



1
552.8
D352



BIBLIOTECA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“Análisis Físico Estadístico de Propiedades Geomecánicas de la Formación Cayo”

PROYECTO DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERA GEOTECNICA**

Presentado por:

ANATOLIA DELGADO VARGAS

Guayaquil, Ecuador

1990

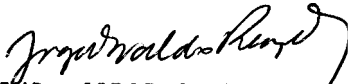
A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. MIGUEL ANGEL CHAVEZ, Director de
este Proyecto de Grado.

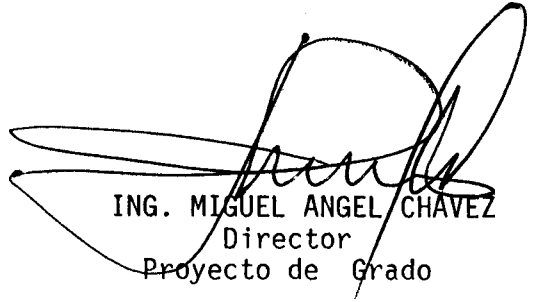
■

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS



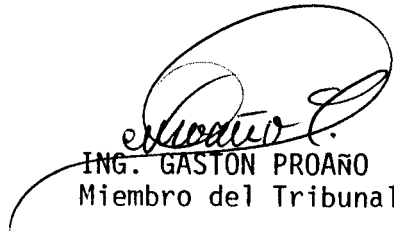
ING. JORGE O. RENGEL
Decano
Facultad de Ingeniería
en Ciencias de la Tierra



ING. MIGUEL ANGEL CHAVEZ
Director
Proyecto de Grado



ING. HUGO EGUEZ
Miembro del Tribunal



ING. GASTON PROAÑO
Miembro del Tribunal

ING. MIGUEL ANGEL CHAVEZ
Director
Proyecto de Grado

DECLARACION EXPRRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, corresponden exclusivamente al autor , y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL IITIG RAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Anatolia Delgado V
.....
ANATOLIA DELGADO VARGAS

R E S U M E N

Este t3pico estudia las propiedades geomec3nicas de la Formaci3n Cayo. Las fuentes de informaci3n de los valones de dichas propiedades son: la tesis de graduaci3n del Ing. Rodolfo Mendoza y el Proyecto T3nel - "El Carmen" presentado por la **ESPOL**.

Se utiliza el m3todo de Regresi3n, por m3nimos cuadrados para hallar la forma como var3an las propiedades. Se presentan **los** valores de las ecuaciones para todos los casos.

Se agrupan valores para rocas con iguales litolog3as sin considerar a qu3 Miembro de la Formaci3n Cayo corresponden.

Los resultados obtenidos permitir3n se3alar algunas conclusiones respecto al comportamiento individual - de estratos as3 como del comportamiento del macizo - rocoso.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VII
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE ABREVIATURAS	XI
INTRODUCCION	1
I. CAPITULO	
GEOLOGIA GENERAL	2
1.1 Descripción litológica	2
1.2 Estructuras geológicas locales ...	4
II. CAPITULO	
PROPIEDADES GEOMECANICAS	8
1.1 Propiedades geomecánicas analizadas	8
2.2 Consideraciones	9
III. CAPITULO	
INTERPRETACION DE RESULTADOS	30
C ONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
B B.LIOGRAFIA	35

INDICE DE FIGURAS

Nº		Pág .
1.	Esquema de ubicación de los sitios de muestreo	7
2.	Relación R_c-Et. Grupos 2 y 13	20
3.	Relación n-R_c. Grupos 7 y 12	20
4.	Relación R_c-d. Grupos 2 y 13	23
5.	Relación R_c-V_p. Grupos 7 y 15	23
6.	Relación n-V_p. Grupos 4 y 16	26
7.	Relación n-V_p. Grupos 2 y 13	26

INDICE DE TABLAS

Nº		Pág.
1.	Propiedades Intrínscas de la referencia 3.	11
11.	Propiedades Intrínscas de la referencia 5.	13
111.	Propiedades extrínscas	14
IV.	Relación entre R_c y E_t	18
V.	Relación entre n y R_c	19
VI.	Valores de n y R_c seleccionados para el - cálculo de regresión.	19
VII.	Relación entre R_c y γ_d	21
VIII.	Valores de R_c y γ_d seleccionados para el - cálculo de regresión.	21
IX.	Relación $R_c - V_p$	22
X.	Valores de n y V_p seleccionados para el - cálculo de regresión.	24
XI.	Relación entre n y V_p	25
XII.	Relación entre R_c y I_s	27
XIII.	Relación entre R_t y R_c	27

INDICE DE ABREVIATURAS

Rc	Resistencia a la compresión simple
Et	Módulo de deformación tangente
Tb	Resistencia a la tracción Brasileira
R	Resistencia al martillo de Schmidt
Is	Resistencia a la carga puntual
Vp	Velocidad sónica
Ed	Módulo de deformación dinámico
n	Porosidad
γ_d	Peso unitario seco
E.S.P.O.L.	Escuela Superior Politécnica del Litoral
%	Porcentaje
Kg	Kilogramo
cm ²	Centímetro cuadrado
cm ³	Centímetro cúbico
m	Metro
s	Segundo
Fig.	Figura

I N T R O D U C C I O N

Cuando se tienen valores de las diferentes propiedades de un material, es conveniente vincularlas entre sí, tanto para tener una mejor visión ingenieril del comportamiento de éste, como para tener una idea de los valores de propiedades cuya determinación incluye más tiempo y dinero, a partir de propiedades que son más fáciles y económicas de obtener.

Para realizar este informe se ha tomado en consideración algunos trabajos de investigación y proyectos de obra realizados en la Formación Cayo, los mismos que están citados en las referencias. Se ha dispuesto de una buena información geológica de la Fm. Cayo de la cual se ha sustraído las partes más importantes, relacionadas con los parámetros geomecánicos.

CAPITULO 1

GEOLOGIA GENERAL

1.1 DESCRIPCION LITOLOGICA.-

La Formación Cayo ha sido dividida en tres miembros geológicos que son: el Miembro Calentura en la base, Miembro Cayo Sensu Stricto o Gayo SS y Miembro Guayaquil o Guayaquil Chert en el tope.

Miembro Calentura.-

Su localidad tipo es la antigua cantera de Calentura 9 Kni al noroeste de Guayaquil. Es un miembro eminentemente calcáreo; las calizas son Oscuras, generalmente arcillosas, con variado grado de silicificación, conteniendo abundantes foraminíferos; hay también lutitas, algunas calcbreas, generalmente negras y con silicificación variable en menor proporción se encuentran areniscas tipo grawacka y lavas volcánicas.

Su espesor medio alcanza los 150 m, pero es posible que llegue hasta los 200 m.

Miembro Cavo SS.-

Su localidad tipo es la orilla sur de la Bahía - de Cayo, de potencia hasta los 2.000m. Se presenta como una alternancia de brechas, microbrechas formadas por 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 regular o mala clasificación. También constan areniscas tobáceas gruesas y finas y lutitas con un elevado porcentaje de vidrio. Thalman (1946) le asigna la edad senoniano, llegando posiblemente al Maestrichtiano.

Miembro Guayaquil.-

Su localidad tipo es la cantera frente al puente **cerca** al Estero Salado en la salida oeste de Guayaquil. Consiste de lutitas silicificadas con módulos de pedernal, en capas delgadas de color gris claro a gris oscuro, e intercalaciones de lu

titas tobáceas y tobas de color gris oscuro a ber-
doso en estratos bien definidos. Localmente la ro
 ca puede ser reemplazada por sílice, observándo-
 se también vetas de sílice y cuarzo. Su poten -
 cia es alrededor de los 400 a 500 m y su edad ~~s-~~
 gún Thalman (1946) y Bristow (1976) corresponde al
 Cretáceo Superior.

1.2 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS LOCALES.-

Estratificación.-

En general las rocas en los afloramientos estu -
 diados forman parte de una gran estructura mono-
 clinal con rumbo promedio E-O, y con un buzamien-
 to promedio de 10° a 30° S - SW.

Diaclasas.-

Todas las rocas están diaclasadas, en menor in -
 tensidad las brechas, le siguen las areniscas y
 las más afectadas son las lutitas; ocurren en to-
 das direcciones, siendo las preferenciales **N-NO** ,
N-NE,N con un buzamiento entre los 70° y 90" ha-
 cia el Este y el 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 las diaclasas, 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.

Fallas. -

Las fallas observadas en los afloramientos son normales, con pequeños desplazamientos, cuyas direcciones predominantes son N y **N-NE** subverticales.

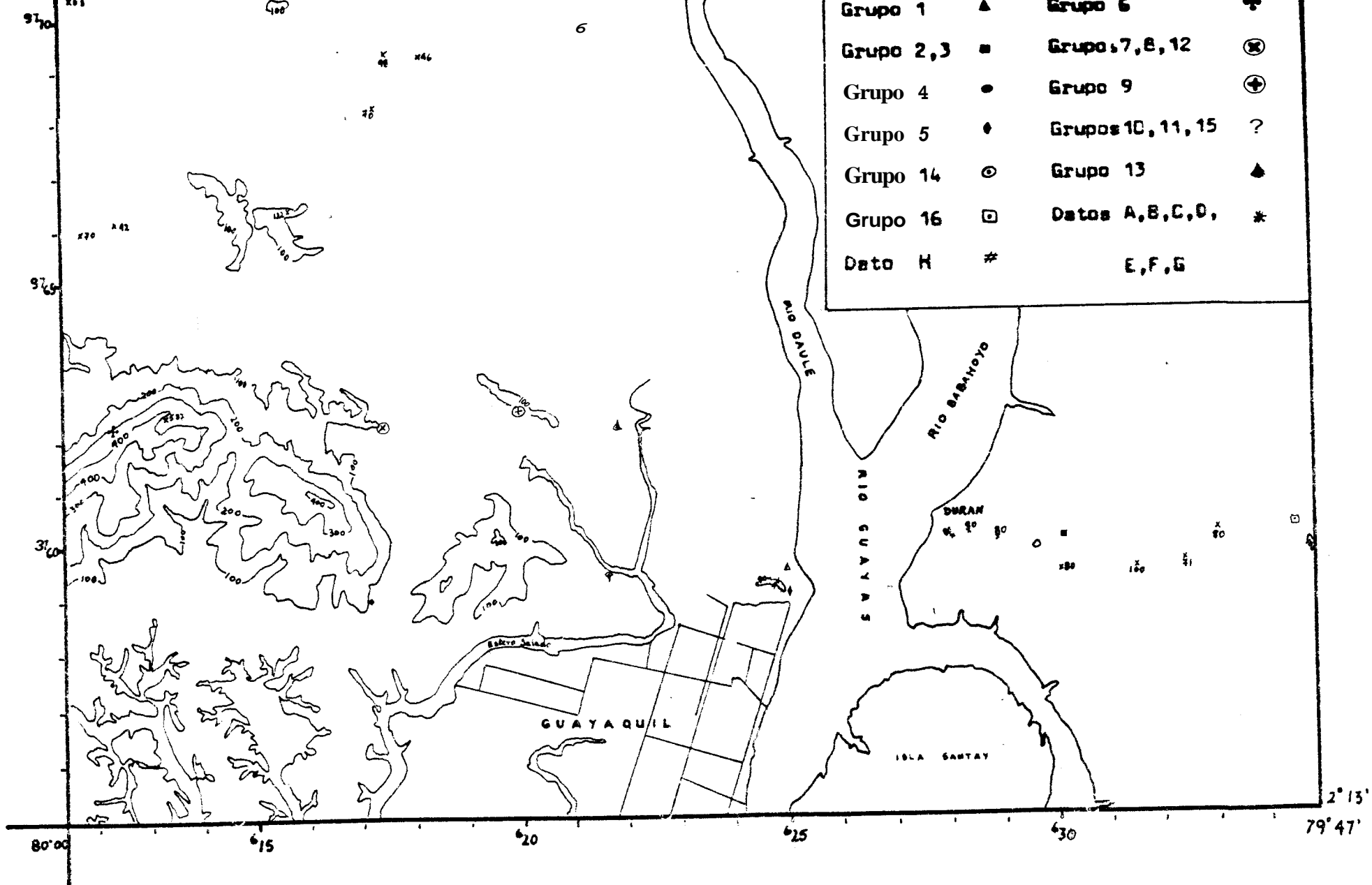
Pliegues. -

Son más frecuentes en las lutitas del Miembro Guayaquil.

Todo lo referente a la descripción litológica y a las estructuras geológicas locales fue tomado de la referencia (7).

Ver Figura 1 para los sitios de muestreo.

,



Grupo 1	▲	Grupo 6	⬆
Grupo 2,3	■	Grupo 7,8,12	⊗
Grupo 4	●	Grupo 9	⊕
Grupo 5	◆	Grupos 10, 11, 15	?
Grupo 14	⊙	Grupo 13	▲
Grupo 16	□	Datos A,B,C,D,	*
Dato H	#	E,F,G	

97° 10'
97° 05'
31' 00'
80° 00' 615 620 625 630 79° 47'

GUAYAQUIL

ISLA SANTAY

DURAN

RIO DAULE

RIO GUAYAS

RIO SARINYOYO

Barro Seco

CAPITULO 11

PROPIEDADES GEOMECHANICAS'

2.1 PROPIEDADES GEOMECHANICAS ANALIZADAS.-

Las propiedades geomecánicas se clasifican en intrínsecas y extrínsecas.

Las propiedades extrinsicas son aquellas que se obtienen bajo la acción de agentes externos y se considerarán **las** siguientes:

- Resistencia a la compresión simple (R_c)
- Módulo de deformación tangente (E)
- Resistencia a la tracción Brasilera (T_b)
- Resistencia al marillo de Schmidt (R_λ)
- Resistencia a la carga puntual (**Is**)
- Velocidad Sónica (V_p)
- Módulo de deformación dinámico (E_d)

Las propiedades intrínsecas son aquellas que caracterizan al maciso rocoso y no se requiere de

agente externo para determinarlas ; se analizarán las siguientes:

- Porosidad (n)
- Peso unitario (γ_d)

Si se desea mayor información sobre las fórmulas físicas y procedimiento de laboratorio para determinar las propiedades se recomienda consultar la referencia (7)

2.2 CONSIDERACIONES.-

Este trabajo intenta correlacionar ciertas propiedades intrínsecas (las mismas que son más fáciles y económicas de obtener) con propiedades extrínsecas (cuya determinación es más laboriosa y costosa), para ello se utilizarán los datos proporcionados por las referencias (7) y (5), los mismos que corresponden a ensayos realizados en roca sana, esto es, no fracturada.

Para las distintas regresiones se utilizó el método de los mínimos cuadrados. Así para la regre-

sión lineal, las fórmulas matemáticas usadas fueron:

$$y_i = A + B x$$

$$B = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$A = \Sigma y - B \cdot \Sigma x$$

$$r = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{\sqrt{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}}$$

Propiedades Intrínsecas referencia 7

Grupo o Dato	Nombre de la roca	Miembro	Coordenadas	Probeta!, No	n (%)	γ_d (Kg/cm ³)
1	Arenisca Calcárea	Cayo SS	624980-9759225			
2	Arenisca Tobácea	Cayo SS	630200-9759800	1	14.55	2.15
				2	14.63	2.11
				3	15.40	2.14
3	Lutita	Cayo SS	630200-9759800	1	8.23	2.42
				2	6.70	2.46
				3	7.16	2.47
4	Lutita Silici- ficada	Guayaquil	617125-9750925	1	0.68	2.37
				2	1.17	2.40
				3	1.68	2.39
5	Chert	Guayaquil	524900-9759070	1	0.95	2.37
				2	1.46	2.40
				3	4.96	2.53
6	Chert	Guayaquil	612300-9762000	1	4.74	2.30
				2	3.79	2.40
				3	3.18	2.41
7	Microbrecha	Cayo SS	617295-9762270	1	0.30	2.26
				2	10.76	2.21
				3	8.56	2.20
6	Arenisca de grano fino	cayo SS	617295-9762270	1	15.87	2.02
				2	13.99	2.07
				3	14.31	2.05

Continuación de la Tabla 1

Grupo o Dato	Nombre de la roca	Miembro	Coordenadas	Probeta	Propiedades Intrínsecas	
				NQ	n (%)	γ_d (Kg/cm ²)
9	Arenisca de grano grano medio	Cayo SS	620000-9762500	7	1-32	2.19
				2	1.66	2.18
				3	1.77	2.18
10	Arenisca de grano muy grueso	Cayo SS	621590-9759455	1	10.23	2.22
				2	9.91	2.21
				3	10.16	2.22
11	Arenisca da grano fino	Cayo SS	621590-9759455	1	17.43	2-09
				2	16.94	2.09
				3	15.72	2.14
12	Brecha	Cayo SS	617295-9762270	1	13.47	2.28
				2	13-41	2.23
				3	16.54	2.28
13	Arenisca Tobácea de grano muy fino	Cayo SS	621870-9762240	1	3.40	2.41
				2	2-06	2-40
				3	1.15	2.39
14	Arenisca Feldespática	Calentura	621375-9769715	1	3.26	2-50
				2	2.77	2-59
				3	3.09	2.58
15	Microbrecha	Cayo SS	621590-9759455			

Continuación de la Tabla I

Grupo	Nombre de la roca	Miembro	Coordenadas	Probeta		
				NQ	n (%)	$\gamma_d(\text{Kg/cm}^3)$
16	Lutita	Cayo SS	634400-9760300	1	5.20	2.34
				2	6.50	6.34
				3	7.00	2.46

TABLA II

Propiedades Intrínsecas referencia 5

Dato	Nombre de la roca	Miembro	Abcisa en el techo del tunel	Probeta NQ	n (%)	$\gamma_d(\text{Kg/cm}^3)$
A	Arenisca Calcárea	Guayaquil	0+240	P02-21	14.99	2.23
B	Arenisca Calcárea	Guayaquil	0+240	P02-22	15.03	2.24
C	Arenisca Calcárea	Guayaquil	0+266.5	FOZ-24	11.24	2.43 1
O	Arenisca Calcárea	Guayaquil	0+280.5	P02-28	17.92	2.178
E	Arenisca Calcárea	Cayo SS	0+418	P02-46	14.72	
F	Arenisca Calcárea	Guayaquil	0+266.5	P02-24*	10.12	2.357
6	Arenisca Calcárea	Guayaquil	0+266.5	P02-24"	12.69	2.31
H	Microbrecha	Cayo SS	0+401	P01-44	12.45	

Los datos de esta tabla corresponden a los desarrollados en el Proyecto Tunel 'El Carmen' presentado por la E.S.P.O.L.

TABLA 111

Propiedades Extrínsecas

Grupa o Dato	Probeta NQ	Rc Kg/cm ²	Et *10 ⁵ Kg/cm ²	Tb Kg/cm ²	R Kg/cm ²	Is Kg/cm ²	Vp *10 ³ m/s	Ed *10 ⁵ Kg/cm ²
1	P02-1	303	2.19				2.00	0.93
	P02-2	294	1.75				1.31	0.40
	P02-3	283	1.70				1.99	0.96
	P02-4	463	1.84				1.97	0.93
2	3A-1	691	1.71	53.1		19.5	2.37	1.35
	3A-2	610	1.42	49.4		23.3	2.30	1.35
	3A-3	615	1.61	53.3		22.5	2.37	1.34
	3A-4	680	1.62	60.0		21.2	2.53	1.49
	3A-5	700	1.47	54.2		18.1	2.42	1.41
3	31-1	805		85.1	105	59.8		
	31-2	023		100.9	176	5708		
	3L-3	810		98.2	520	75.7		
4	4-1	705	10	107.5	422	114.6	5.4	7.49
	4-2	725	11.3	102	352	747	5.47	7.72

Propiedades Extrinsicicas

Grupo o Dato	Probeta NR	Rc Kg/cm ²	Et •10 ⁵ Kg/cm ²	Tb Kg/cm ²	B Kg/cm ²	I _B Kg/cm ²	Vp •10 ³ m/s	Ed •10 ⁵ Kg/cm ²
7	68-1	835	2.63	71.6		47	3.79	3.46
	68-2	730	2.38	89.8	176	47	3.72	3.32
	68-3	830	2.74	65.3		47	3.75	3.38
	68-5	815	2.58	56.8		38	3.76	3.43
	68-4	600	2.30	75.5	741	46.7	3.59	3.13
8	65-1	741	7.04	60.3		62	4.63	4.55
	65-2	650	5.89	72	422	57.5	4.62	4.50
11	9L-1	860	3.39	103.2		37.9	4.00	3.69
	9L-2	855	3.33	74.0		41	3.97	3.68
	9L-3	840	3.63	61.8	704	55.3	3.99	3.68
	9L-4	830	3.20	100.8	680	52.5	4.05	3.78
	9L-5	850	3.12		599	38.3	3.89	3.52
12	10-1	690	1.92	66.2		43.4	3.83	3.33
	10-2	730	2.13	71.5		50.6	4.04	3.84
	10-3	730	2.10	63.2	105	37.0	4.02	3.66
	10-4	575	1.82	66.2		50.4	3.76	3.24

Continuación de la tabla III

Propiedades Extrínsecas

Grupo o Dato	Probeta No	Rc Kg/cm ²	Et *10 ⁵ Kg/cm ²	Tb Kg/cm ²	R Kg/cm ²	Is Kg/cm ²	Vp *10 ³ m/s	Ed *10 ⁵ Kg/cm ²
13	11-1	030	5.58	88.8		56.1	4.83	5.61
	11-2	835	5.00	109.6		20.0	4.50	5.13
	11-3	835	5.78	123.9		33.9	4.79	5.52
	11-4	040	4.54	55.7		27.7	4.04	5.68
14	12-1	620	1.35	47.7		18.5	3.20	2.01
	12-2	600	1.56	63.2		20.0	3.31	2.06
	12-3	675	1.46	35.0		18.9	3.20	2.67
	12-4	625	1.67	43.0		17.4	3.26	2.77
	12-5	540	1.52			19.1	3.37	2.79
15	9A-1	443	3.60	41.4		19.7	2.56	1.48
	9A-2	435	3.40	37.1	176	19.7	2.48	1.38
	9A-3	415	3.26	38.7		19.1	2.46	1.36
16	1-1	825	2.95	114.4	267	84.8	4.73	5.66
	1-2	822	3.43	179.3		77.4	4.60	5.33
	1-3	025	3.00	101.3		75.6	4.71	5.63
	1-4	825	3.07	129.5		69.1	4.62	5.35

Continuación de la Tabla III
Propiedades Extrínsecas

Grupo o Dato	Probeta	Rc Kg/cm ²	Et *10 ⁵ Kg/cm ²	Tb Kg/cm ²	R Kg/cm ²	Is Kg/cm ²	Vp *10 ³ m/s	Ed *10 ⁵ Kg/cm ²
16	1-5	826	3.08	126.0		83.1	4.77	5.78
A	PO2-21	439,					2.50	
B	PO2-22	349					1.84	
C	PO2-24	463	3.57				3.13	
D	PO2-28	381				2.44	2.38	
E	PO2-46	425				2.46		
F	PO2-24'						3.63	
G							2.40	
H							3.08	

TABLA I V

Relación entre Rc y Et

Rc = y (Kg/cm²)E= x (Kg/cm²)

Grupo o Dato	Regresión Lineal $y=A+B*x$	Regresión Logarítmica $y=A+B*\ln(x)$	Regresión Expancncial $y=A*e^{B*x}$	Regresión Potencial $y=A*x^B$
2 y 13	A=588.81 B=4.65*10 ⁻⁴ r=0.935	r=0 .95	r=0 .92	r=0 .94
7	A=-507.3 B=5.025*10 ⁻³ r=0.91	r=0 .93	r=0 .899	r=0 .92
7 y 1.	A=197.5 B=2.31*10 ⁻³ r=0 .79	r=0 .79	r=0 .79	r=0.77
7 Y 15	A=1444 .3 B=-2 .61*10 ⁻³ r=-0 .76	r=-0 .92	r=-0.76	r=-0 .76
12	A=-220.7 B=452.6 r=0.91	r=0 .92	r=0 .90	r=0.91
12 y 15	A=985 B=-1 .57*10 ⁻³ r=-0 .86	r=-0 .65	r=-0 .67	r=-0 .86
8 y 11	A=982 B=-4 .22*10 ⁻⁴ r=-0 .84	r=-0 .86	r=-0 .82	r=-0 .85

TABLA V

Relación entre n y Rc

n= x (%)

Rc= y (Kg/cm²)

Grupo o dato	Regresión Lineal $y=A+B*x$	Regresión Logarítrica $y=A+B*\ln(x)$	Regresión Exponencial $y=A*e^{B*x}$	Regresión Potencial $y=A*x^0$
16	A=834.5 B=-1.54 r=-0.94	r=-0.92	r=-0.71	r=-0.70
2 y 13	A=859.1 B=-11.17 r=-0.997	r=-0.50	r=-0.996	r=-0.5
7 y 12	A=996.1 B=-18.96 r=-0.98	r=-0.97	r=-0.98	r=-0.98

TABLA VI

Valores de n y Rc seleccionados para el cálculo de Regresión

Grupo	n(%)	Rc (Kg/cm ²)	Grupo	n(%)	Rc (Kg/cm ²)
16	5.2	826	7	8.3	835
	6.48	825		8.56	830
	6.5	025		10.76	815
	7.8	022	12	13.41	730
2	14.55	700		13.47	730
	14.63	691		16.54	690
13	1.15	840			
	2.06	035			
	3.40	830			

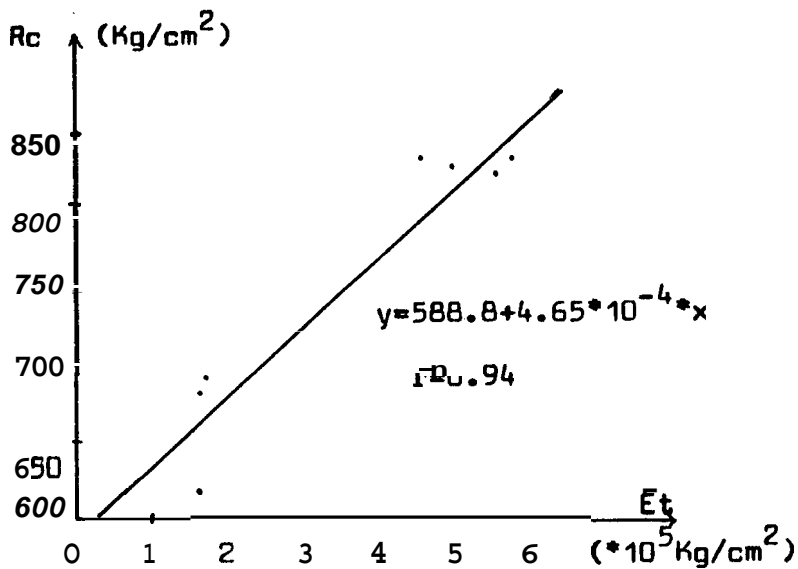


Fig.2.-Relación Rc-Et. Grupos 2 y 13

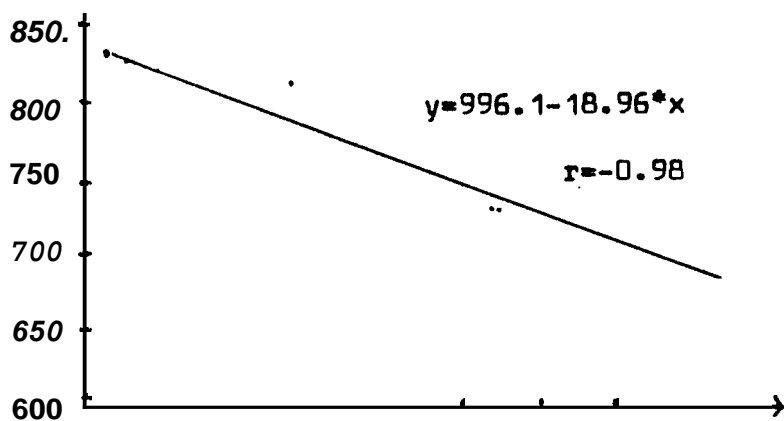


Fig.3.-Relación n-Rc . Grupos 7 y 12

TABLA VII

Relación entre R_c y γ_d

$R_c = y$ (Kg/cm²) $\gamma_d = x$ (gr/cm³)

Grupo o Dato	Regresión Lineal $y=A+B*x$	Regresión Logaritmica $y=A+B*\ln(x)$	Regresión Exponencial $y=A*e^{B*x}$	Regresión Potencial $y=A*x^B$
2 y 13	A=-707.9 B=643.6 r=0.97	r=0.97	r=0.96	r=0.96
A,B,C y 0	A=-484.7 e-393.4 r=0.83	r=0.03	r=0.83	r=0.83

TABLA VIII

Valores de R_c y γ_d , seleccionados para el cálculo de regresión

Grupo o Dato	γ_d (gr/cm ³)	R_c (Kg/cm ²)
2	2.11	610
	2.14	691
	2.15	700
13	2.39	830
	2.40	835
	2.41	840
A	2.23	439,
B	2.24	349
C	2.43	463
D	2.18	381

TABLA IX
Relación Rc - Vp

Grupo o Dato	Regresión Lineal $y=A+B*x$	Regresión Logaritmica $y=A+B*\ln(x)$	Regresión Exponencial $y=A*e^{B*x}$	Regresión Potencial $y=A*x^e$
A, C, D y 1	A=110.8 B=0.112 r=0.87	r=0.82	r=0.87	r=0.82
16	A=749.4 B=0.016 r=0.77	r=0.77	r=0.77	r=0.77
2 y 13	A=459.8 B=0.0789 r=0.96	r=0.96	r=0.95	r=0.96
7	A=3887.4 B=1249.2 r=0.97	r=0.90	r=0.98	r=0.90
7 Y 15	A=-273.3 B=0.279 r=0.95	r=0.94	r=0.97	r=0.96
12	A=-1139.8 B=0.465 r=0.88	r=0.89	r=0.07	r=0.88

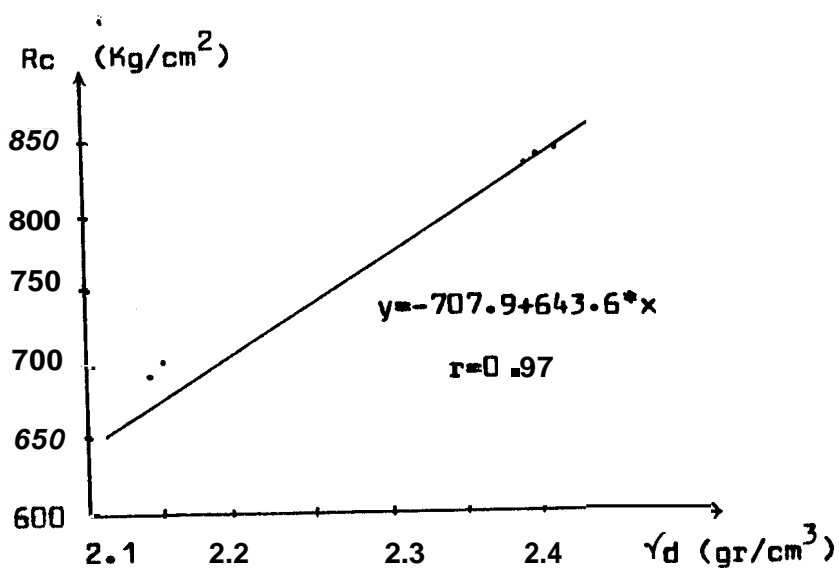


Fig. 4.- Relación Rc- d. Grupos 2 y 13

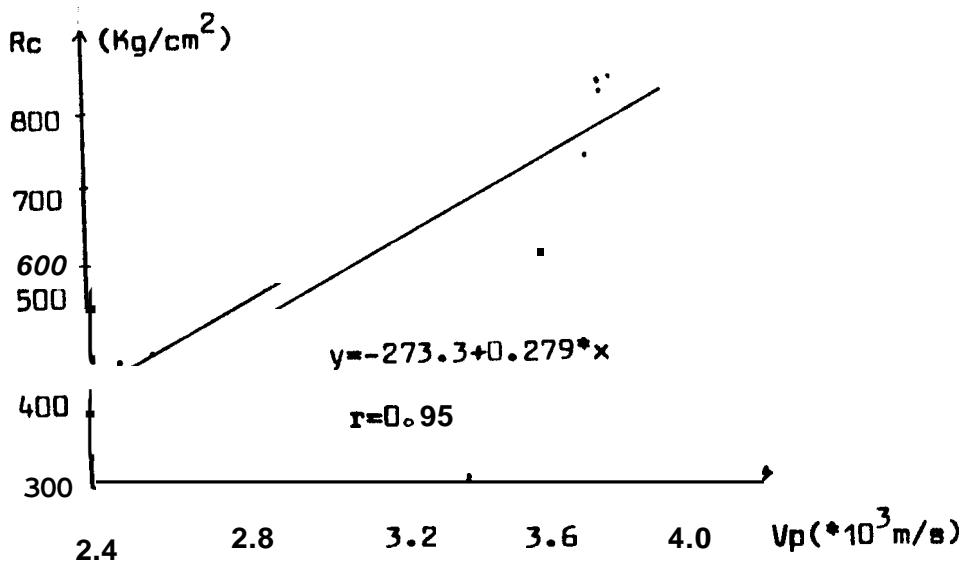


Fig.5.- Relación Rc-Vp ■ Grupos 7 y 15

TABLA X

Valores de n y V_p seleccionados para el cálculo de regresión $n = x$ (%) $V_p = y$ (m/s) $\cdot 10^3$

Grupo o Dato	n	V_p
16	5.2	4.77
	6.5	4.71
	7.0	4.6
4	0.68	5.47
	1.17	5.40
2	14.55	2.53
	14.63	2.42
	15.40	2.37
13	1.15	4.84
	2.06	4.79
	3.40	4.58
7	8.3	3.79
	8.56	3.76
	10.76	3.75
A	14.99	2.50
B	15.03	1.84
C	11.24	3.13
F	10.12	3.63
G	12.69	2.48
H	12.45	3.08

TABLA XI
Relación entre n y Vp

Grupo o Dato	Regresión Lineal $y=A+B*x$	Regresión Logaritmica $y=A+B*\ln(x)$	Regresión Exponencial $y=A*e^{B*x}$	Regresión Potencial $y=A*x^B$
4 y 16	A=5534.2 B=-127.4 r=-0.99	r=-0.99	r=-0.99	r=-0.99
2 y 13	A=5130.2 B=-180.7 r=-0.99	r=-0.97	r=-0.99	r=-0.97
7, I	A=5081.7 B=-148.4 r=-0.85	r=-0.02	r=-0.84	r=-0.82
A, B, C F y G	A=6.35 B=-0.283 r=-0.91	r=-0.92	r=-0.89	r=-0.90

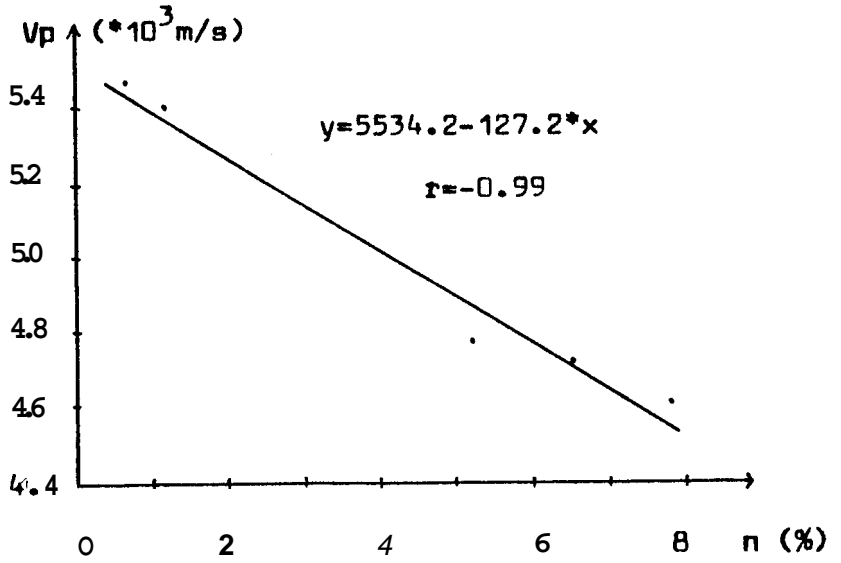


Fig.6.- Relación n-Vp. Grupos 4 y 16

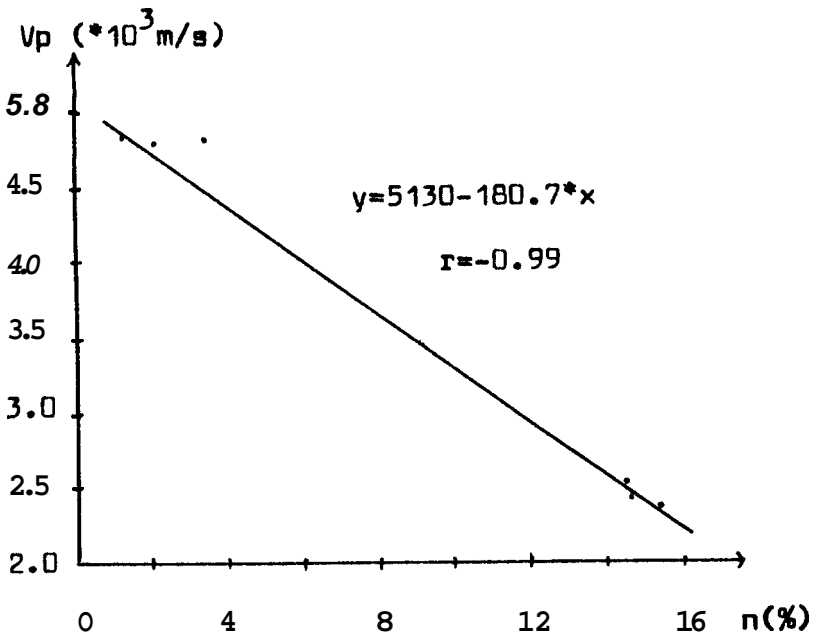


Fig.7.- Relación n-Vp. Grupos 2 y 13

TABLA XII

Relación entre Is y Ac

	Is=x (Kg/cm ²)			Rc=y (Kg/cm ²)
Grupo	Regresión	Regresión	Regresión	Regresión
	Lineal	Logaritmica	Exponencial	Potencial
	$y=A+B*x$	$y=A+B*\ln(x)$	$y=A*e^{B*x}$	$y=A*x^B$
7 Y				A=61
12				B=0.663
	r=0.87	r=0.88	r=0.89	r=0.91

TABLA XII

Relación entre Rt y Rc

	Rc=x (Kg/cm ²)			Rt=y (Kg/cm ²)
Grupo	Regresión	Regresión	Regresión	Regresión
	Lineal	Logaritmica	Exponencial	Potencial
	$y=A+B*x$	$y=A+B*\ln(x)$	$y=A*e^{B*x}$	$y=A*x^e$
3 Y			A=8.89*10 ⁻⁴	
16			B=0.143	
	r=0.76	r=0.76	r=0.79	r=0.79
2 y			A=9.14	
13			B=2.72*10 ⁻³	
	r=0.73	r=0.72	r=0.75	r=0.73

CAPITULO 111

INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. De las observaciones hechas en los diferentes sectores de muestreo efectuados para la Formación Cayo, se observa que para una misma litología en un mismo sector de muestreo, los parámetros varían poco.
2. Al estudiar individualmente los diferentes tipos litológicos ha sido posible establecer que los parámetros se agrupan en dos nubes de puntos y que no existen valores intermedios. Esta disposición, si permite efectuar una buena correlación, tal es el caso de $R_c - E_t$ (Ver Figura 2). La interpretación de dichos gráficos podría ser, que las muestras se han tomado básicamente a 2 niveles, en los cuales siendo la misma roca, presentaba un diferente grado de meteorización o lo que es más, dos grados de alterabilidad diferentes debidas al tiempo de exposición de la roca en el ambiente.

Los aspectos antes descritos también pueden aplicarse al numeral 1.

3. Para poder relacionar las propiedades extrínsecas e intrínsecas se han considerado parámetros obtenidos de diferentes muestras aunque del mismo tipo de roca con la finalidad de obtener una mayor cantidad de puntos; sin embargo los resultados de correlación obtenidos que son buenos deberán ser tomados con cautela, por cuanto las muestras podrían estar afectadas de un diferente grado de alterabilidad o aún de meteorización.

4. Relación R_c - E_t .

La relación entre la resistencia a la compresión simple (R_c) y el módulo de Young (E) puede ser directa o inversa, pero siempre es una función lineal, esto se debe a que dependiendo del tipo de roca, éstas pueden tener igual valor de resistencias pero con diferentes grados de deformación.

5. Relación η - R_c .

Debido a que la porosidad (η) es una propiedad intrínseca y la resistencia a la compresión simple (R_c) una propiedad extrínseca y considerando el numeral 3, se supuso una relación entre estas dos

variables. Esta relación se la asumió inversa ya que la porosidad es una propiedad que en las rocas es la suma de la porosidad de poros (n_p) y la porosidad de microfisuras (n_f). Así si una roca tiene mayor porosidad indica que tiene mayor porosidad de poros o mayor porosidad de fisuras, para una roca con la primera condición se darán valores menores de resistencia a la compresión por que éstos se concentrarán en los puntos de contacto entre los granos, y para una roca con la segunda condición se darán valores igualmente bajos pero debido a que los esfuerzos se concentran en los extremos de la fisura.

6. Relación n - γ_d .

Se establece una relación inversa lo cual es razonable ya que a mayor porosidad, el peso de sólidos para un mismo volumen de roca será menor y por tanto también el peso unitario seco.

7. Relación γ_d - R_c .

Se asume una relación directa, ya que a una roca meteorizada y/o fracturada (la cual tendrá un valor de peso unitario seco (γ_d) menor que una roca

de la misma clase pero sana) le corresponden un menor valor de resistencia al corte.

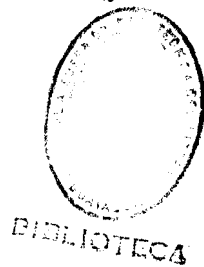
8. Relación η - V_p .-

Se asume una relación inversa, esto se debe a que a mayores valores de porosidad la onda tardará más en atravesar la roca, debido a la mayor cantidad de aire en ella.

9. Relación V_p - R_c .-

Se establece una relación directa entre estas dos variables, lo que concuerda con los numerales 5 y 8..

10. De las Tablas I, II y III, se observa que los valores de resistencia a la compresión simple obtenidos con los ensayos de el "Martillo de Smith" y de "Carga puntual" son muy inferiores a los valores determinados con el ensayo de "Compresión Simple", siendo que en todos los casos las muestras ensayadas son sanas.



.

C O N C L U S I O N E S

1. De los análisis realizados se desprende que en algunos paquetes de estratos de la Fm. Cayo, existe icotropía de resistencia cuando los parámetros son obtenidos aplicando esfuerzos normales a los estratos.

2. Es indudable que en la Formación Cayo existen sectores afectados por un diferente grado de meteorización y más enfáticamente con diferente grado de alterabilidad que depende del tiempo que la roca existe en calidad de afloramiento.

Por este motivo roca con una configuración litológica exactamente igual dan parámetros con una importante variación .

3. Se evidencia una vez más que existe una correlación lineal entre la resistencia a la compresión simple y el módulo de young para una misma roca.

4. Las relaciones que se han encontrado pueden ser ligeramente modificadas, en el momento que se realicen más ensayos en laboratorio o in situ para establecer las propiedades geomecánicas de la Formación Cayo.

R E C O M E N D A C I O N E S

1. Que al efectuar los ensayos se trate en lo posible de utilizar la misma probeta para obtener los valores de las propiedades intrínsecas y extrínsecas.
2. Para definir todas las propiedades geomecánicas de la Formación Cayo, se deben realizar ensayos de corte directo y triaxial, tanto en juntas de estratificación, como en **las** fracturas. También se **de**be estudiar las características geométricas **del** material de relleno o reemplazamiento en las discontinuidades.

▪

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

1. Balseca, F.C. Propiedades de los Materiales Rocosos de la Baja Cuenca del Guayas, Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Geotécnico, ESPOL, - 1982.
2. Benitez, S. Contribución al Estudio de las Cuencas Sedimentarias del SO Ecuatoriano, 111 Congreso Ecuatoriano de Ing. Geólogos de Minas y Petróleos, Torno IA , Guayaquil, 1983, 8-30p.
3. Bristow, C.R. et Hoffstetter, R. Léxico Estratigráfico Internacional, Fasc. 5 a 2 Centre National de la Recherche Scientifique, París, Francia, 1977, 412 p.
4. Chávez, M.A. Propietes Physiques et Comportement Mechanique de la Roche Mineralisee de Suizerais (Pro yecto de Toel), Effect D'Echel sur le Module D'Young, Institut Natinal Superieur de Lorraine, Nancy, France, 1976.

5. ESPOL "Reporte Estudio, para Diseño Proyecto Túnel "El Carmen" ", Guayaquil, 1987.
6. Jaeger, Ch. Rock Mechanics and Engineering, Cambridge University Press, Great Britain, 1979, 35-82p.
7. Mendoza, Rodolfo, "Comportamiento Geomecánico de los Materiales Rocosos de la Fm Cayo", Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Geotécnico, ESPOL, Guayaquil, 1989.
8. Spiegel, Murray "Teoría y Problemas de Estadística" Serie Schaum, Estados Unidos, 1961, 241-244p.