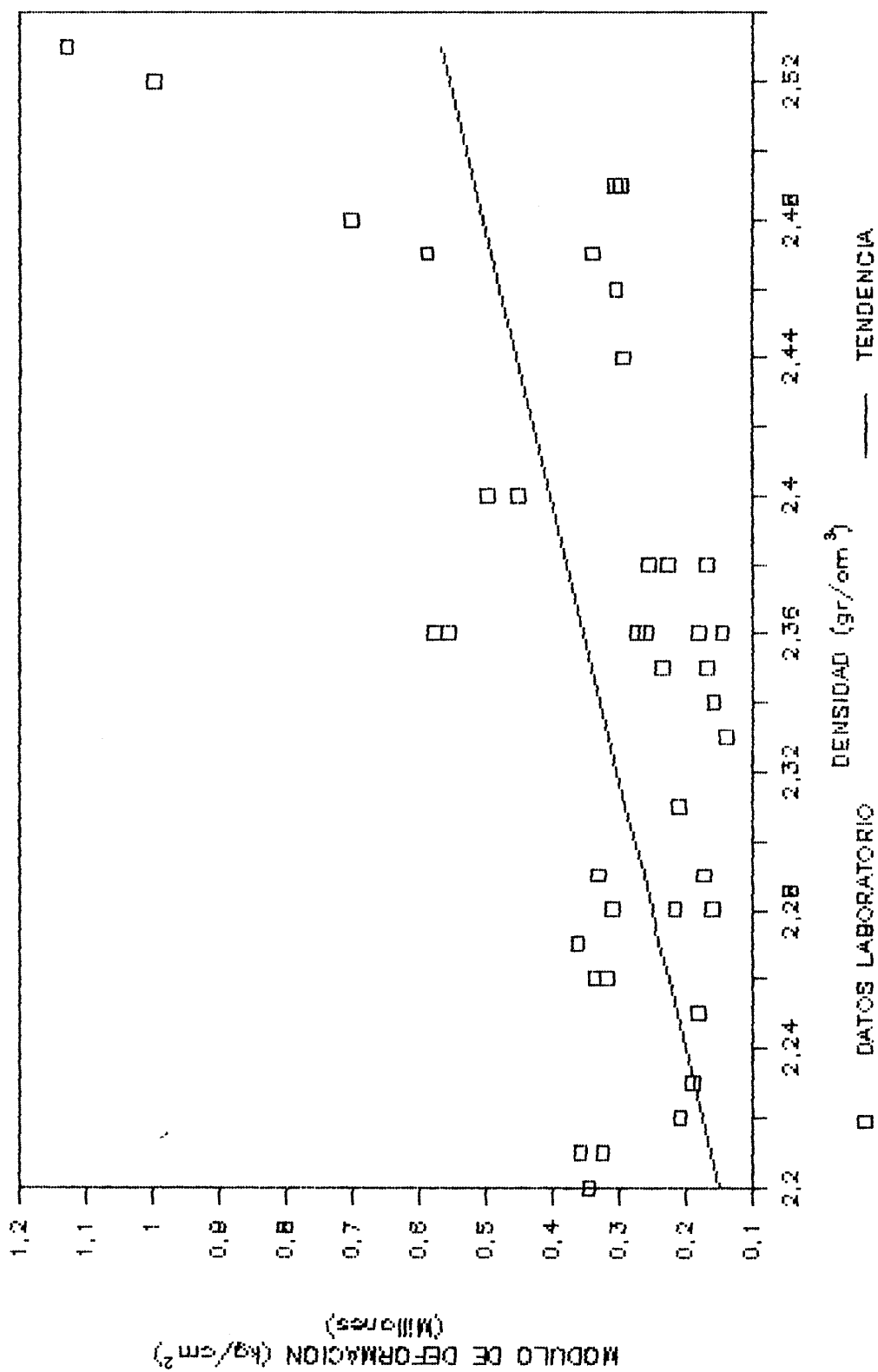
CORRELACION CR5



CORRELACION CR6

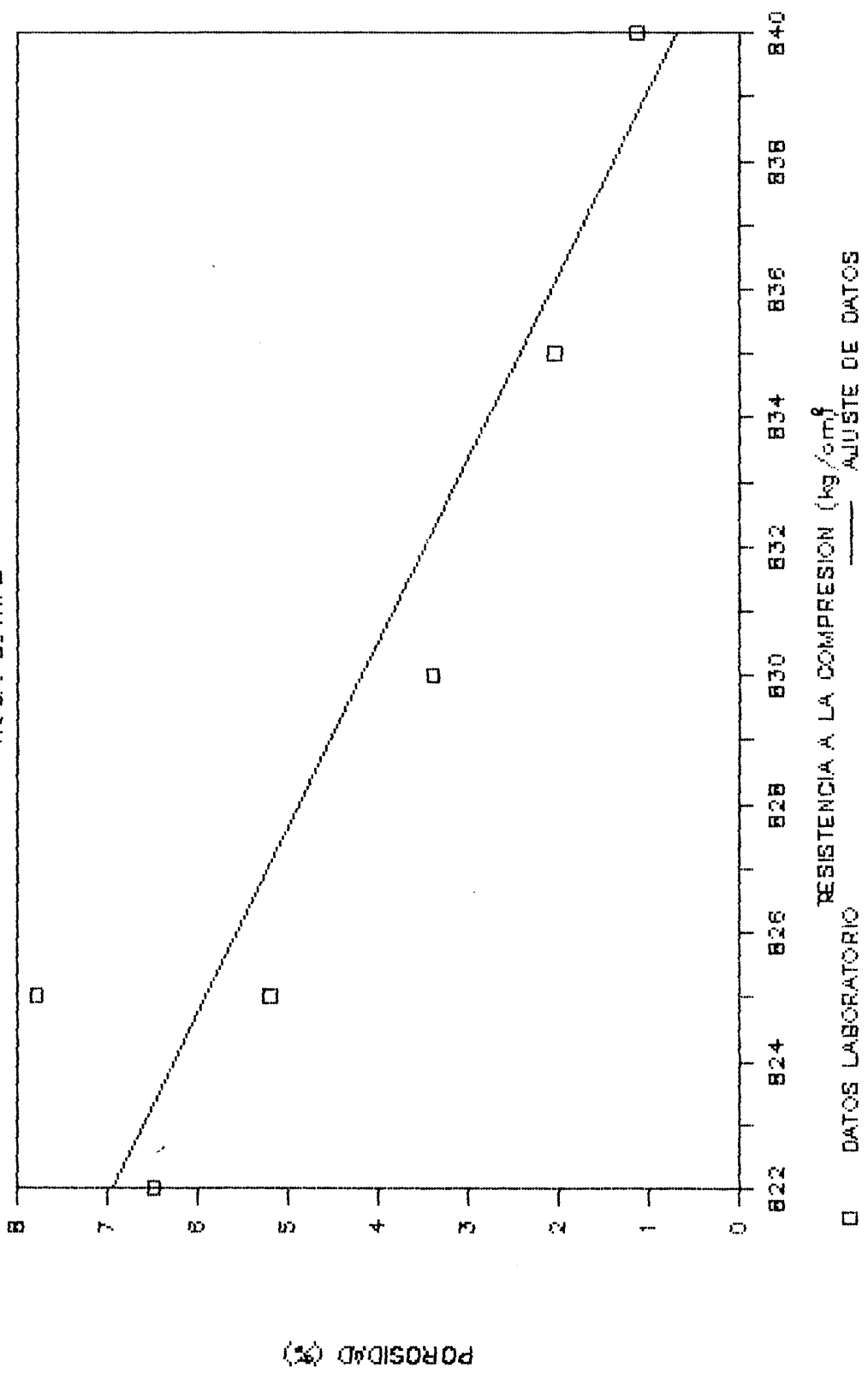


CORRELACION CR7

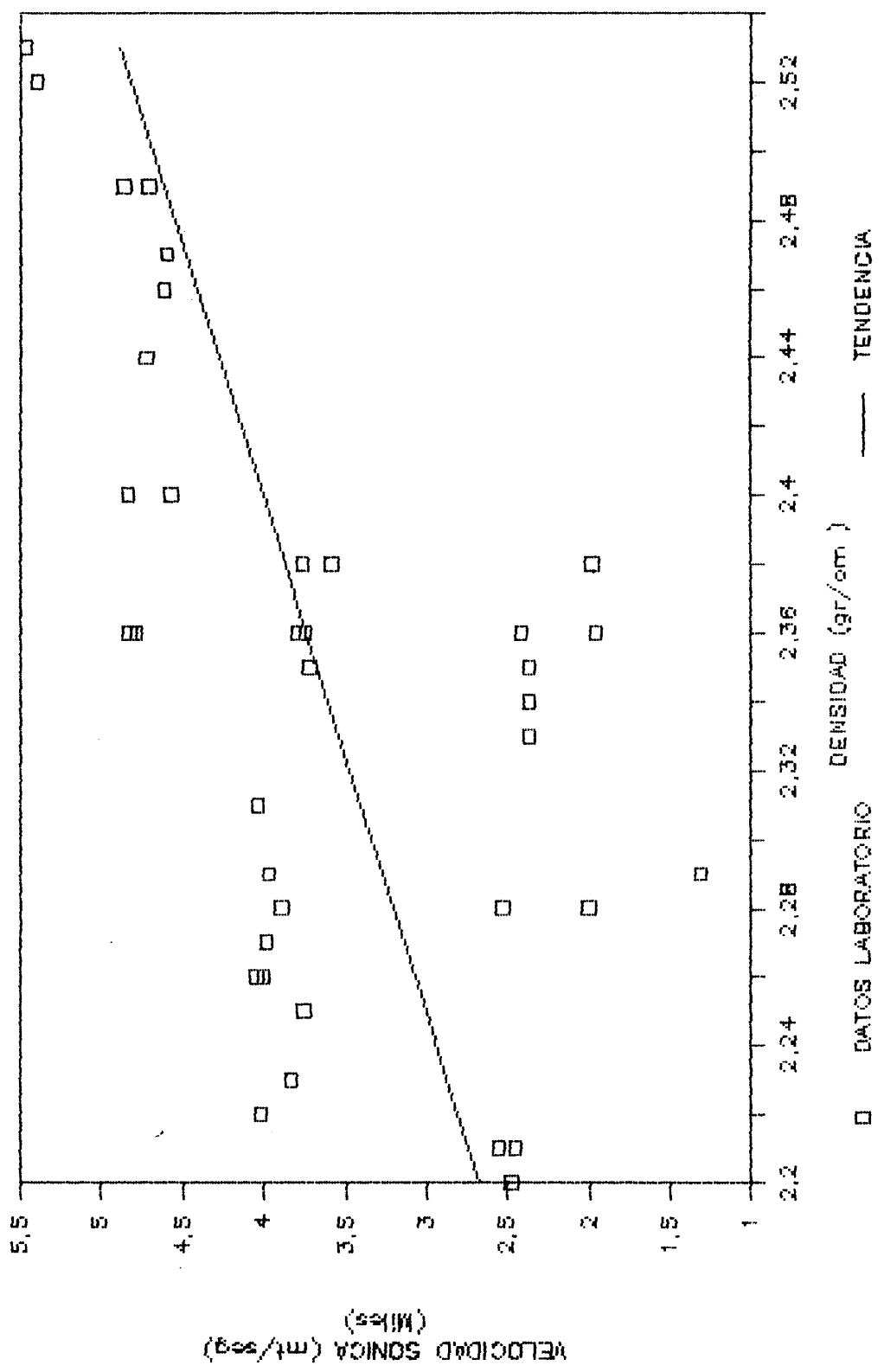


CORRELACION CR8

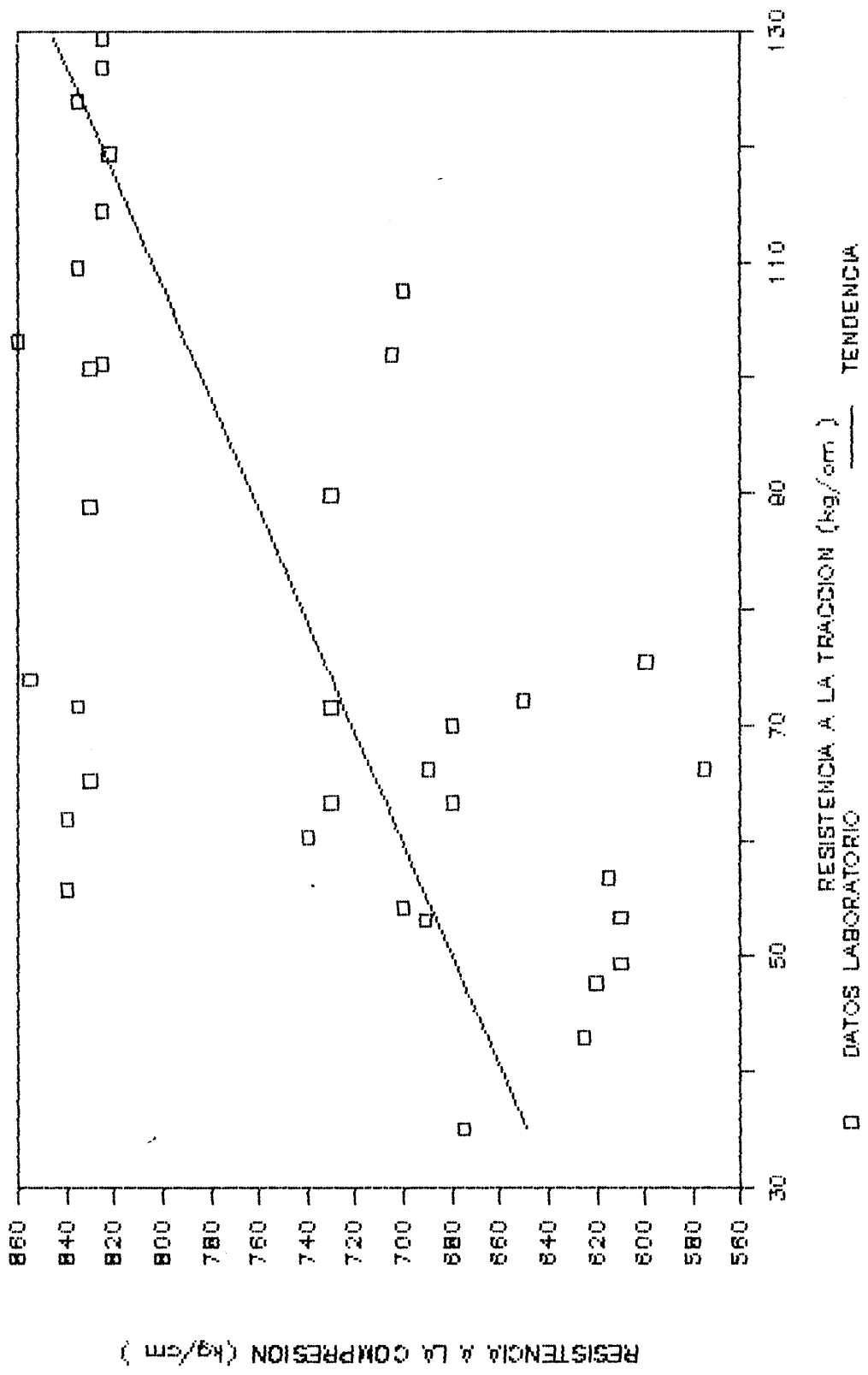
ROCA LUITAS



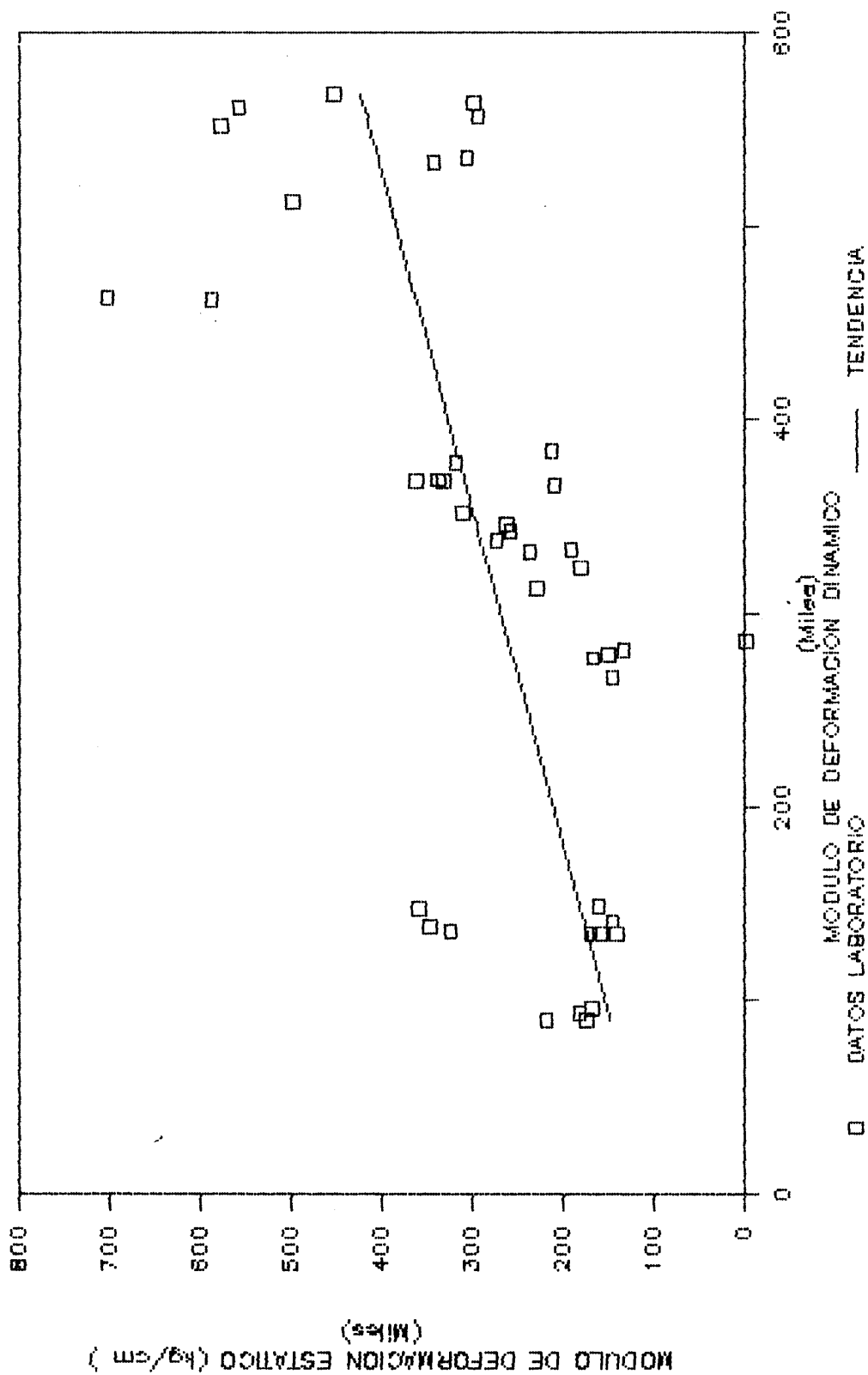
CORRELACION CRS



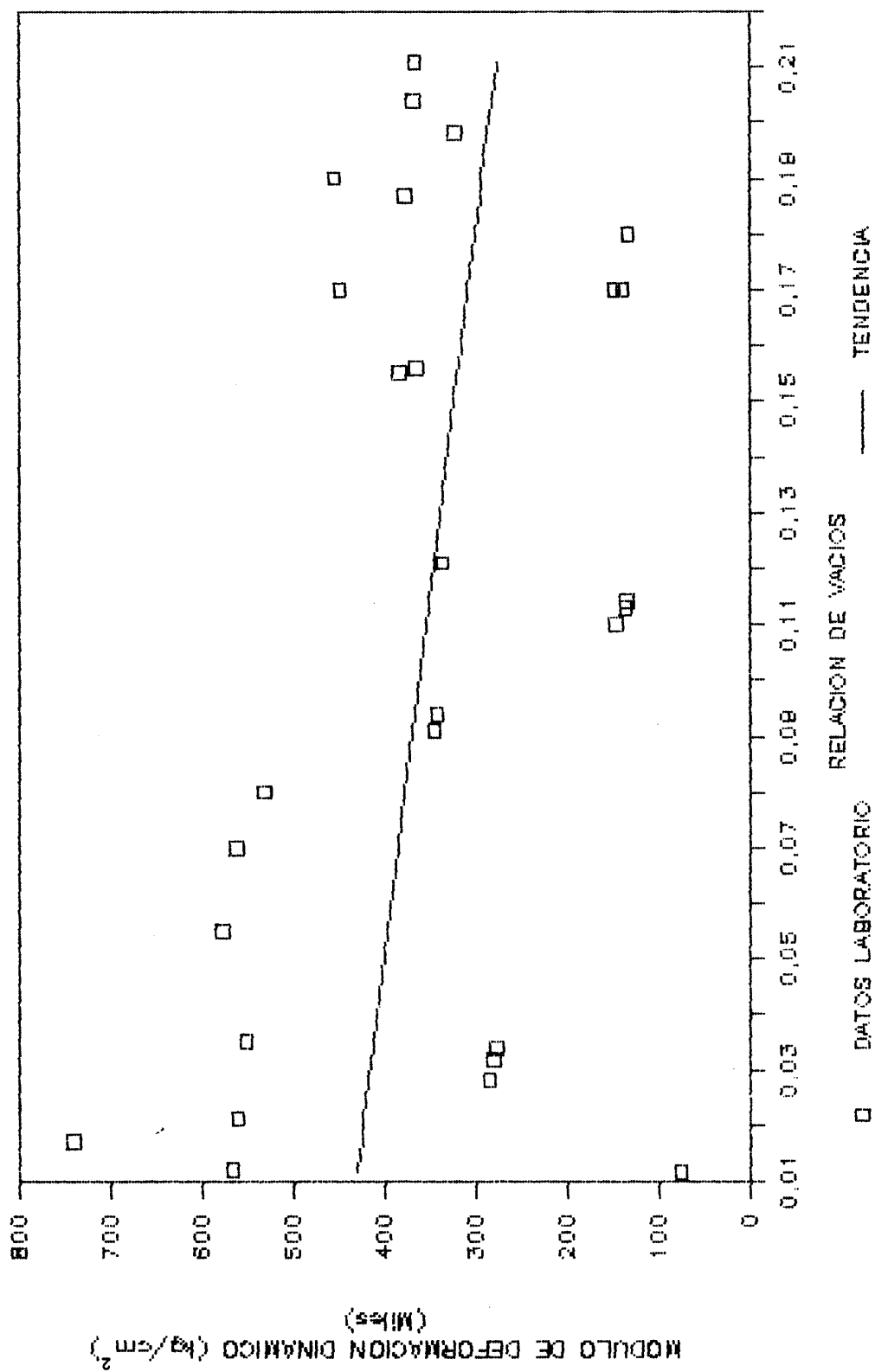
CORRELACION CR10



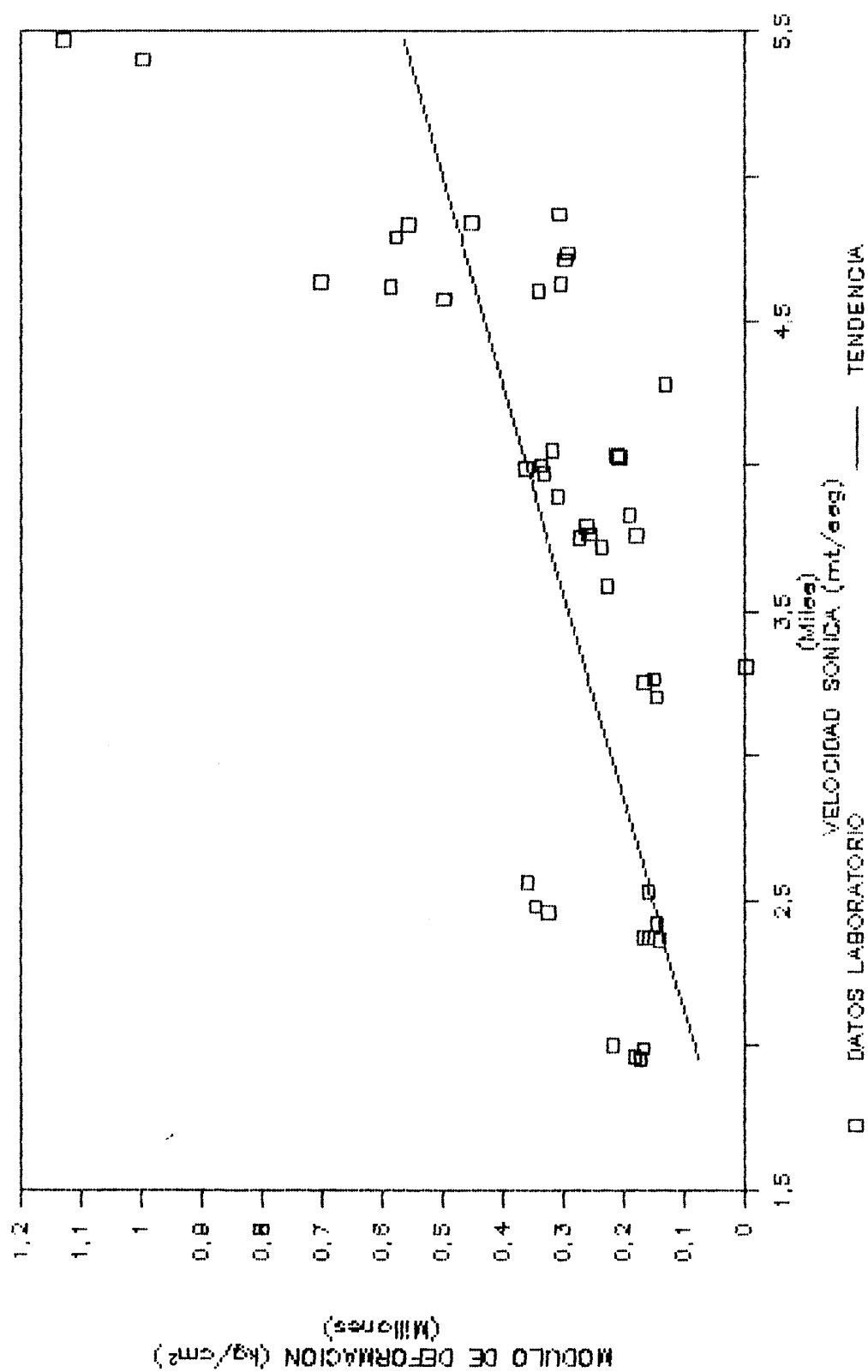
CORRELACION CR11



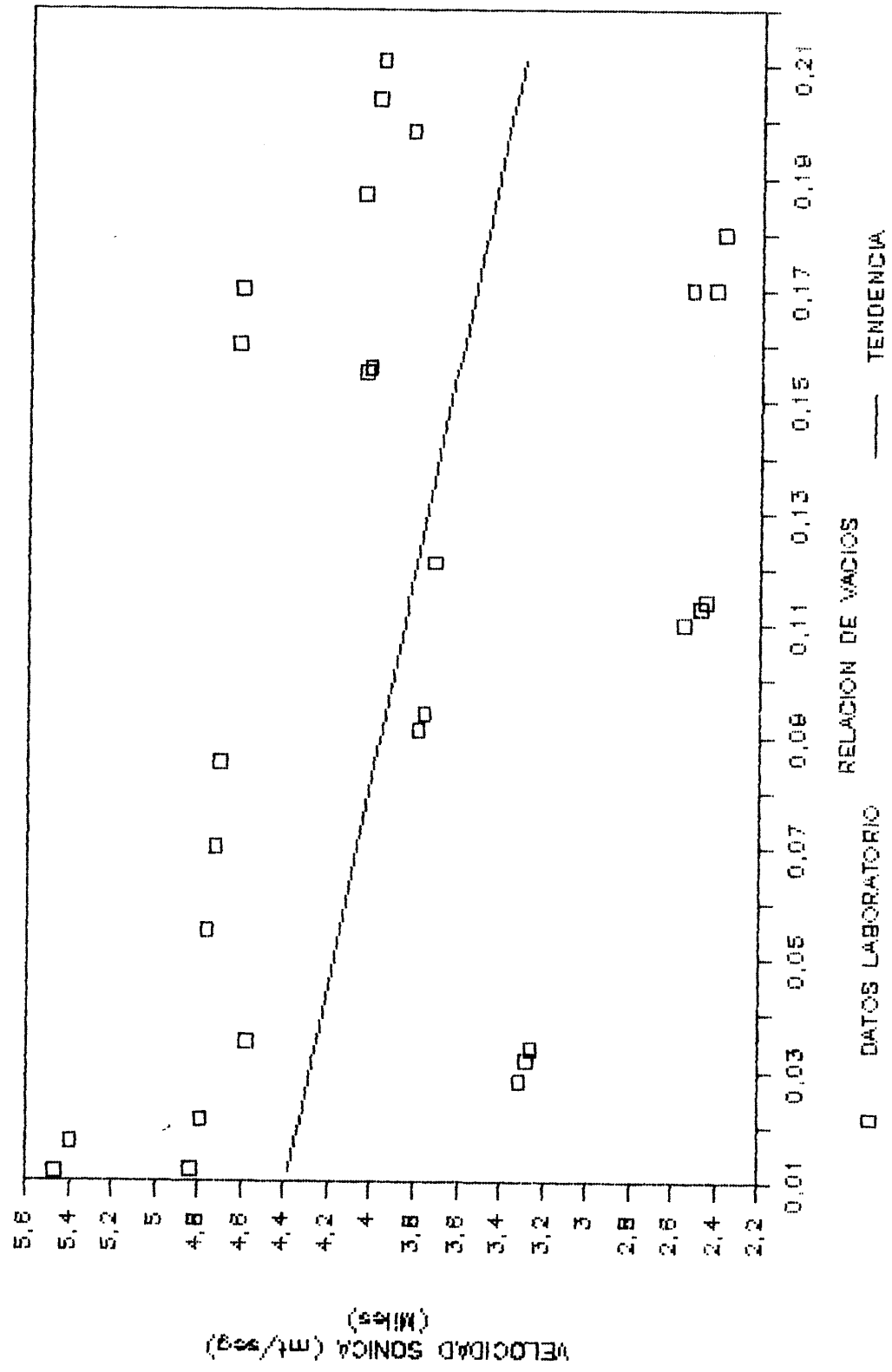
CORRELACION CR12



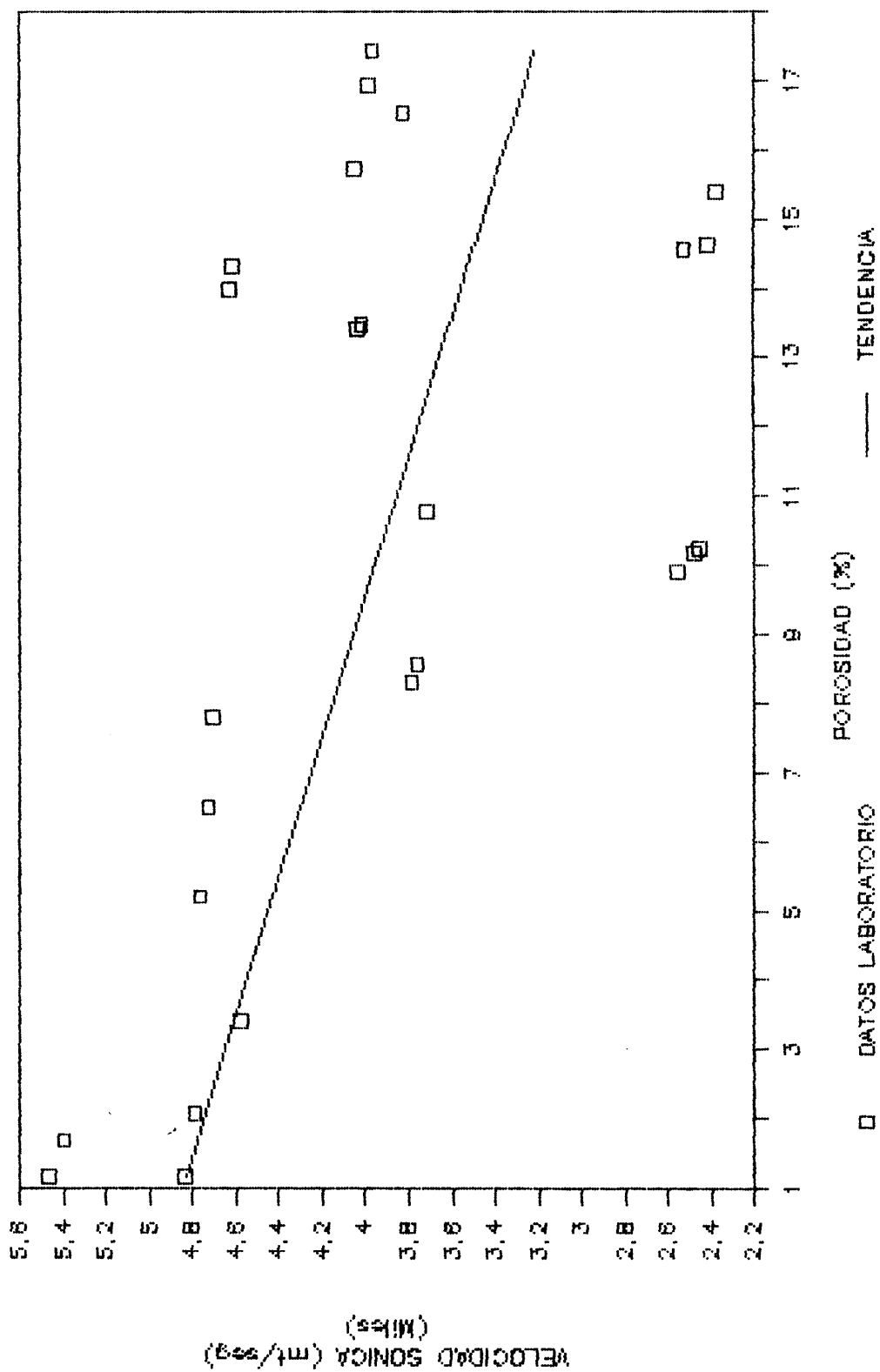
CORRELACION CR13



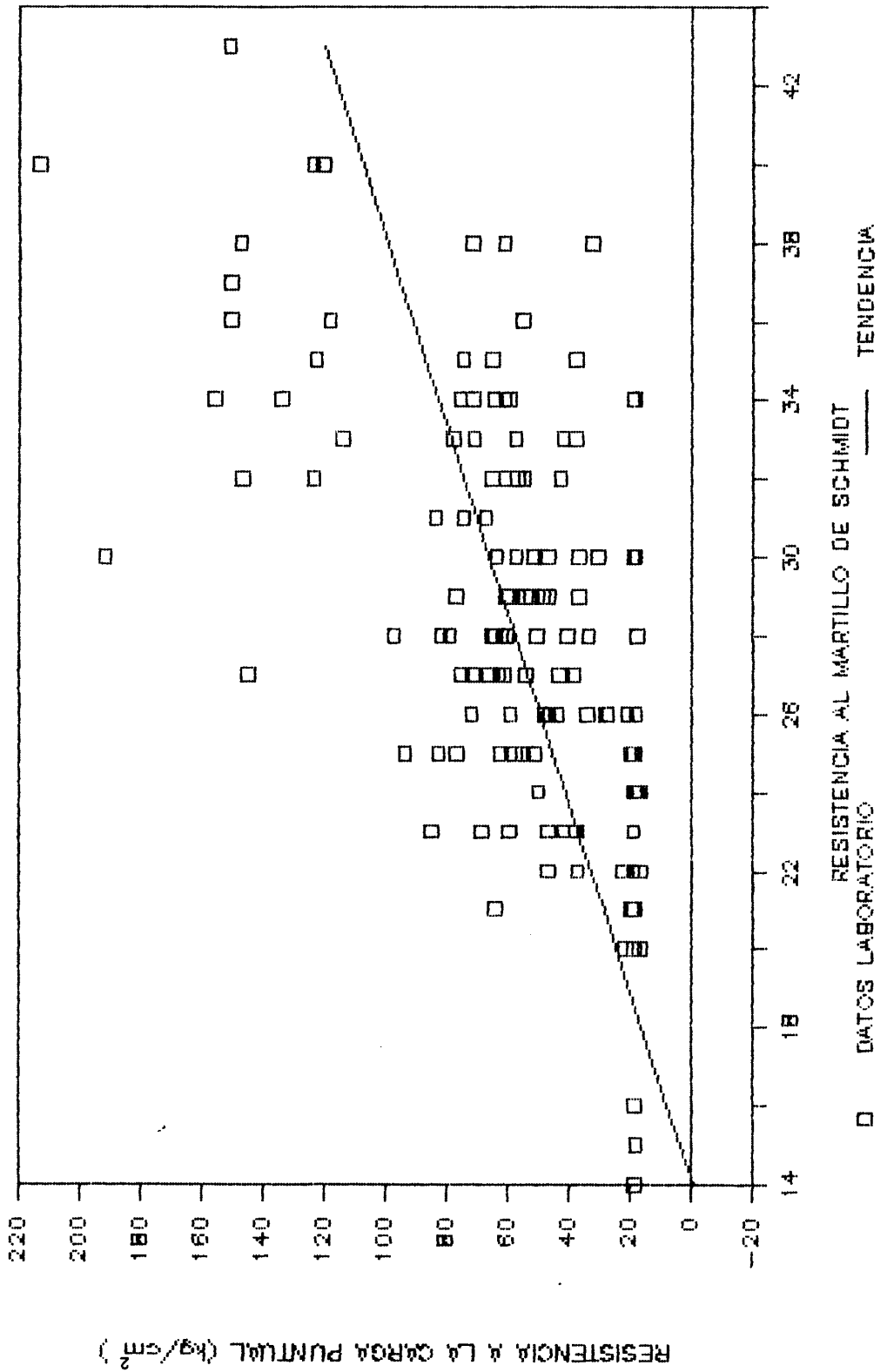
CORRELACION CR14



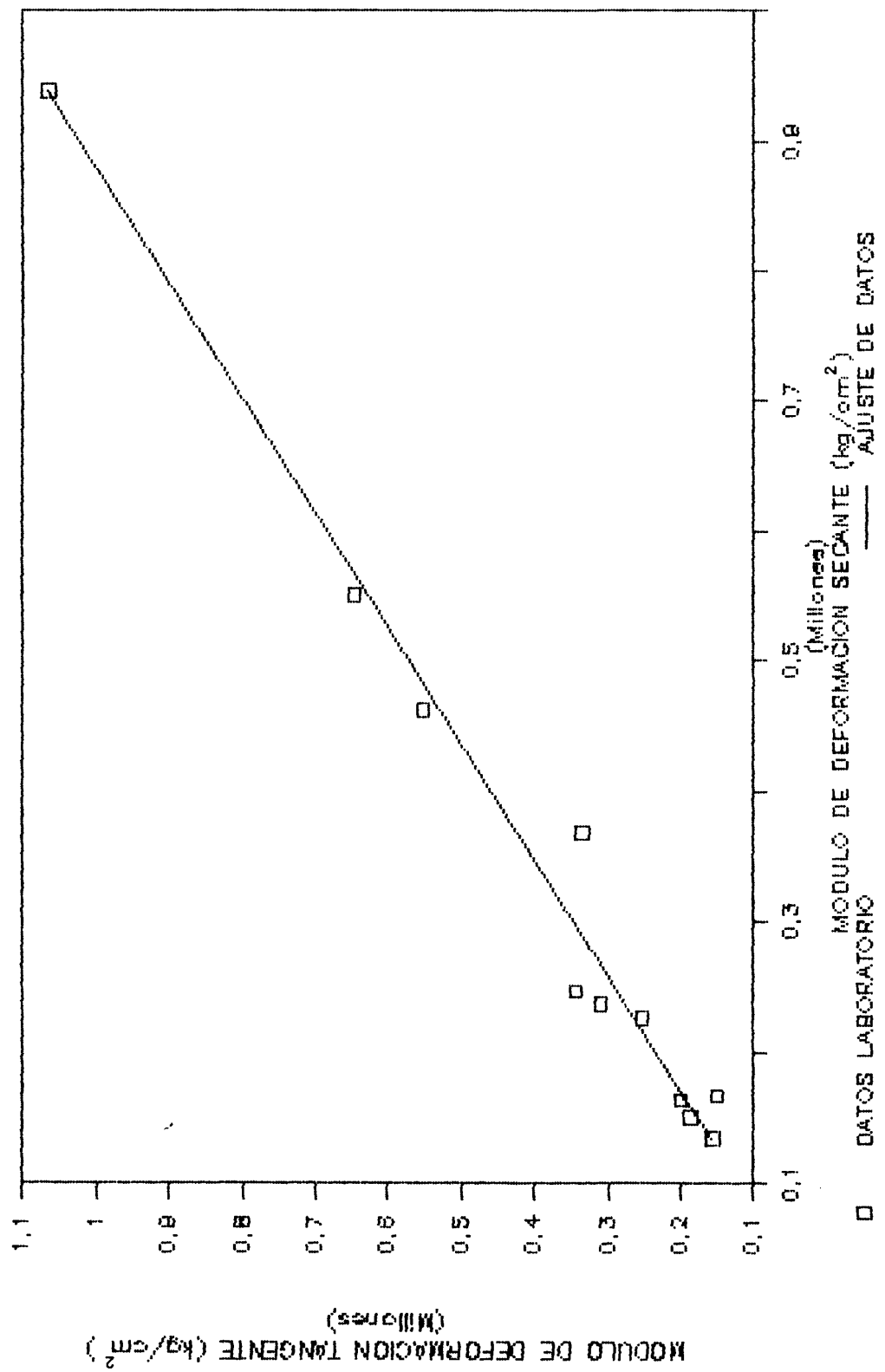
CORRELACION CR15



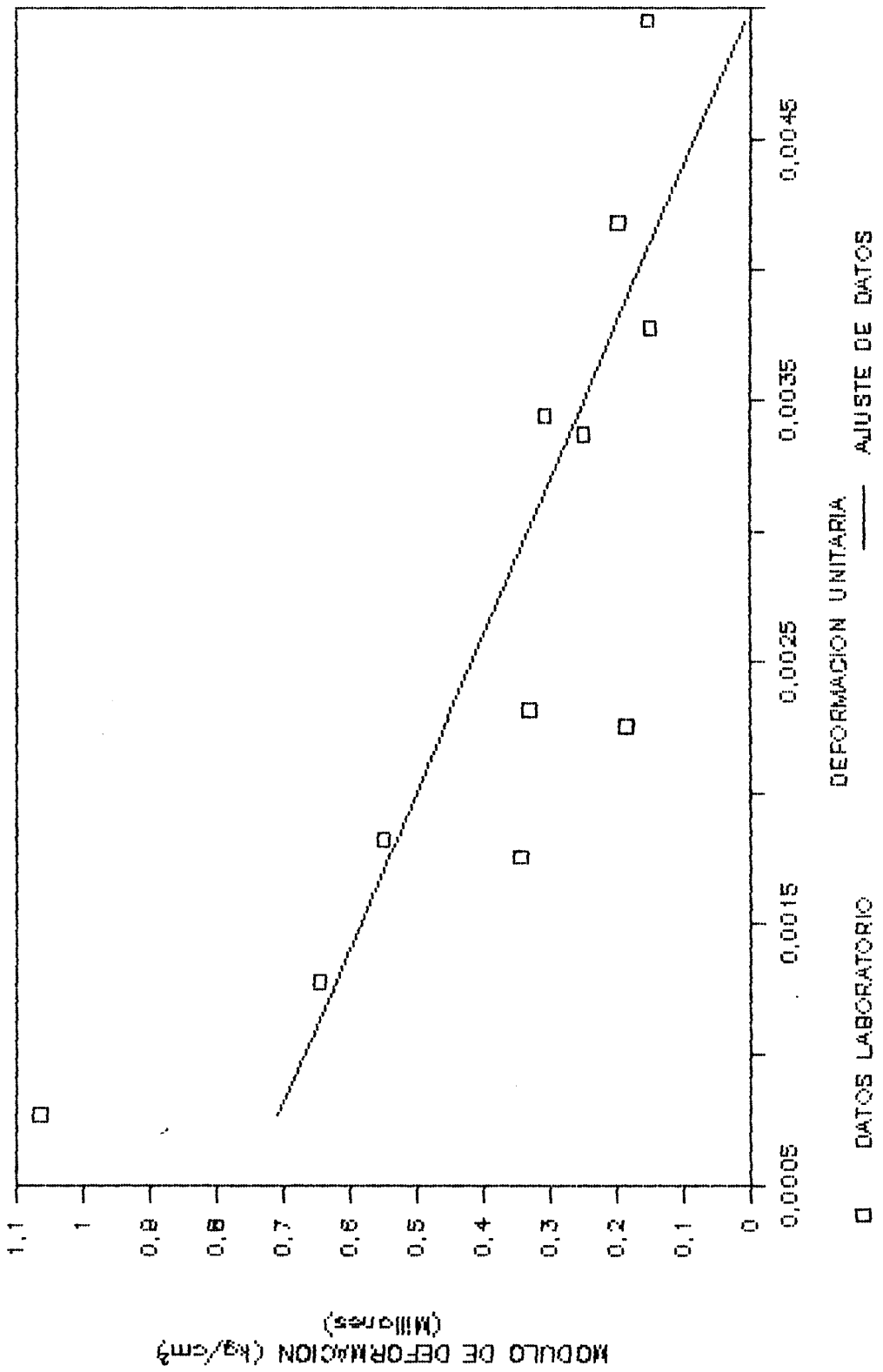
CORRELACION CR16



CORRELACION CR17



CORRELACION CR18

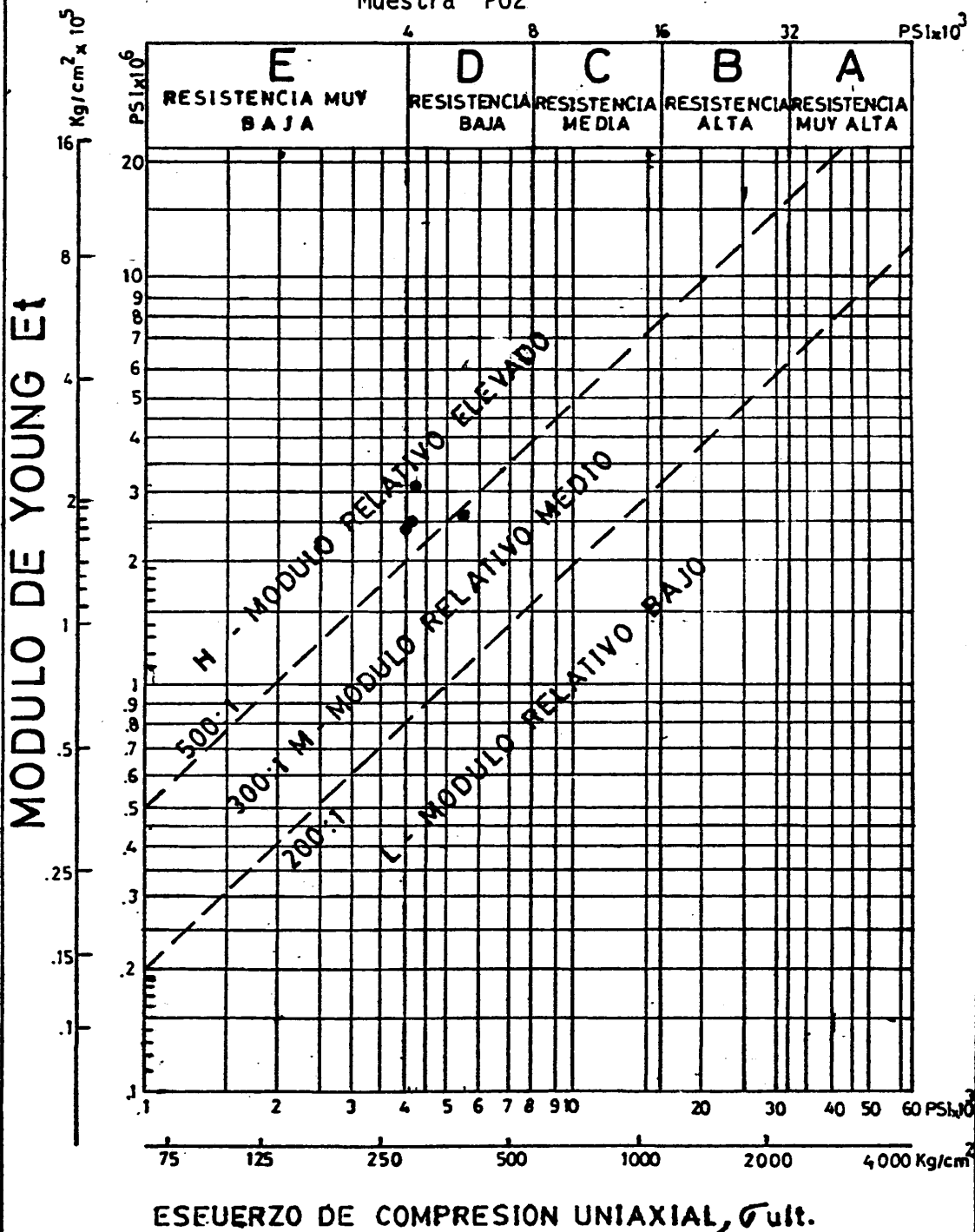


A N E X O F

CARACTERIZACION DE LOS FRENTES ROCOSOS

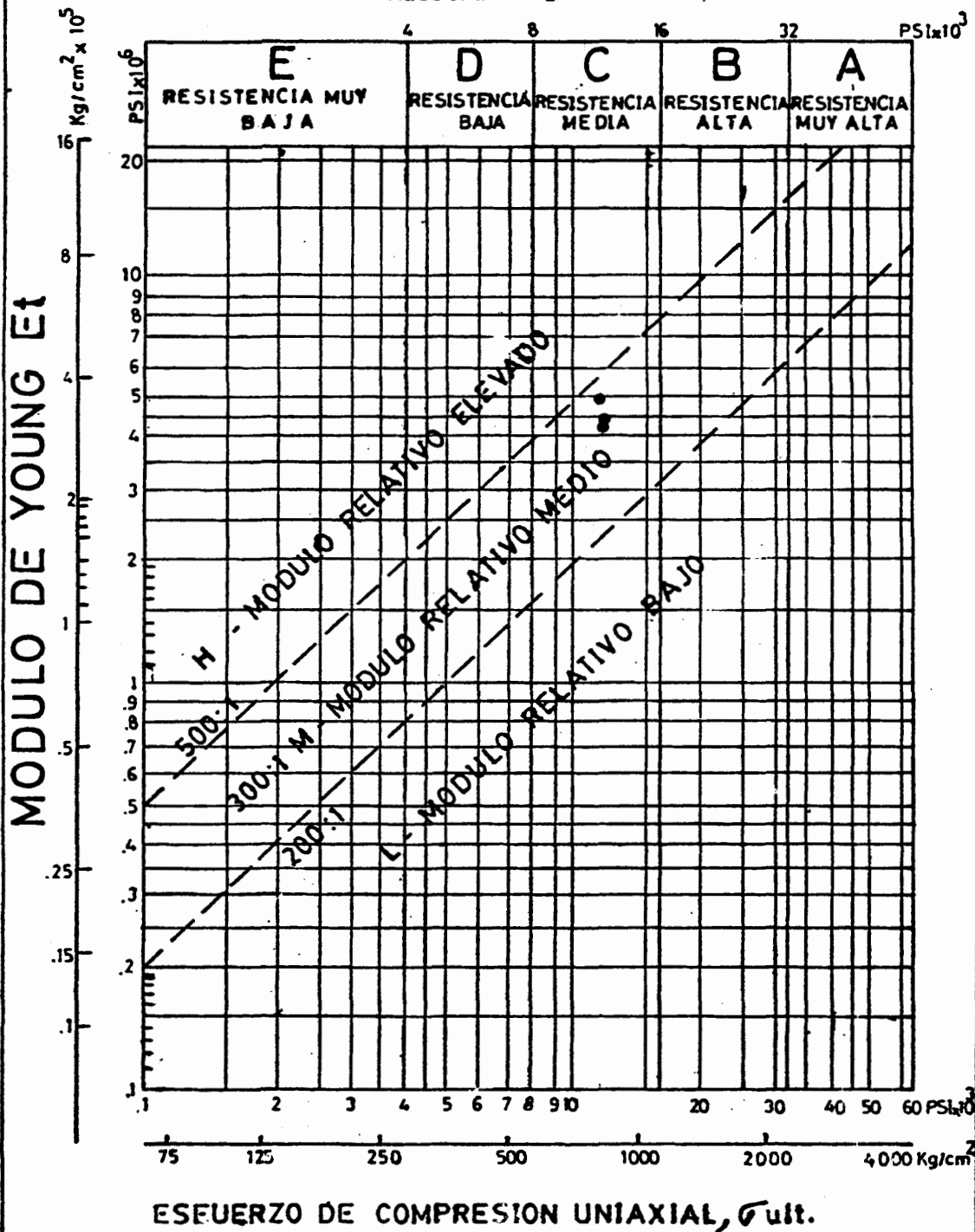
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

ARENISCA CALCAREA
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra P02



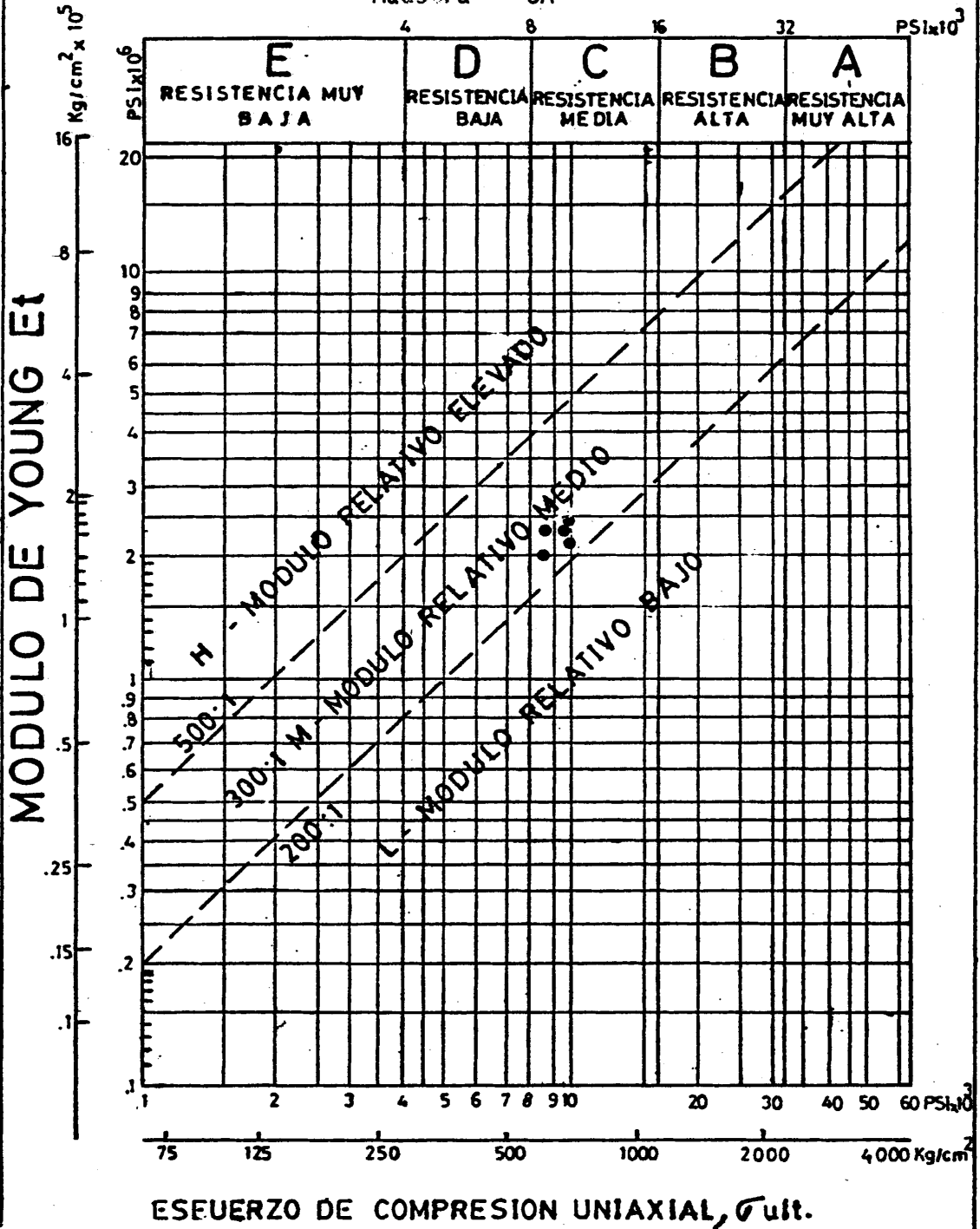
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

LUTITA.
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 1



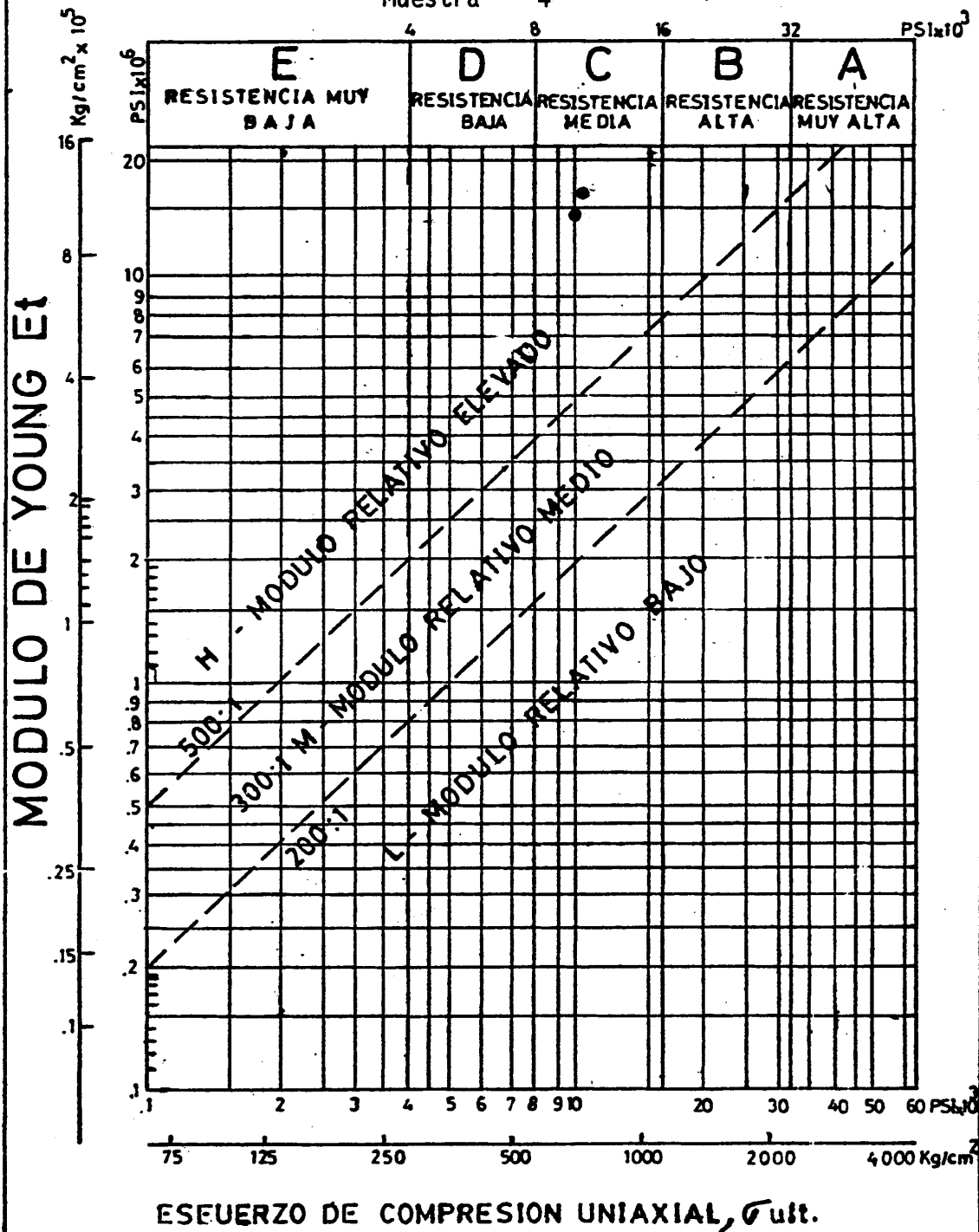
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

ARENISCA TOBACEA
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 3A



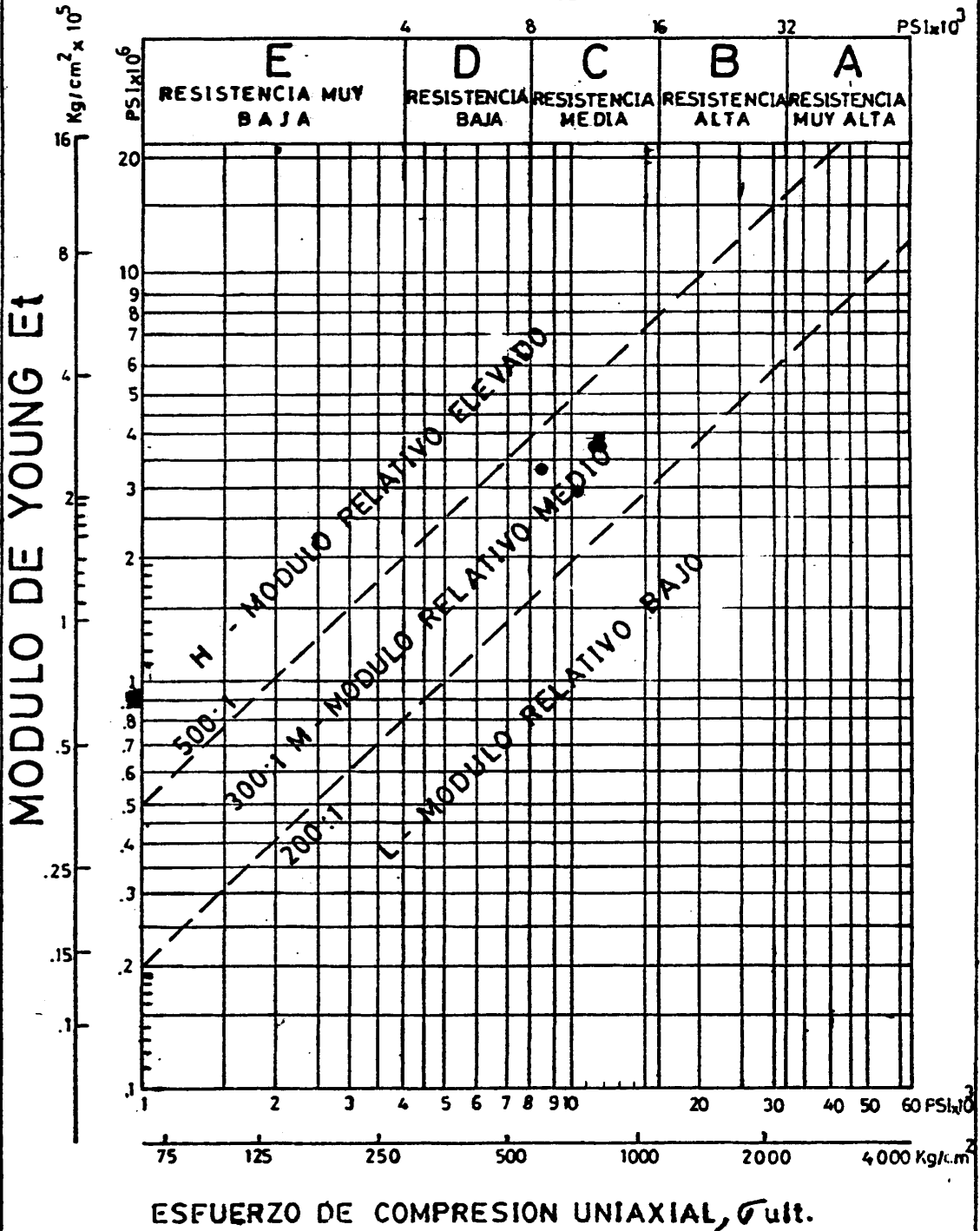
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

LUTITA SILICIFICADA
Fm. Cayo - Miembro Guayaquil
Muestra 4



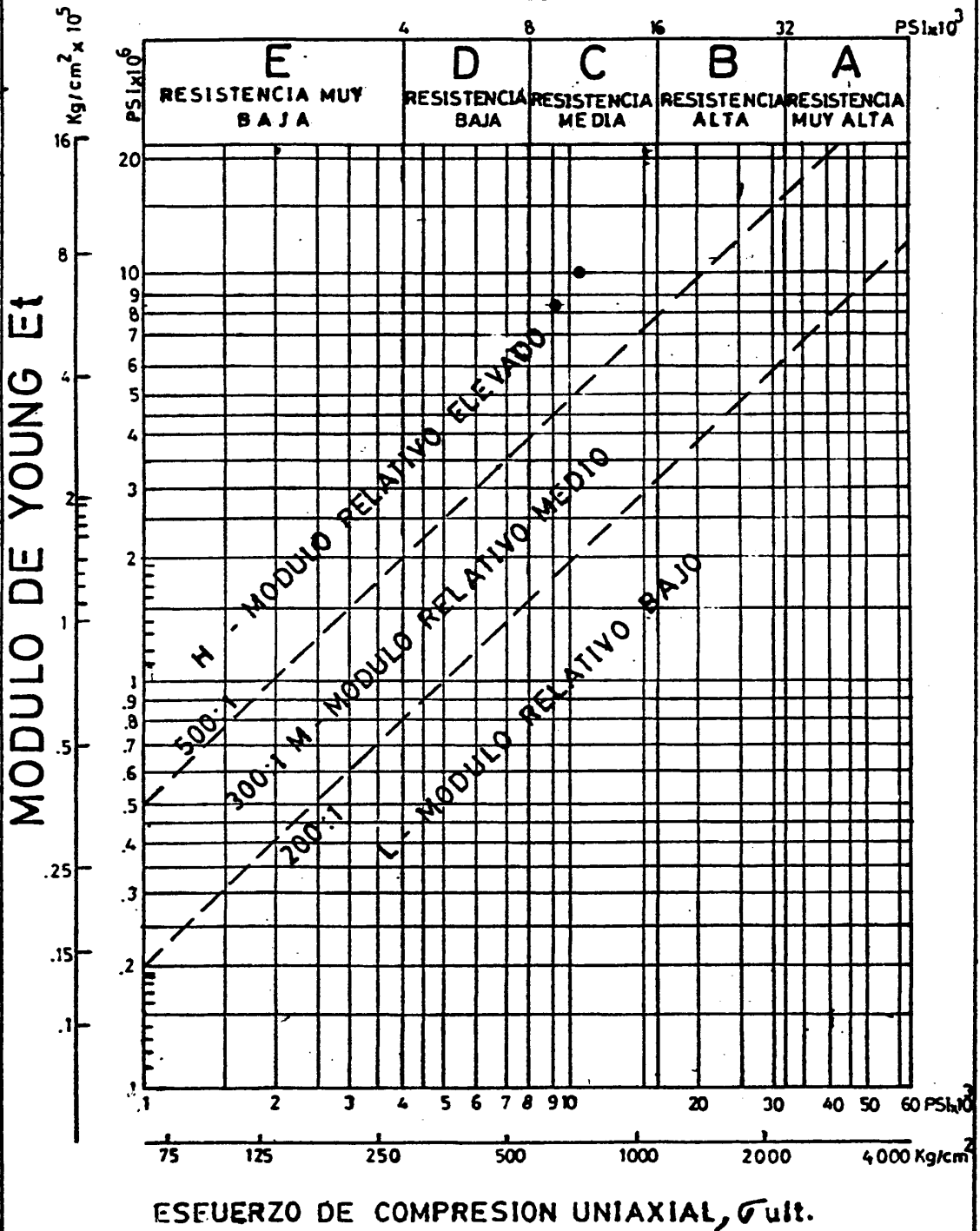
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

MICROBRECHA
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 6B



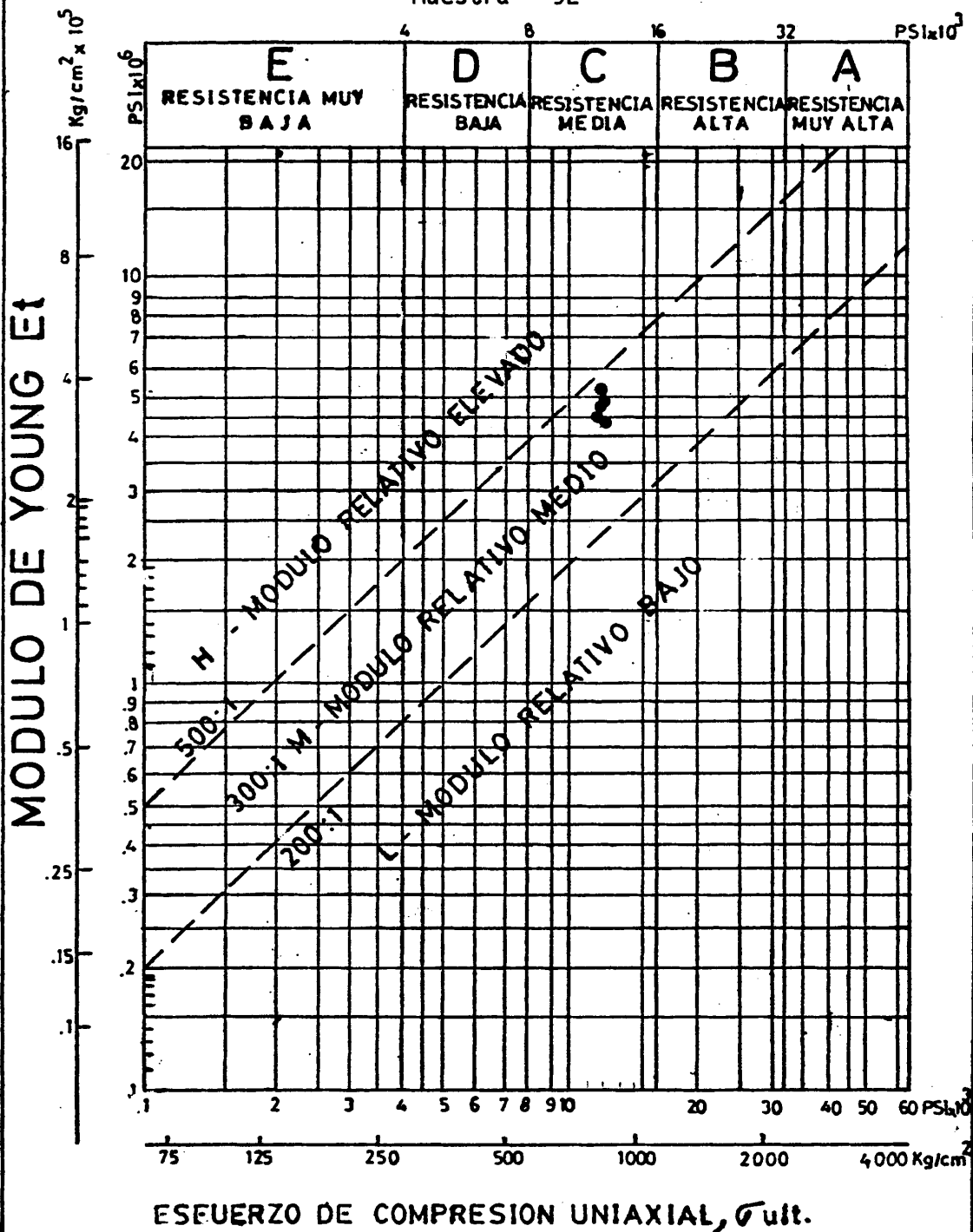
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

ARENISCA DE GRANO FINO
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 6S



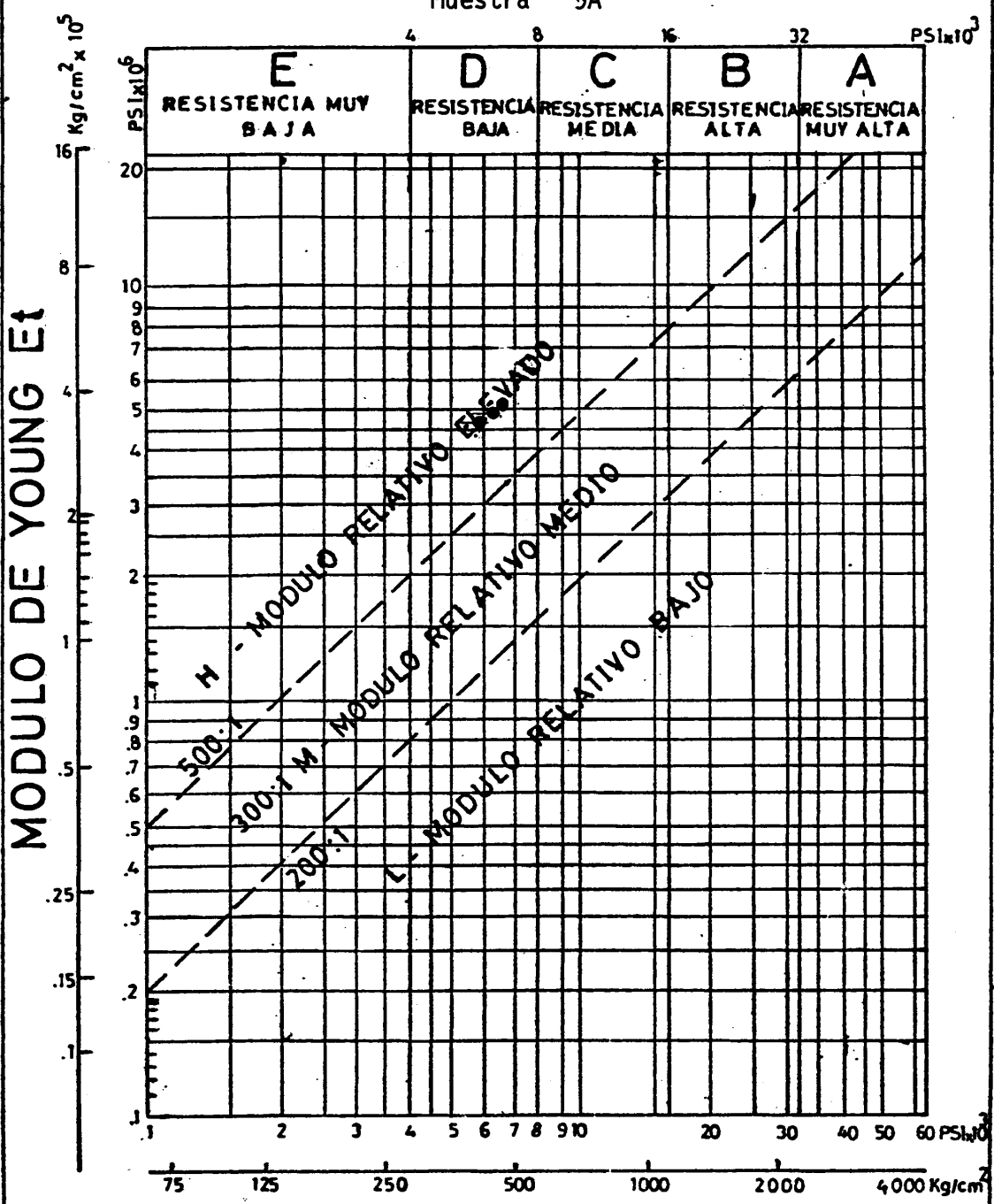
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

ARENISCA DE GRANO FINO
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 9L



CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

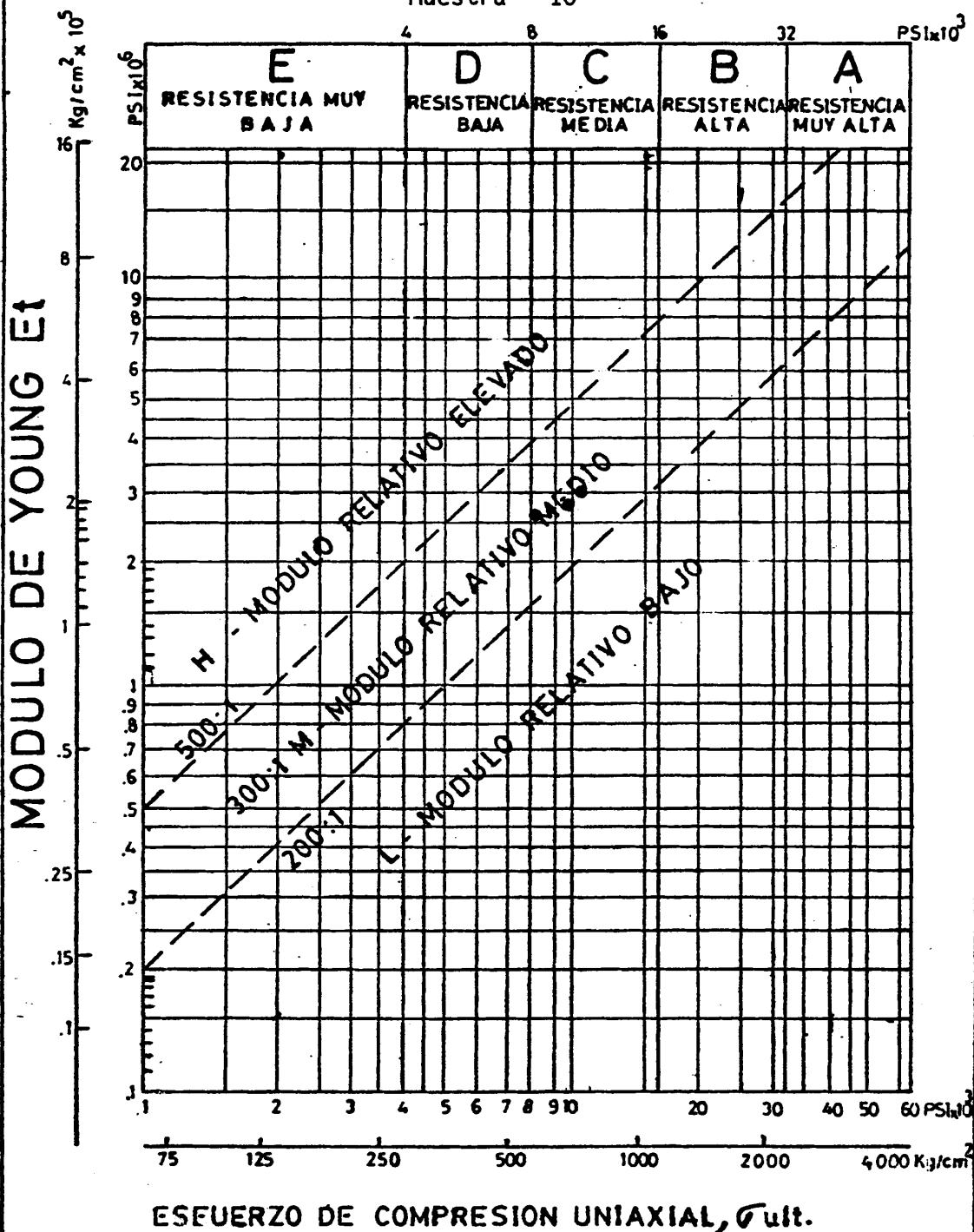
MICROBRECHA
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 9A



ESEUERZO DE COMPRESION UNIAxIAL, σ_{ult} .

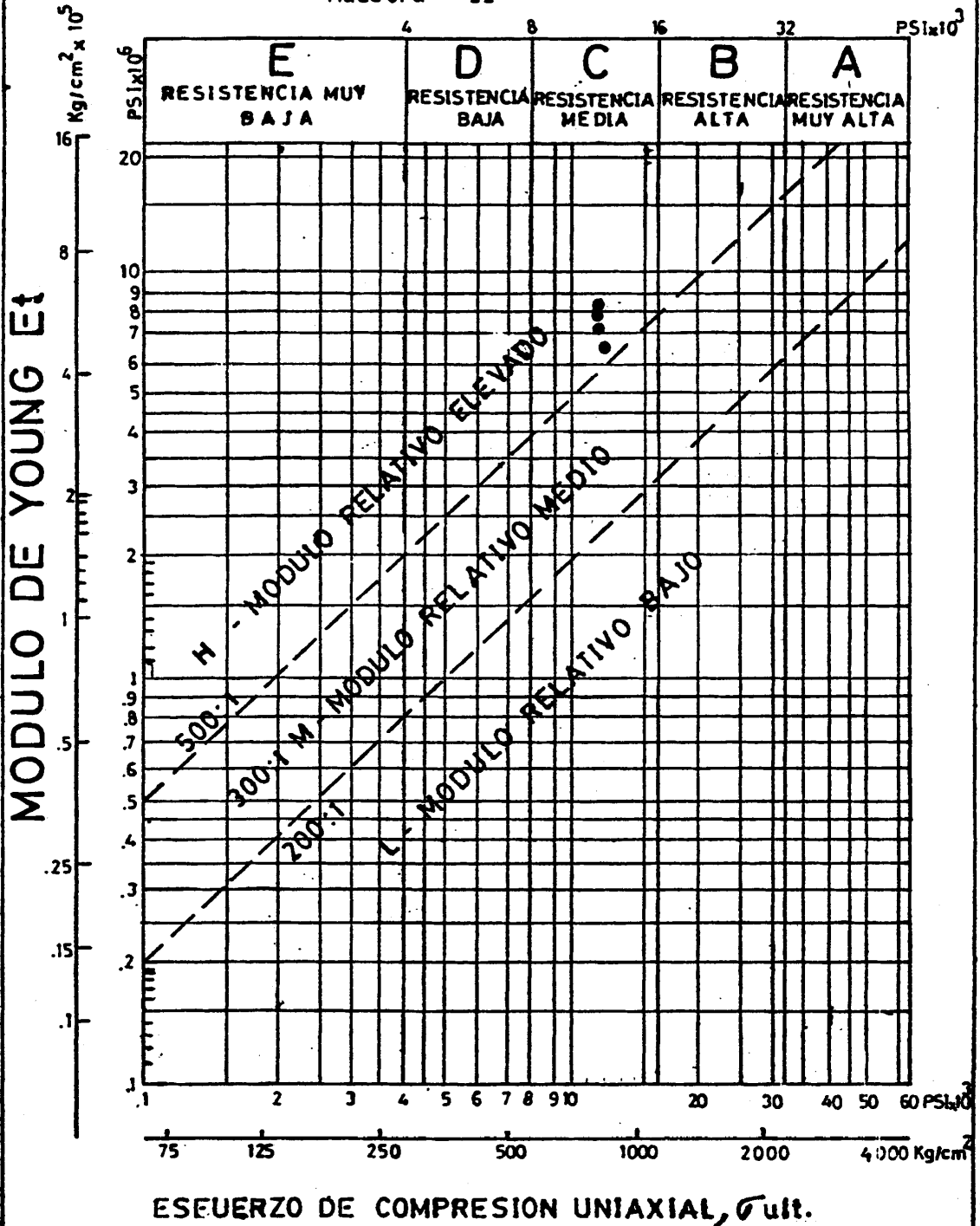
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

BRECHA
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 10



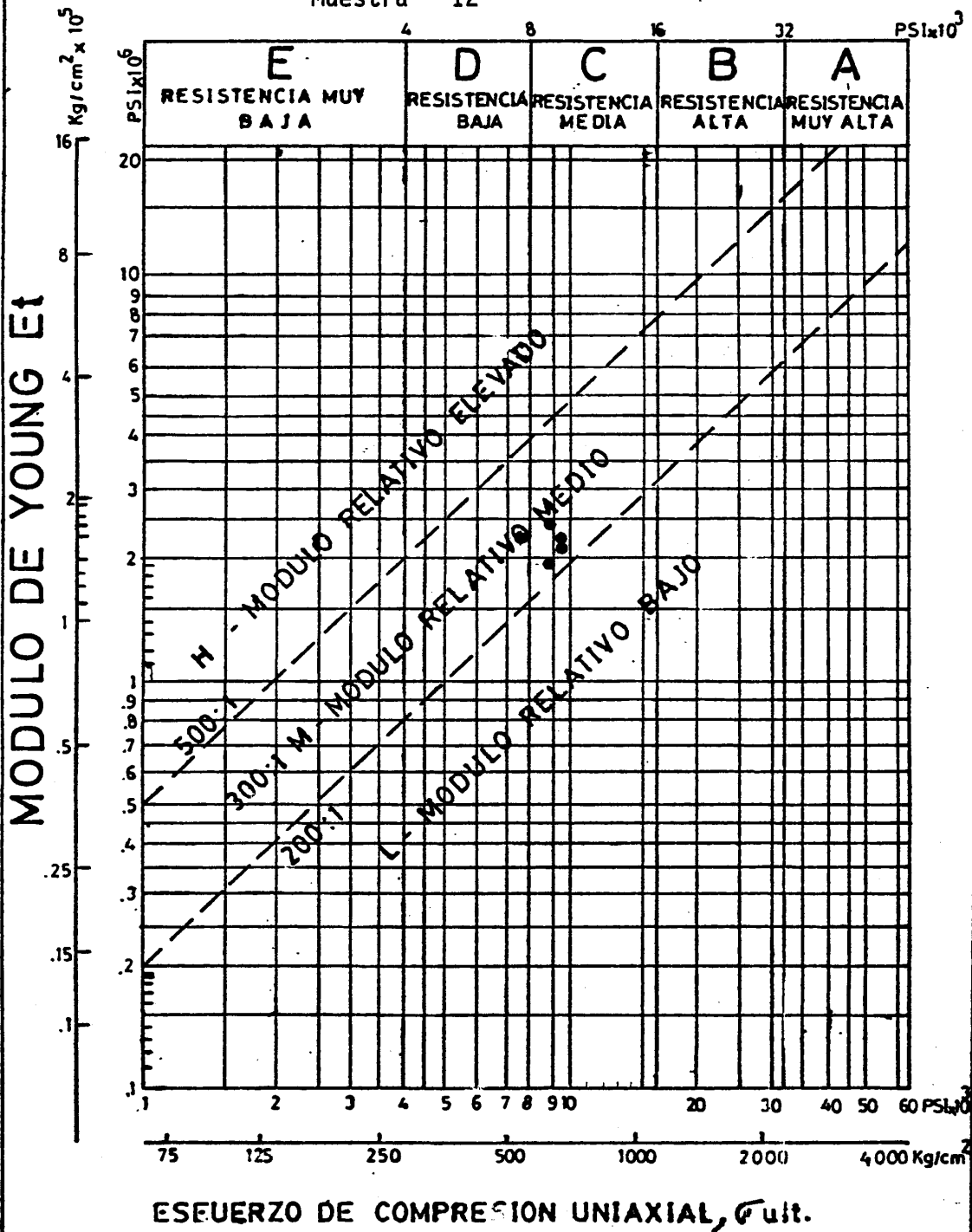
CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

ARENISCA TOBACEA DE GRANO MUY FINO
Fm. Cayo - Miembro Sensoestricto
Muestra 11



CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA SEGUN DEERE Y MILLER

ARENISCA FELDESPATICA
Fm. Cayo - Miembro Calentura
Muestra 12



B I B L I O G R A F I A

1. ALVARADO, G. - SANTOS, M. El Miembro Calentura y la Formación Cayo, III Congreso Ecuatoriano de Ing. Geólogos de Minas y Petróleos, Tomo 1A, Guayaquil, 1983, 1-13 p.
2. BALSECA, F. C. Propiedades de los materiales rocosos de la Baja Cuenca del Guayas, Tesis previa a la obtención del título de Ing. Geotécnico, ESPOL, 1982,
3. BENITEZ, S. Contribución al estudio de las cuencas sedimentarias del SO Ecuatoriano, III Congreso Ecuatoriano de Ing. Geólogos de Minas y Petróleos, Tomo 1A, Guayaquil, 1983, 8-13 p.
4. BRISTOW, C. R. et HOFFSTETTER, R. Lèxico Estratigráfico Internacional, Fasc. 5 a 2, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Francia, 1977, 412 p.

5. CALLE, B. J. Estudio geológico definitivo de la Via Perimetral de Guayaquil, Guayaquil, 1979.
6. CHAVEZ, M. M. Propriétés Physiques et Comportement Mécanique de la roche mineralisée de Saizerais (Proyecto de toel), Effect D'Echele sur le Module D'Young (DEA=MSC Geòlogic Apliqué), Institut National Supérieur de Lorraine, Nancy, France, 1976, 125 p.
7. COATES, D. F. Fundamentos de Mecànica de Rocas, Dirección de Energía, Minas y Recursos Naturales, Canadá, 1970.
8. CUENCA, V. J. Estudio Geológico Geotécnico en el predio San Colombano, Guayaquil, 47 p.
9. CUSTODIO, E.-LLAMAS, M. R. Hidrología Subterránea, Omega, España, 1976, cap. 5 - 8.
10. DEERE, D. U. Engineering classification and index properties for intact rock, Air Force Weapons laboratory, 1966, 324 p.
11. DUGAS, F. Sedimentación y efectos tectónicos en el SW del Ecuador, IV Congreso Ecuatoriano de Geología Minas y Petróleos, Quito, 1986, 61-73 p.

12. JAEGER, CH. Rock mechanics and engineering, Cambridge University Press, Great Britain, 1979, 35-82 p.
13. KERR, P. F. Mineralogía Óptica, Castilla S.A, España, 1965, 433 p.
14. KRYNINE, D. P.- JUDD, W. R. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros, IV edición, Omega, España, 1980, 67-410 p.
15. MARURI D. R.-MORENO, G. M. La reacción álcalis-agregado en el concreto, Guayaquil, 1983, 26 p.
16. NIETO, A. Caracterización Geotécnica de Macizos de Roca Blanda, Primer Congreso Sudamericano de Mecánica de Rocas, Colombia, 1982, 70 p.
17. NUNEZ DEL ARCO, E. Primer informe semestral, Levantamiento de trece cartas geológicas escala 1:50000 de las Provincias de Guayas y Manabí, ESPOL, Guayaquil, 1987, 24 p.
18. NUNEZ DEL ARCO, E.-DUGAS, F.-LABROUSSE, B. III Congreso Ecuatoriano de Ing. Geólogos de Minas y Petróleos, Tomo I B, Guayaquil, 1986, 2-4 p.

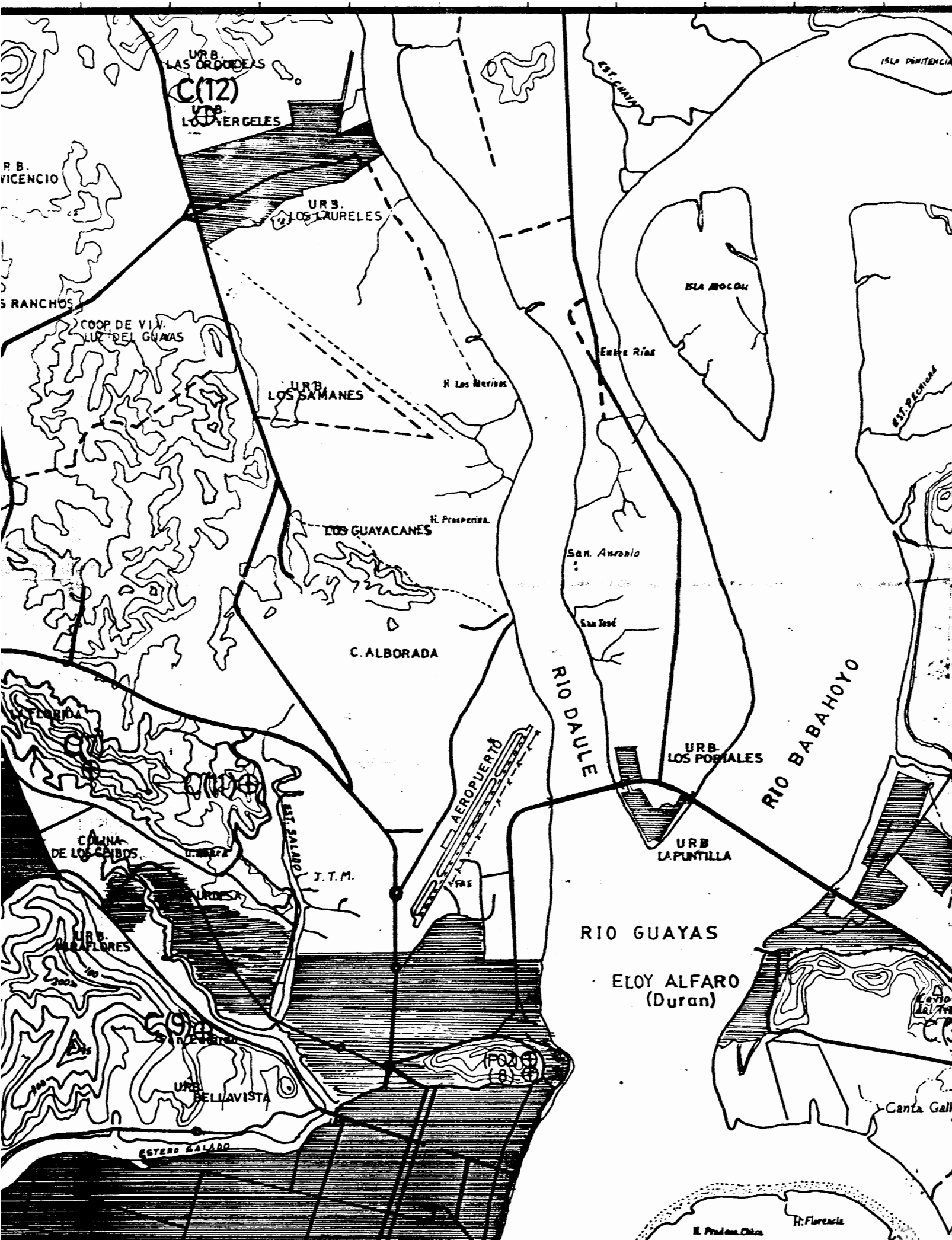
19. DRUS, F. Materiales de Construcción, Dossat S.A., Madrid, 1981, 54-68 p.
20. PERRI, G. Apuntes de los cursos de Mecánica de Rocas, Guayaquil, 1976, 58-111 p.
21. PIRSSON, L. V. Rock and Rock Minerals, Third edition, Londres, 1956, 227 p.
22. SCHERMA, G. L. Introducción a la Mecánica de Rocas, Guayaquil, 1978, 71 p.
23. STAFF-FORTLAND CEMENT ASSOCIATION, Proyecto y control de mezclas de concreto, Limusa, México, 27-30 p.
24. TIPPETTS-ABBETT-Mc CARTHY-STRATTON Ingenieros y Arquitectos, Manual de laboratorio, Suelos Pavimentos y Materiales, Nueva York, 1964, 100 p.
25. WILLIAMS, H. TURNER, F. J. GILBERT, CH. M. Petrografía, Centro Regional de ayuda teórica, Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), México, 1968, 430 p.

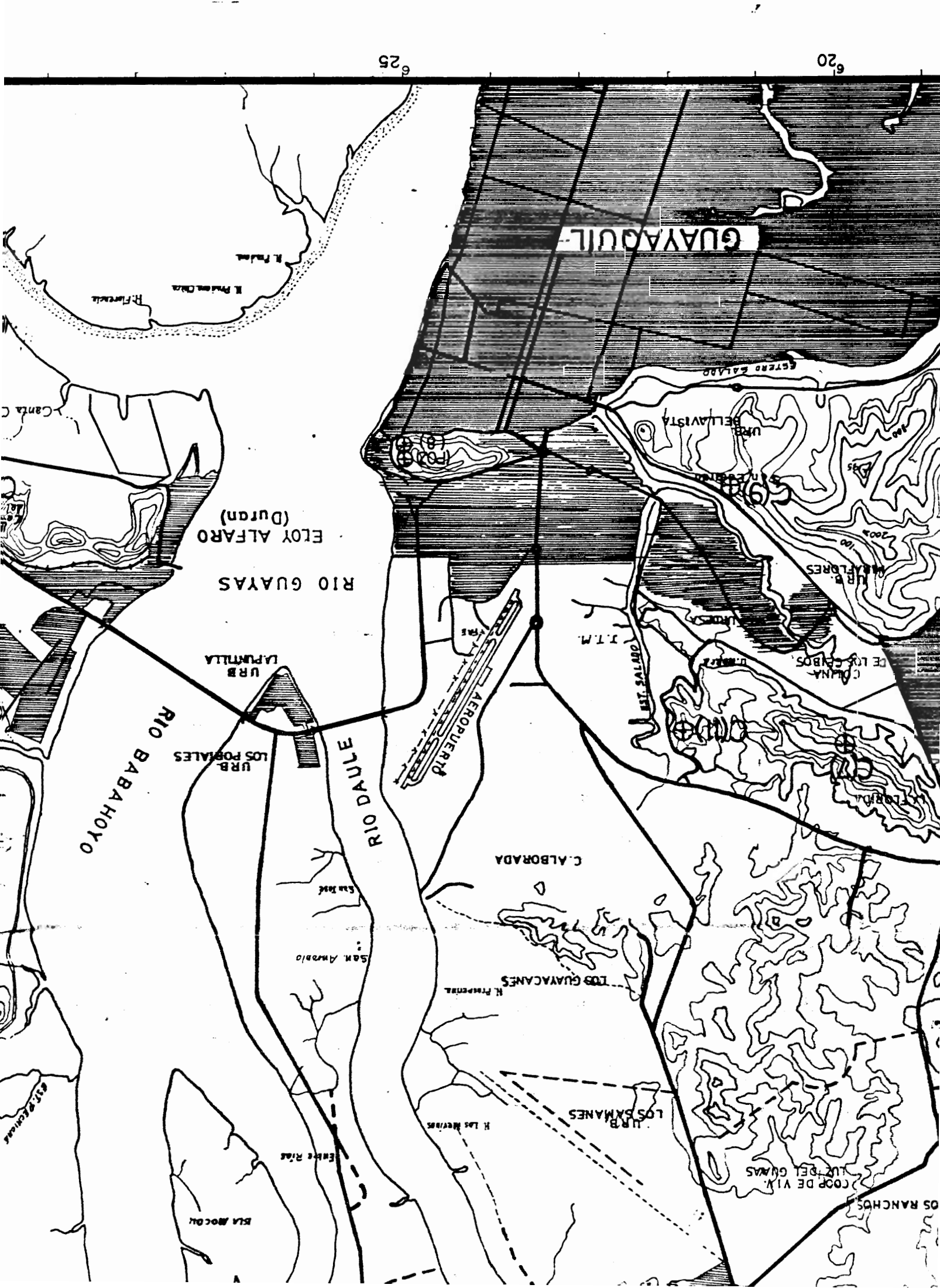
80°00'

70
5
0









GUAYAQUIL

ELOY ALFARO (Durán)

RIO GUAYAS

URB. LAPUNTLA

URB. LOS POBIALES

RIO BABAHOYO

RIO DUALE

AEROPUERTO

EST. SALADO

URB. BELLA VISTA

URB. DE LOS CABOS

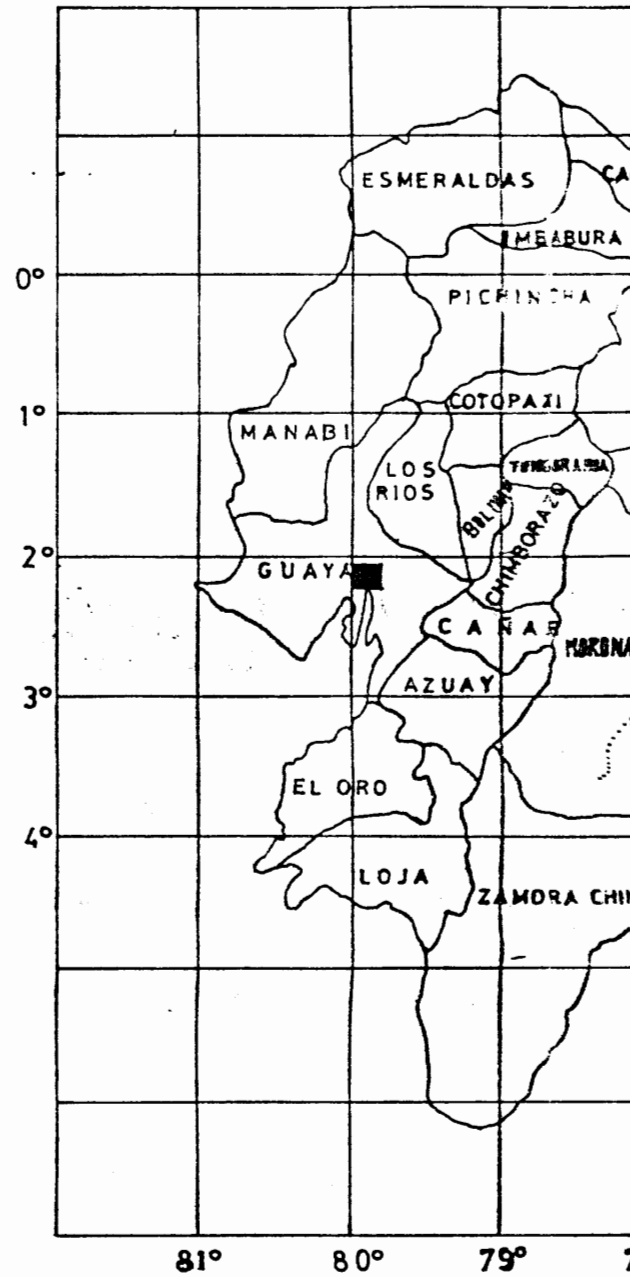
C. ALBORADA

URB. LOS GUAYACANES


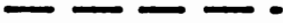



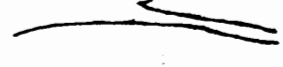



URB. LOS SAMANES

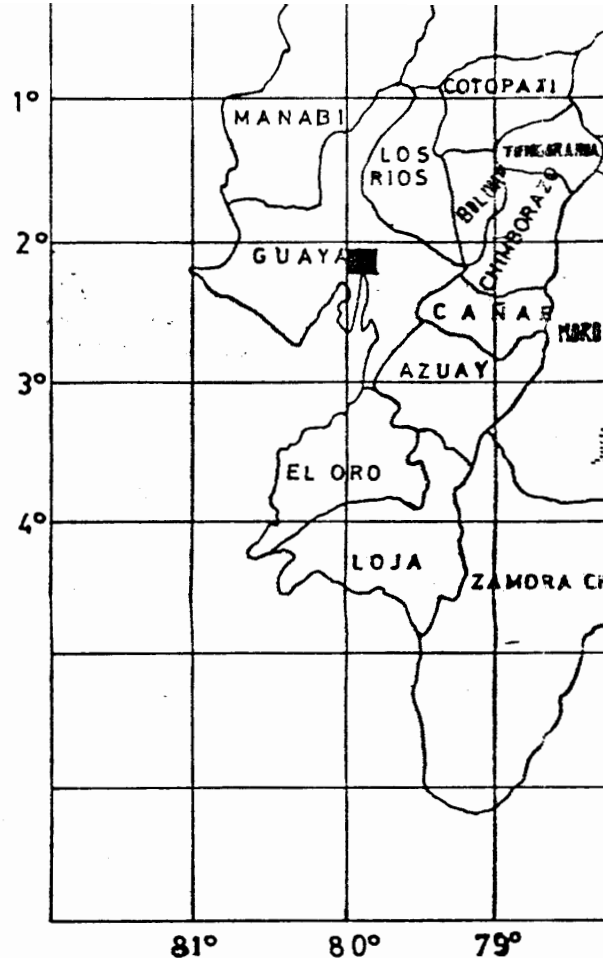
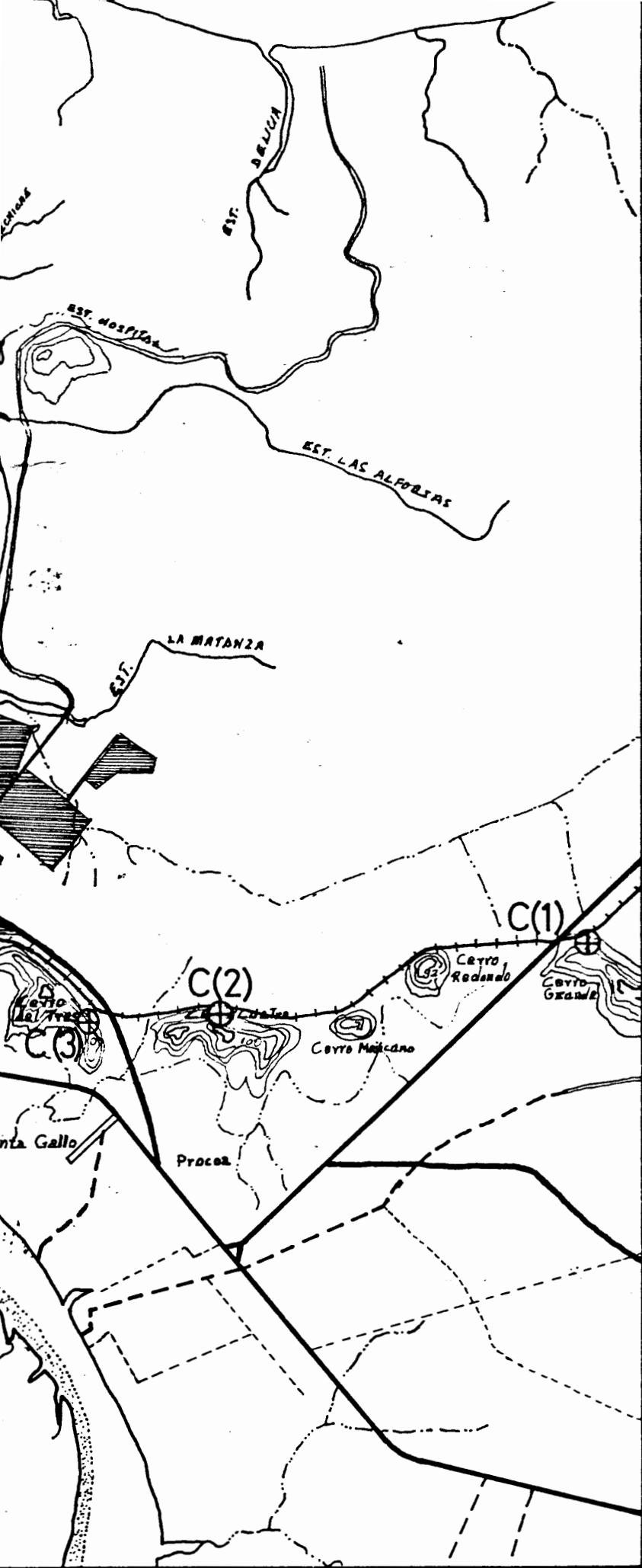
URB. DEL GUAYAS

OS RANCHOS



● SIMBOLOGIA

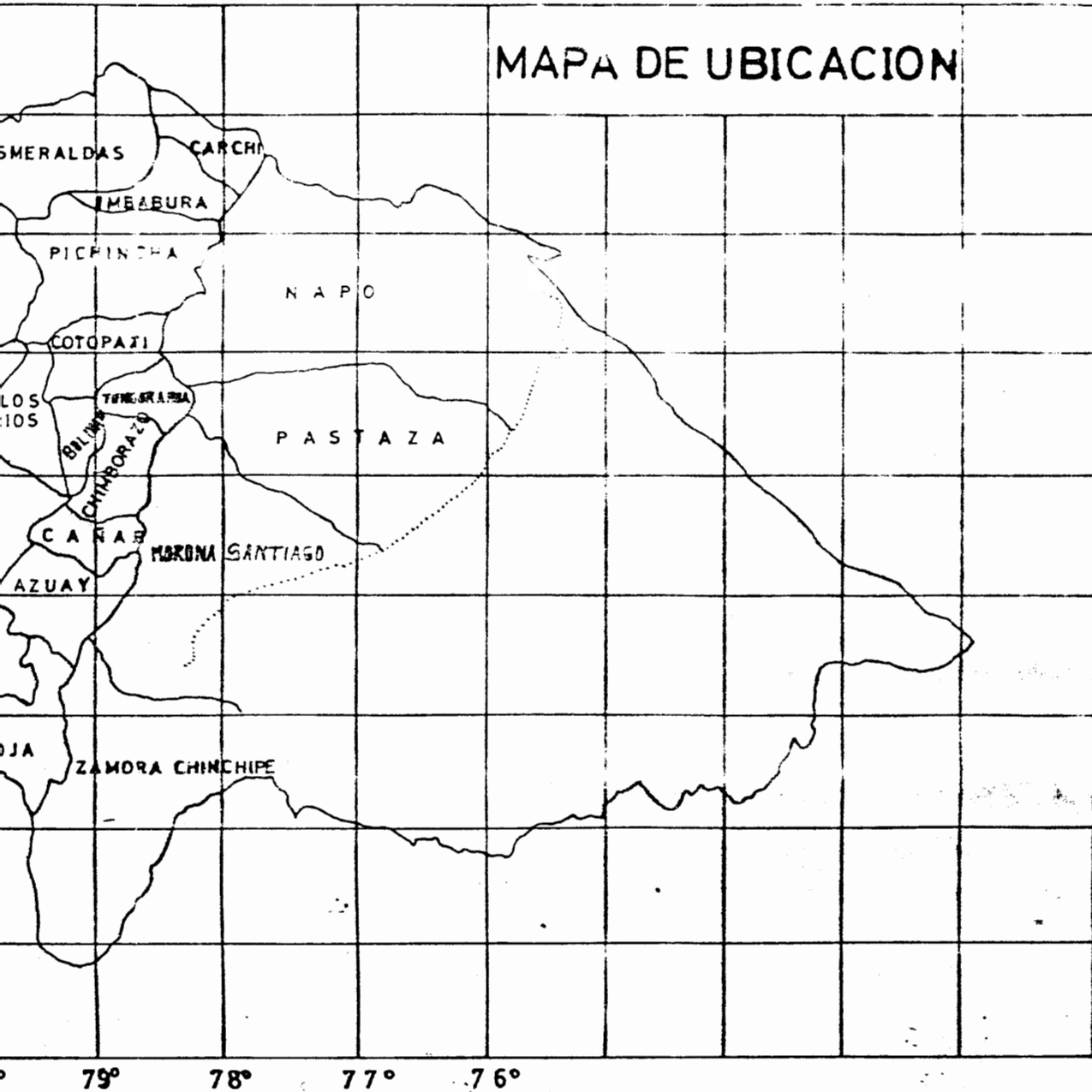
-  CARRETERA PAVIMENTADA
-  CARRETERA LASTRADA
-  CAMINO DE VERANO
-  SENDERO
-  LINEA FERREA
-  DRENAJE
-  ZONA POBLADA
-  CURVA DE NIVEL INDICE
-  CURVA DE NIVEL COMPLEM



● SIMBOLOGIA

- CARRETERA PAVIMENTADA
- CARRETERA LASTRADA
- CAMINO DE VERANO
- SENDERO
- LINEA FERREA
- DRENAJE
- ZONA POBLADA
- CURVA DE NIVEL INDICE
- CURVA DE NIVEL COMPLETO
- SITIOS DE MUESTREO
- CORTE
- N° DEL CORTE O SITIO

MAPA DE UBICACION



RA PAVIMENTADA

RA LASTRADA

DE VERANO

ERREA

E

BLADA

NIVEL INDICE

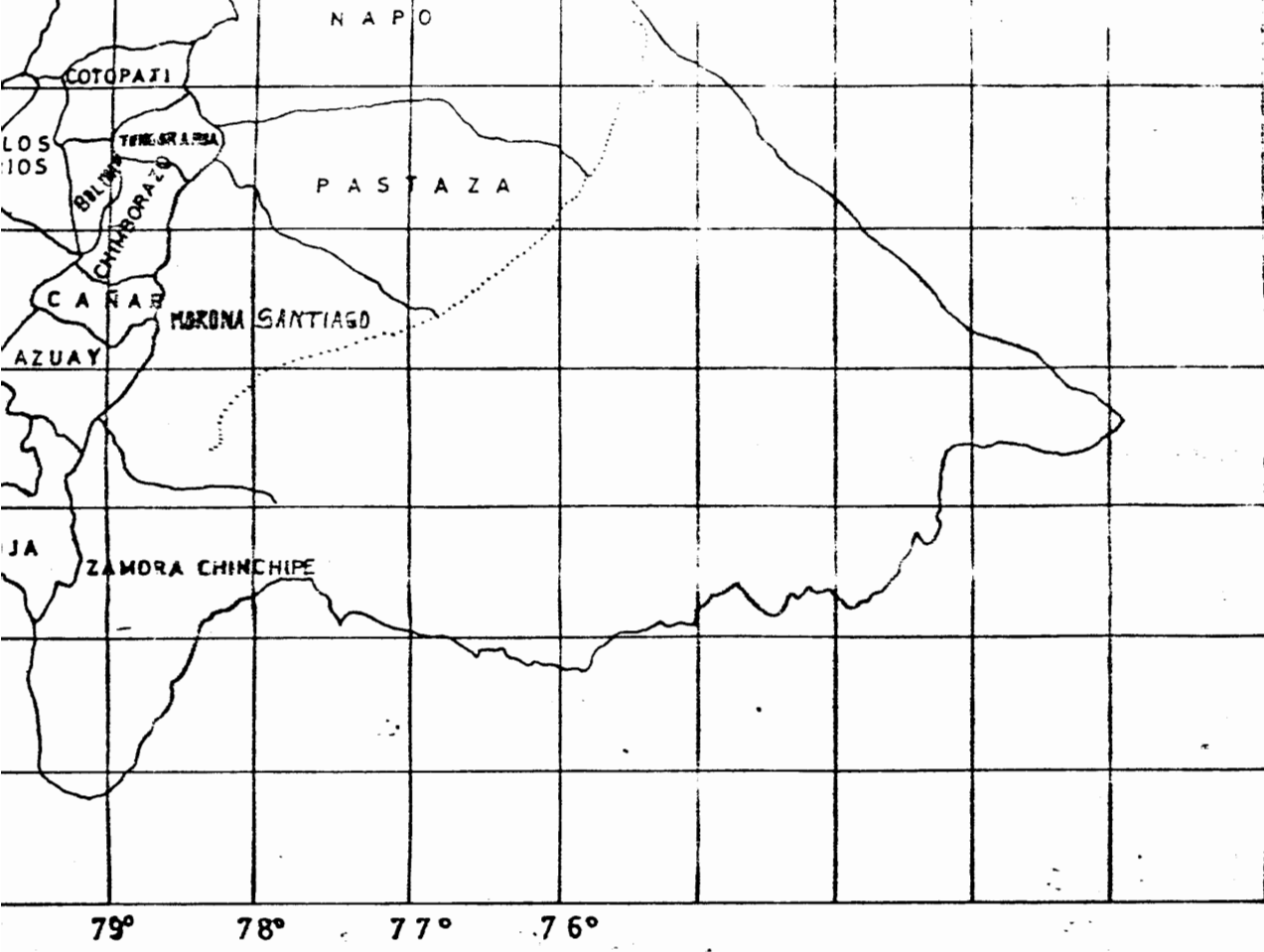
NIVEL COMPLEMENTARIA

E S P O L
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA

FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS y PETROLEOS

AREA DE ESTUDIO



RA PAVIMENTADA
 RA LASTRADA
 DE VERANO

ERREA
 E
 BLADA
 NIVEL INDICE
 NIVEL COMPLEMENTARIA

E MUESTREO
 ORTE O SITIO

E S P O L		
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TESIS DE GRADO		
INGENIERIA GEOTECNICA		
FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS y PETROLEOS		
AREA DE ESTUDIO - UBICACION DE SITIOS DE MUESTREO		
RODOLFO I. MENDOZA R.		
ESC. 1:50000	FECHA: MAYO/89	PLANO #: 1

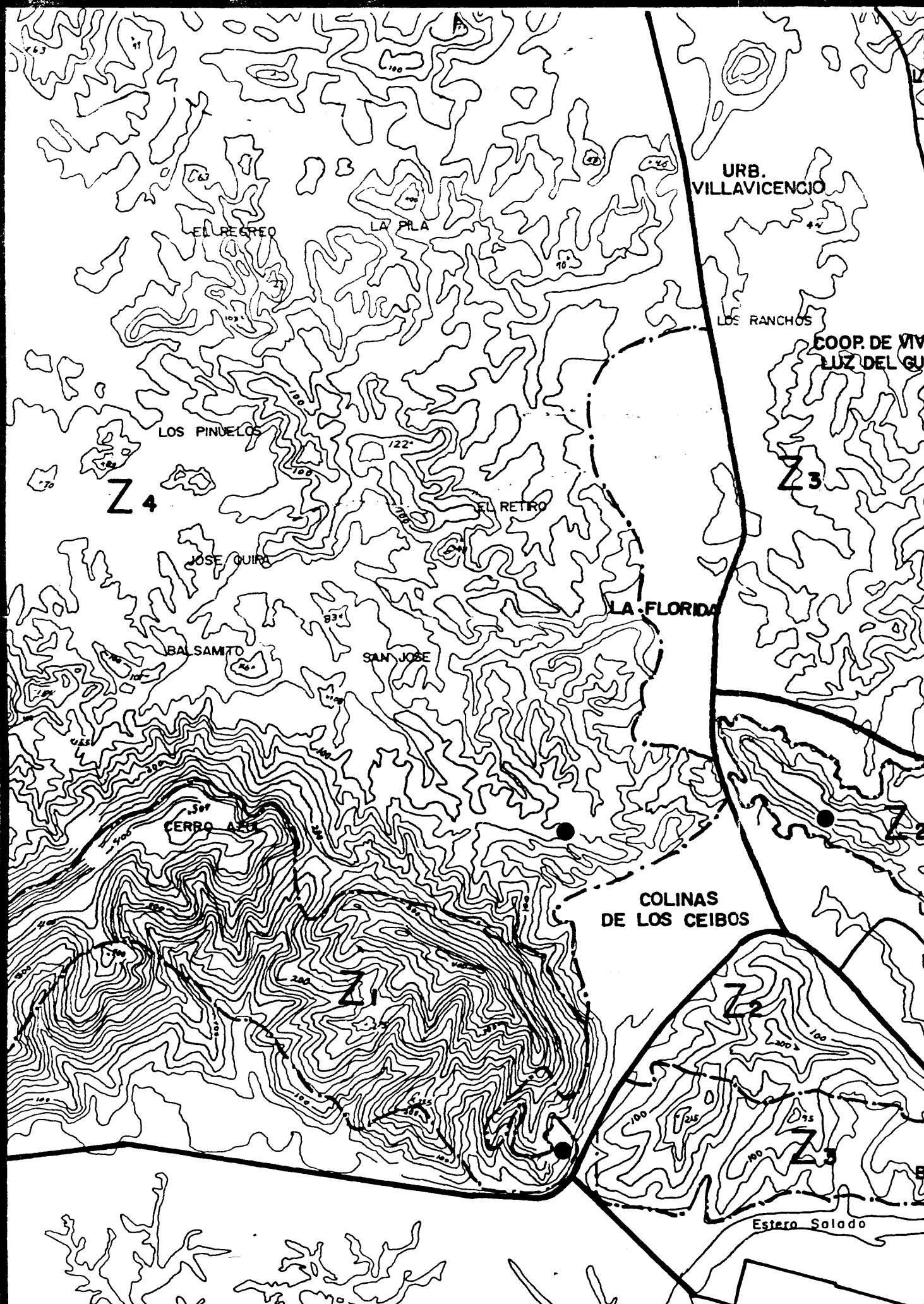
80°00'

2°04'

97°70'

97°65'

97°60'



URB. VILLAVICENCIO

LOS RANCHOS

COOP. DE VIV. LUZ DEL GU.

Z4

Z3

LA FLORIDA

Z2

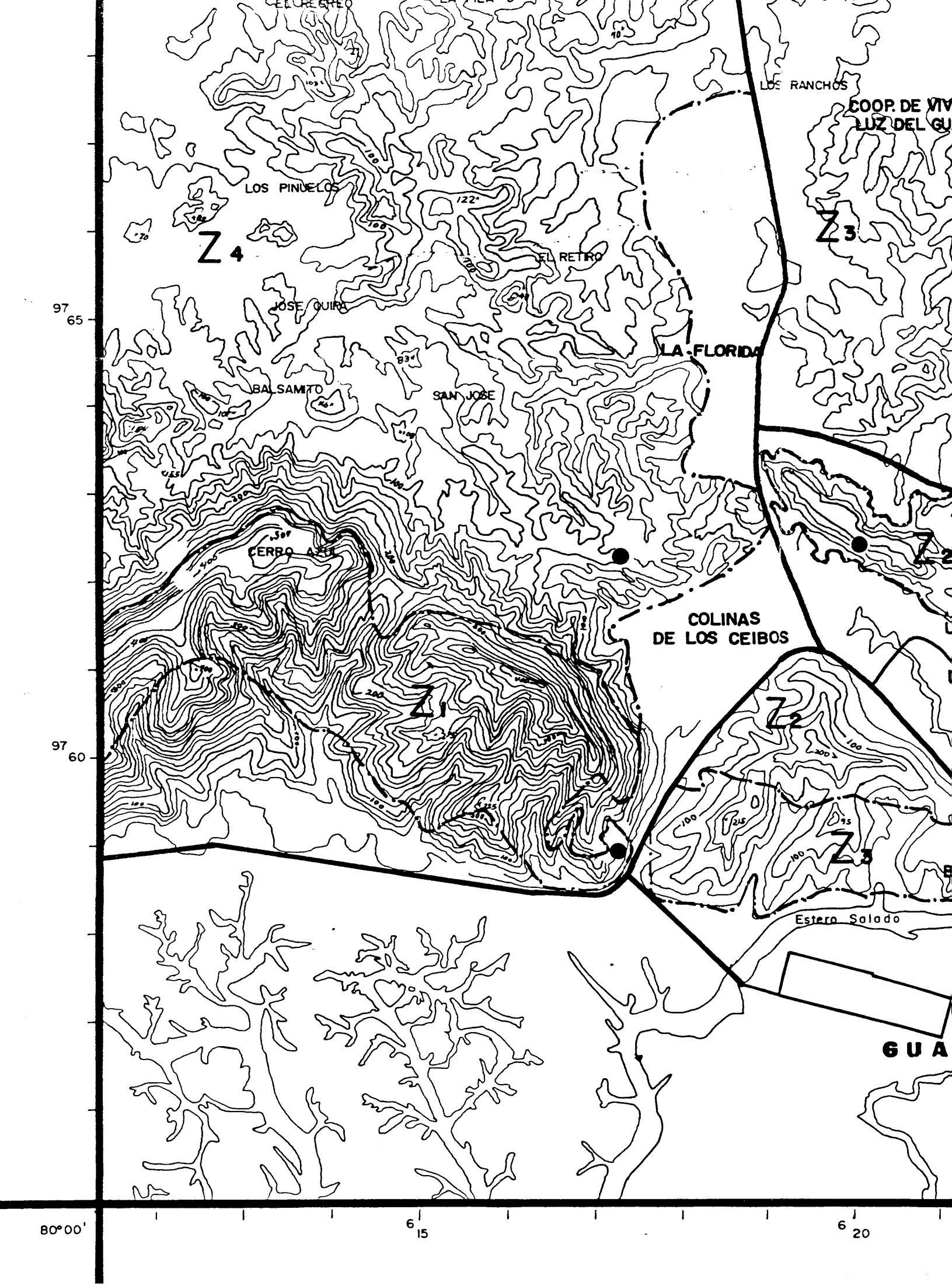
COLINAS DE LOS CEIBOS

Z1

Z2

Z5

Estero Salado



Z4

Z3

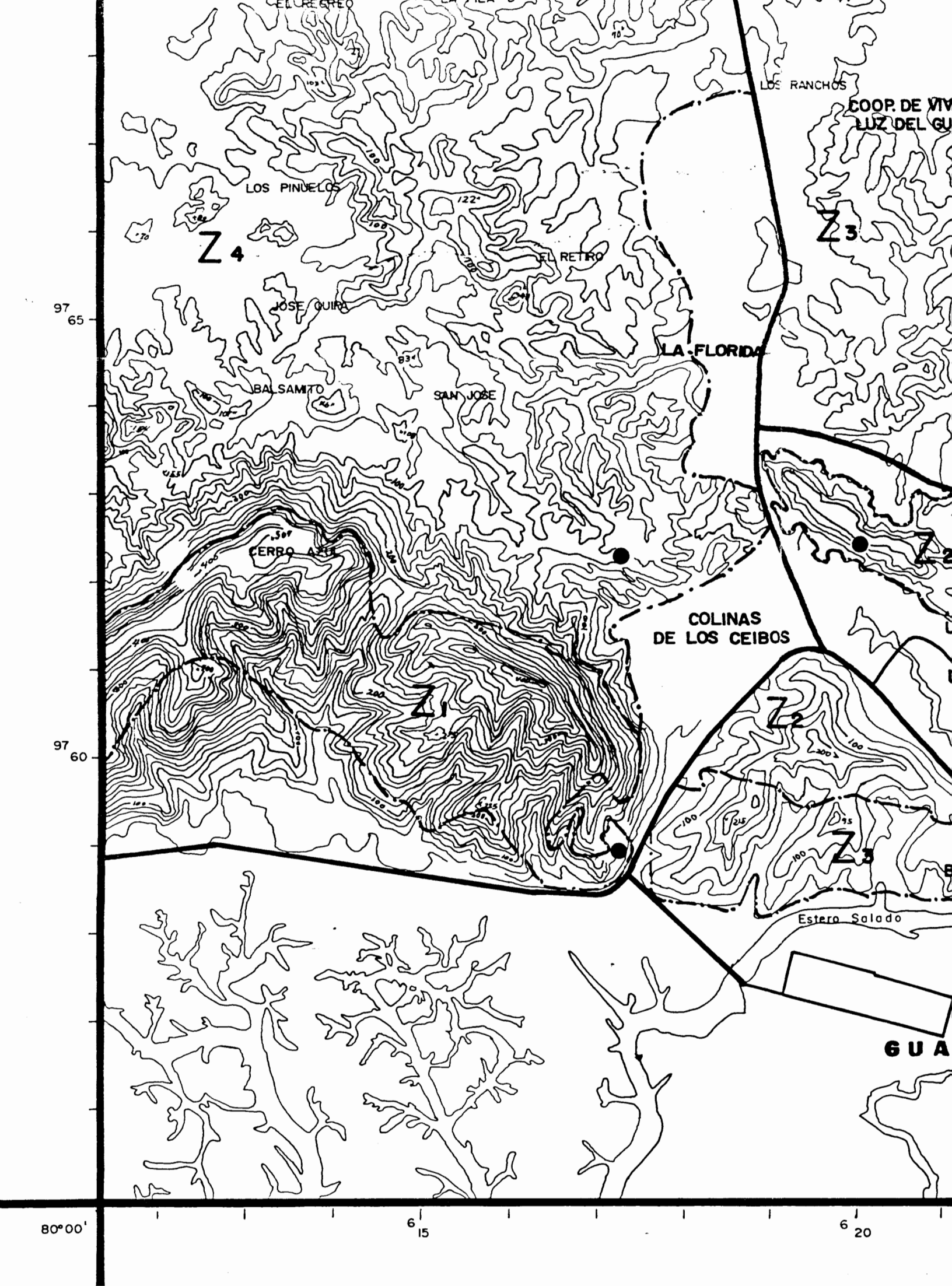
97 65

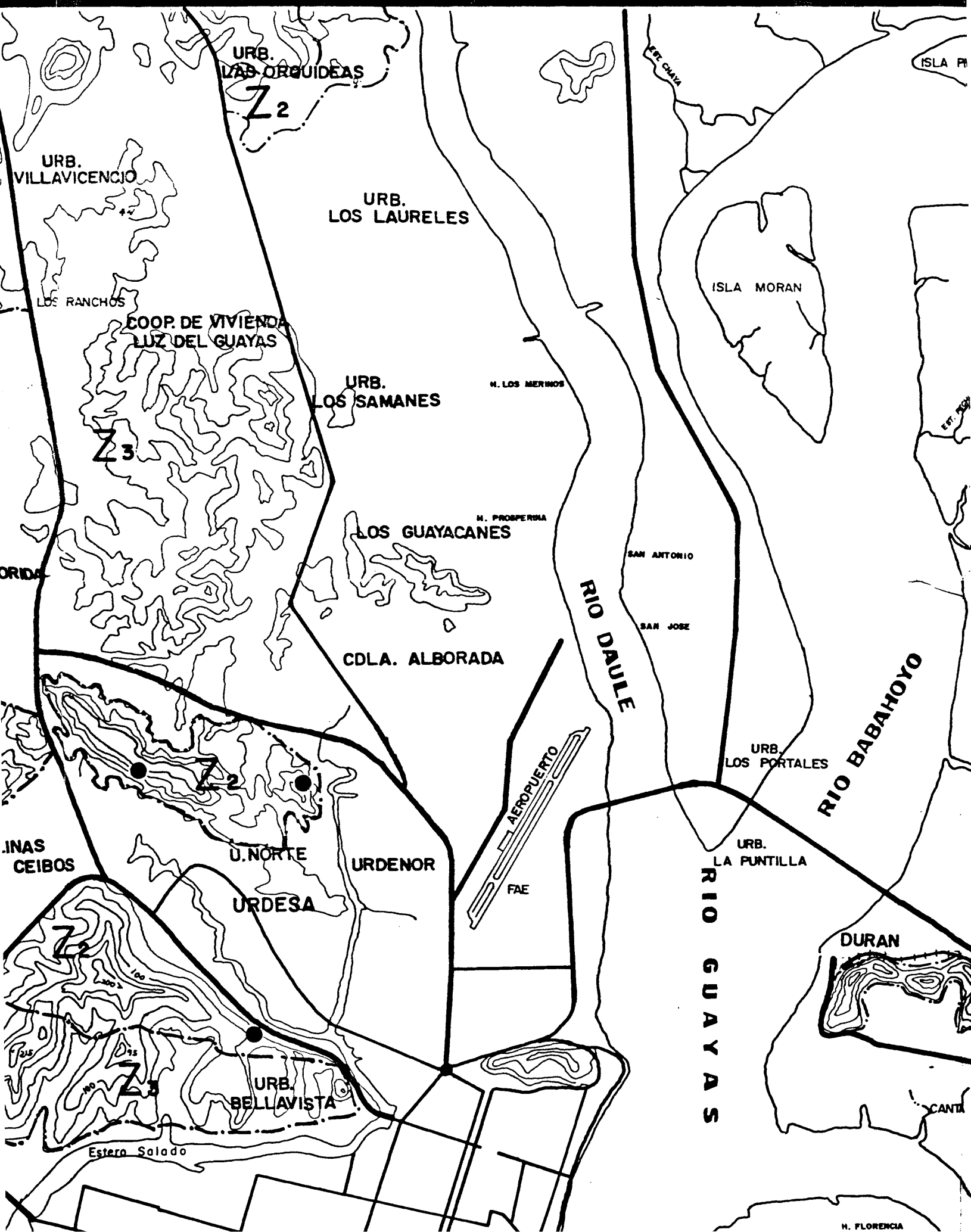
97 60

80° 00'

6 15

6 20





URB. LAS ORQUIDEAS

Z2

URB. VILLAVICENCIO

URB. LOS LAURELES

LOS RANCHOS

COOP. DE VIVIENDA LUZ DEL GUAYAS

URB. LOS SAMANES

M. LOS MERINOS

ISLA MORAN

Z3

LOS GUAYACANES

M. PROSPERINA

SAN ANTONIO

SAN JOSE

CDLA. ALBORADA

RIO DAULE

RIO BABAHOYO

URB. LOS PORTALES

INAS CEIBOS

U. NORTE

URDENOR

AEROPUERTO

FAE

URB. LA PUNTIILLA

URDESA

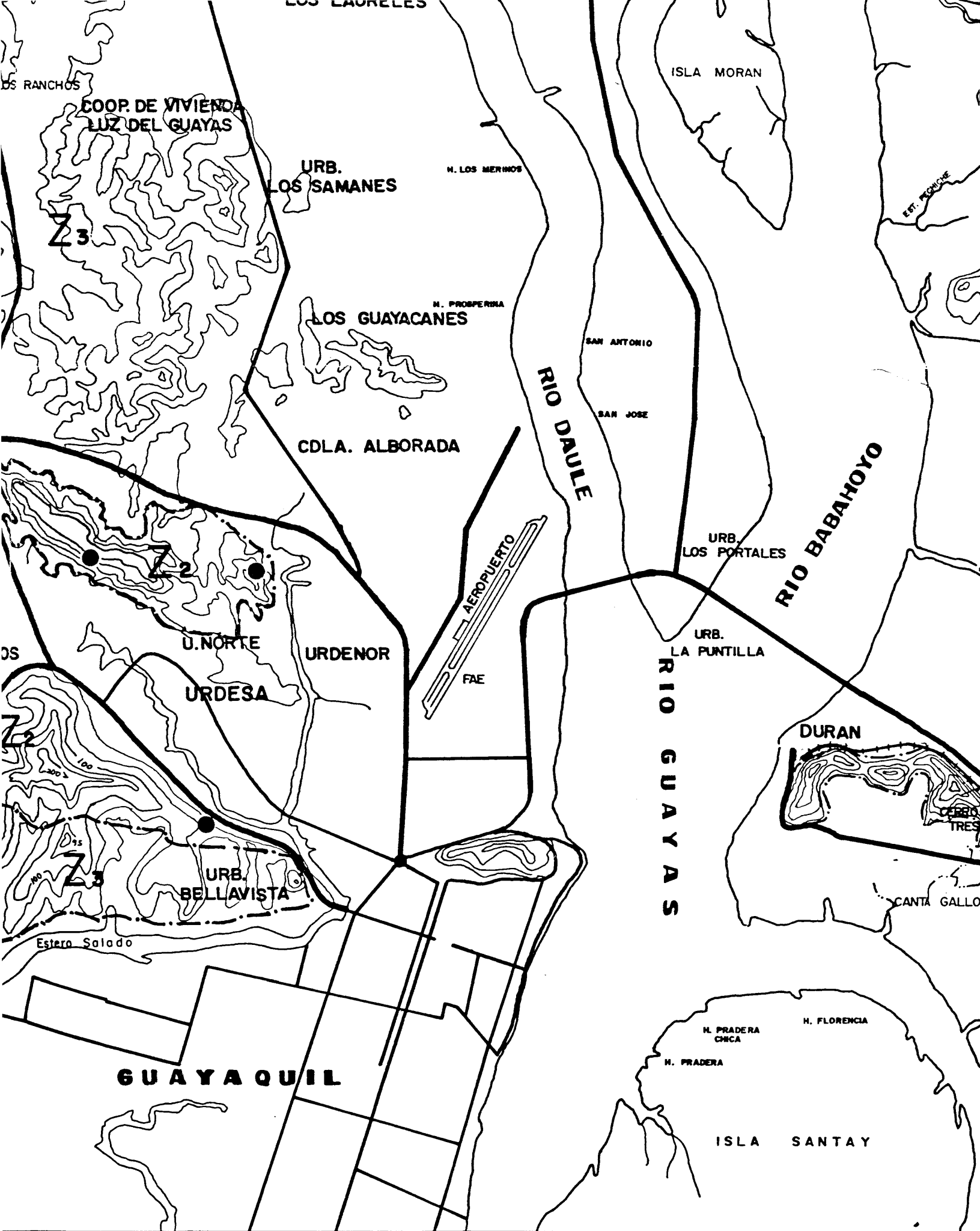
RIO GUAYAS

DURAN

URB. BELLAVISTA

Estero Salado

M. FLORENCIA



LOS RANCHOS

LOS LAURELES

ISLA MORAN

COOP. DE VIVIENDA
LUZ DEL GUAYAS

URB.
LOS SAMANES

H. LOS MERINOS

Z3

H. PROSPERINA
LOS GUAYACANES

SAN ANTONIO

SAN JOSE

CDLA. ALBORADA

RIO DAULE

URB.
LOS PORTALES

RIO BABAHOYO

Z2

U. NORTE

URDENOR

AEROPUERTO

FAE

URB.
LA PUNTILLA

URDESA

RIO GUAYAS

DURAN

LOS

Z1

URB.
BELLAVISTA

CERRO
TRES

Estero Salado

SANTA GALLO

GUAYAQUIL

H. PRADERA
ORCA

H. FLORENCIA

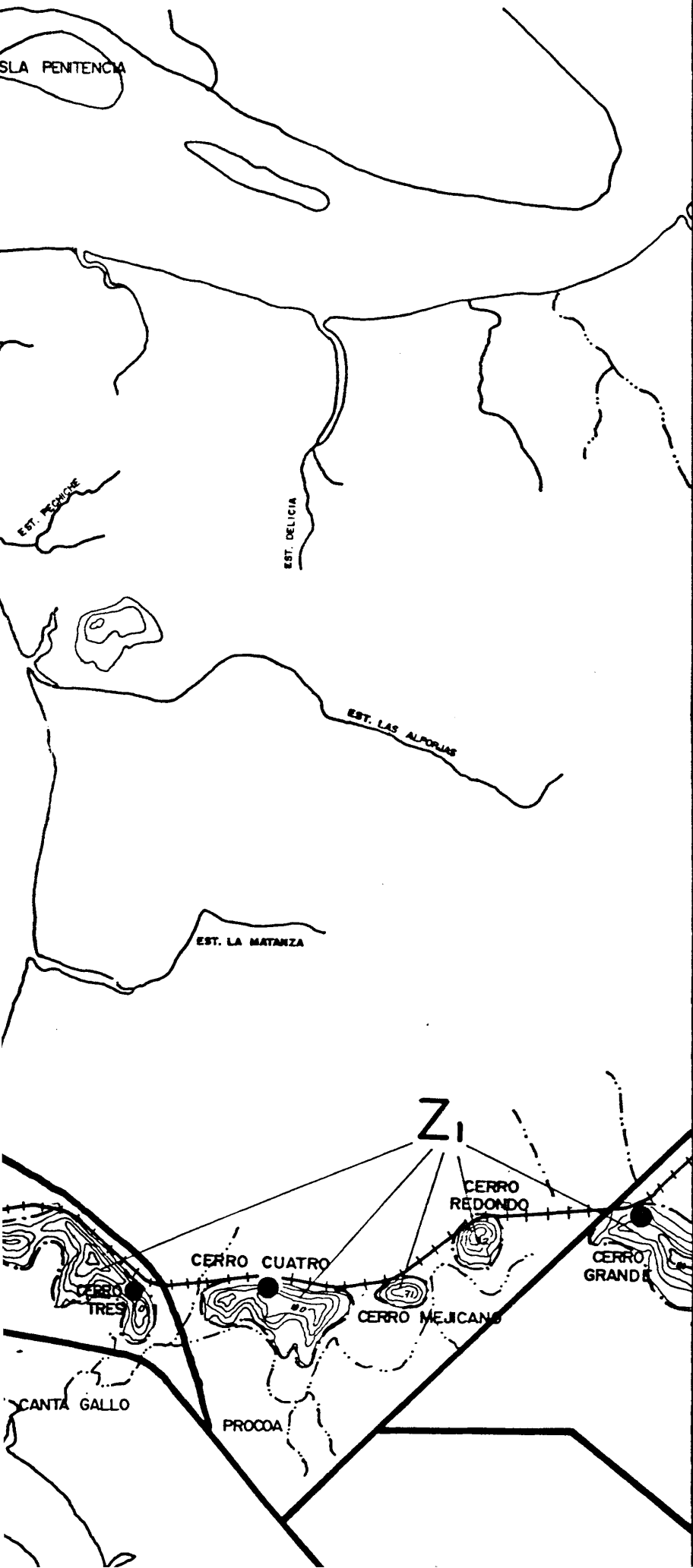
H. PRADERA

ISLA SANTAY

6 20

6 25

6



Z₁

ZONA 1: MATERIAL ALCALINIDAD LUTITAS SILIC

Z₂

ZONA 2: MATERIAL LUTITAS SILI

Z₃

ZONA 3: MATERIALES

Z₄

ZONA 4: AREA CUBIERTA NO REPRESENTADA



VIAS PRINCIPALES



AV. Y CALLES PRINCIPALES

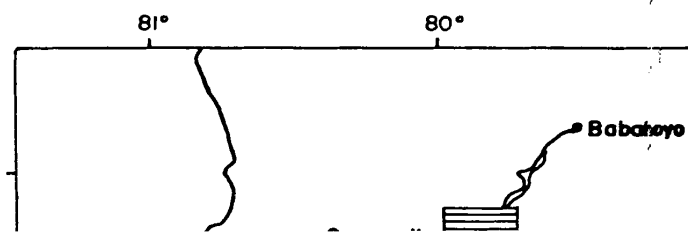


DRENAJE



LIMITE DE ZONAS

MAPA DE UBICACION





LEYENDA

MATERIAL PARA HORMIGON A SER DISEÑADO CON CEMENTO DE BAJA CALIDAD

TITAS SILICIFICADAS, LUTITAS CALCAREAS

MATERIAL PARA PAVIMENTOS Y/O RELLENO

TITAS SILICEAS, ARENISCAS DE GRANO FINO A GRUESO, MICROBRECHAS - BRECHAS

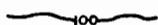
MATERIALES ALTAMENTE METEORIZADOS, AREA NO MUESTREADA

AREA CUBIERTA, POCOS AFLORAMIENTOS, METEORIZADOS, MUESTREO REPRESENTATIVO



SIMBOLOGIA

ES



CURVA DE NIVEL INDICE

PRINCIPALES



CURVA DE NIVEL COMPLEMENTARIA



TALUD DE ESTABILIDAD RELATIVA

NAS



UBICACION

79°

Bobahoyo

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA

FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

MATERIAL PARA PAVIMENTOS Y/O RELLENO

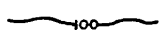
TIPOS SILICEAS, ARENISCAS DE GRANO FINO A GRUESO, MICROBRECHAS - BRECHAS

MATERIALES ALTAMENTE METEORIZADOS, AREA NO MUESTREADA

AREA CUBIERTA, POCOS AFLORAMIENTOS, METEORIZADOS, MUESTREO REPRESENTATIVO

SIMBOLOGIA

ES



CURVA DE NIVEL INDICE

PRINCIPALES



CURVA DE NIVEL COMPLEMENTARIA

AS

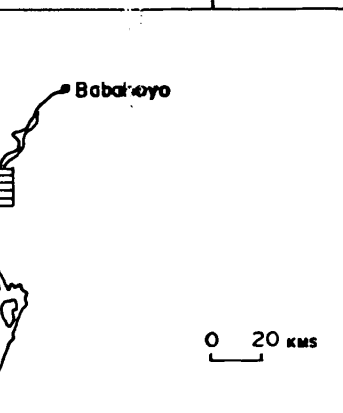


TALUD DE ESTABILIDAD RELATIVA



LOCALIZACION

79°



**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

**TESIS DE GRADO
INGENIERIA GEOTECNICA**

FACULTAD DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

**ZONIFICACION GEOTECNICA
DE MACIZOS ROCOSOS Y MATERIALES DE
CONSTRUCCION EN LA FM. CAYO**

RODOLFO I. MENDOZA R.

ESCALA: 1:50000

FECHA: MAYO / 89

PLANO # 2