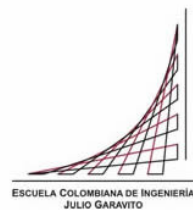


Maestría en Ingeniería Civil

**Correlación entre el índice de Carga Puntual y el Número de
Rebote del Martillo Schmidt para la Arenisca de la Antigua
Cantera de Servita**

Viviana Stella Anzola Murillo

Bogotá, D.C., 24 de febrero de 2017



Correlación entre el índice de Carga Puntual y el Número de Rebote del Martillo Schmidt para la Arenisca de la Antigua Cantera de Servita

Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Geotecnia

Ing. Juan Carlos Afanador Caicedo
Director

Bogotá, D.C., 24 de febrero de 2017



La tesis de maestría titulada “Correlación entre el índice de Carga Puntual y el Número de Rebote del Martillo Schmidt para la Arenisca de la Antigua Cantera de Servita”, presentada por Viviana Stella Anzola Murillo, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Geotecnia.

Director de la tesis

Ing. Juan Carlos Afanador Caicedo

Jurado

José Vicente Amórtegui Gil

Jurado

Edgard Robert Barbosa Cruz

Bogotá, D.C., 24 de febrero de 2017

Agradecimientos

Primeramente a Dios, quien siempre ha estado conmigo, bendiciendo mi vida y la de mi familia. Él se ha manifestado a través de muchos momentos y personas que de una u otra manera me han dado la energía y la motivación para llegar hasta aquí, y me han mantenido con mi Fe intacta e incluso, fortalecida.

A mi familia, en especial a mis padres, quienes por su apoyo incondicional, su amor y su buena energía aún en los momentos más complicados y oscuros de este proceso me dieron la fortaleza para seguir; A Daniela mi hermana por sus buenos consejos, su palabra perfecta en el momento oportuno, y a Alejandro Borrález, mi mejor amigo por apoyarme con su conocimiento, calma y paciencia durante todo el proceso.

A mi director, el Ingeniero Juan Carlos Afanador, a quien respeto y admiro profundamente. A él le agradezco que me haya aceptado como su tesista, así como agradezco su valiosa colaboración, su excelente disposición y su buen humor, incluso en los momentos en los que me llamó al orden.

A mis amigos, mil gracias por todas sus manifestaciones de cariño, empatía y apoyo tanto anímico, como profesional. Gracias por estar ahí cuando los necesité.

Al personal que compone la Maestría de Ingeniería, por recibirme en sus aulas durante todo mi proceso de formación profesional, por brindarme su conocimiento y su apoyo durante este proceso.

Resumen

En este Trabajo Final de Maestría se presenta una Correlación entre el índice de Carga Puntual y el Número de Rebote del Martillo Schmidt, ensayos ejecutados al talud conformado por Arenisca de la Antigua Cantera de Servita, con el objetivo de mejorar los tiempos de obtención de parámetros de diseño y que sea en el menor tiempo posible, y de la manera más confiable aprovechando los materiales que tenemos en cada zona de trabajo, como lo es en este caso las areniscas de la Formación Labor.

Al conocer la resistencia a la deformación que tiene una roca, se puede predecir el comportamiento que tendrá el material en diferentes escenarios naturales y antrópicos como lo pueden ser los deslizamientos o la construcción de edificaciones.

Luego del análisis de estadístico se encontró que el valor promedio para el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt fue de 32,68 y el del ensayo de Índice de Carga Puntual fue de 6,01, de lo anterior se infiere que la relación entre estos valores es de aproximadamente 5,5. Es decir, que el Número de Rebote de Martillo Schmidt es 5,5 veces el Índice de Carga Puntual.

Contenido

	Pág.
Lista de figuras	9
Lista de tablas	10
1. Introducción	11
2. Marco Teórico	13
2.1 Formación Arenisca de Labor (K2t).....	13
2.2 Ensayo de Carga Puntual	14
2.2.1 Equipo	14
2.2.2 Procedimiento.....	14
2.2.3 Cálculos.....	16
2.2.4 Recomendaciones.....	18
2.3 Ensayo de Martillo Schmidt	18
2.3.1 Equipo	18
2.3.2 Procedimiento.....	19
2.3.3 Cálculos.....	20
2.3.4 Recomendaciones.....	21
3. Caracterización Geológica	23
3.1 Geología Regional	23
3.2 Geología Local	25
3.3 Geología estructural regional	26
3.4 Geología estructural local.....	28
3.5 Clasificación geomecánica del macizo rocoso	30
4. Metodología y desarrollo de la investigación	33
4.1 Definición del área de estudio	33
4.2 Revisión de la información para el marco teórico	34
4.3 Clasificación de la información	35
4.4 Toma de datos	36
4.4.1 Ensayo de Número de Rebote con Martillo Schmidt.....	36
4.4.2 Ensayo de carga puntual	37
4.5 Análisis de resultados	39
4.5.1 Definición de la correlación.....	39
4.5.2 Definición de valor de Compresión simple	44
4.5.3 Análisis estadístico	52

5. Conclusiones y recomendaciones	55
5.1 Conclusiones	55
5.2 Recomendaciones	58
A. Anexo: Soporte del ensayo de índice de carga puntual.....	60
B. Anexo: Soporte del ensayo de número de rebote del Martillo Schmidt.....	61
C. Anexo: Memorias de cálculo del análisis estadístico	62
Bibliografía	63

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Vista general de la antigua Cantera de Servita.	12
Figura 2 Equipo de Carga Puntual.	14
Figura 3 Configuración de carga y requerimientos en la forma de testigos (a) muestra diametral, (b) muestra axial, (c) muestra en bloque y (d) muestra irregular.	15
Figura 4 Modos típicos de falla para muestras válidas e inválidas. (a) Muestras diametrales válidas, (b) muestras axiales válidas, (c) muestras en bloque válidas, y (d) muestras inválidas.	16
Figura 5 Corte longitudinal del esclerómetro C 181 N.	19
Figura 6 Gráfico de correlación para el martillo Schmidt entre resistencia a compresión, densidad de la roca y rebote.	22
Figura 7 Mapa Geológico de Santafé de Bogotá a escala 1:50.000. Convenio 01-93. Proyecto microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá.	24
Figura 8 Cantera Servita. Área donde se diferencia claramente el plano de estratificación en el talud.	25
Figura 9 Mapa de Fallas activas en Colombia. Paris. Et.al (1999). Mapa Geológico de Santafé de Bogotá a escala 1:50.000. Convenio 01-93. Proyecto microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá.	27
Figura 10 Evidencia de falla, cantera Servita.	29
Figura 11 Indicador cinemático movimiento sinextral, del plano de falla.	30
Figura 12 Representación esquemática de las propiedades geométricas de las discontinuidades.	32
Figura 13 Zona específica de estudio	33
Figura 14 Puntos de toma de muestras	35
Figura 15 Toma de datos en los diferentes puntos	37
Figura 16 Muestras con extractor de núcleos	38
Figura 17 Toma de muestras con extractor de núcleos.	39
Figura 18 Gráfica propuesta de la correlación entre los valores del Número de Rebote de Martillo Schmidt y el índice de Carga Puntual.	43
Figura 19 Histograma de datos de Número de Rebote	53
Figura 20 Histograma de datos de Carga Puntual	54

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Valor generalizado de C. $UCS=C*Is$	17
Tabla 2 Corrección por inclinación.....	21
Tabla 3 Datos estructurales de las areniscas cuarzosas.....	28
Tabla 4 Estimaciones de campo de la resistencia a la compresión uniaxial.....	31
Tabla 5 Aproximación de clasificación de esfuerzos en roca. (Selby 1993).	34
Tabla 6 Tabla de datos para definición de correlación.	40
Tabla 7 Correlación empíricas entre la compresión Uniaxial (UCS) y el Número de Rebote de Martillo Schmidt.....	44
Tabla 8 Valores de Compresión Simple para el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt.....	45
Tabla 9 Clasificación de la roca a partir de su resistencia a la compresión simple.....	48
Tabla 10 Valores de Compresión Simple para el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt.....	49
Tabla 11 Análisis estadístico para ensayo de Número de Rebote del Martillo Schmidt..	52
Tabla 12 Análisis estadístico para ensayo de Carga Puntual.....	53

1. Introducción

Actualmente por los tiempos establecidos para la ejecución de los proyectos de ingeniería se requiere que los procesos de diseño sean totalmente optimizados, razón por la cual se la obtención de parámetros de diseño deberá definirse en el menor tiempo posible, y de la manera más confiable aprovechando las muestras que se pueden recobrar en cada zona de trabajo.

Teniendo en cuenta los tipos de materiales que encontramos en la sabana de Bogotá y la complejidad para la obtención de muestras inalteradas, se hace necesario que la búsqueda de maneras alternativas para la obtención de parámetros de resistencia, como lo es el ensayo de Carga Puntual y el de Martillo Schmidt, datos que podamos tomar fácilmente en campo, para ampliar así la información insumo de diseño ya sea para infraestructura o para la estabilización de zonas inestables. Por lo anterior, se propone definir una ecuación que correlacione los valores arrojados por estos ensayos, ejecutados sobre muestras inalteradas y sobre la superficie del terreno

Este trabajo se desarrolló teniendo como área de estudio la antigua Cantera de Servita, ubicada en la calle 165 con carrera 7, al nor oriente de la ciudad de Bogotá. En esta zona se presentan rocas sedimentarias de la Formación Labor (K2t), la cual consiste en capas tabulares muy gruesas y gruesas (esporádicamente delgadas) de cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino y fino, intercaladas con capas delgadas de lodolitas limolitas o arcillolitas arenosas con laminación plana.



Figura 1 Vista general de la antigua Cantera de Servita.

Fuente: Elaboración propia, registrada por XENITAL

Dentro del presente documento se presentará la caracterización geológica de la zona de estudio, la metodología para la toma de los datos de análisis, la definición de la correlación, el análisis de resultados y las conclusiones y recomendaciones arrojadas luego de este trabajo.

2. Marco Teórico

El tema central de esta investigación es encontrar factores de corrección o ajuste a los parámetros de resistencia al corte obtenidos mediante ensayos de Carga Puntual y el ensayo de Martillo Schmidt. De acuerdo con esto, en este capítulo se presentan los aspectos más relevantes sobre el tema, los conceptos básicos que enmarcan el área de trabajo y los ensayos de Carga Puntual y de Martillo Schmidt.

2.1 Formación Arenisca de Labor (K2t)

Es una secuencia de materiales supra yacentes a la Formación Plaeners, los cuales comienzan con capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas. Según la sección tipo realizada por Servicio Geológico Colombiano (2008), esta formación se divide en tres segmentos el inferior constituido por capas muy gruesas de areniscas arcillosas separadas por capas delgadas de arcillolitas; el segmento medio está representado por intercalaciones de bancos de areniscas, paquetes de lodolitas y arcillolitas y el superior por areniscas arcillosas separadas por capas delgadas de arcillolitas.

Los contactos de la Formación Arenisca de Labor, se observan bien morfológicamente, el límite inferior es transicional rápido y concordante con la Formación Plaeners, y el contacto superior con la Formación Guaduas es neto y concordante, al pasar de paquetes arenosos a arcillolitas de la Formación Guaduas de acuerdo con lo definido por Servicio Geológico Colombiano (2008).

2.2 Ensayo de Carga Puntual

El ensayo de resistencia de carga puntual, determina un índice de resistencia en muestras de rocas de geometría irregular o cilíndrica (sin preparaciones especiales) y está regido bajo la Norma ASTM D 5731-1995. Este ensayo tiene como objetivo principal aportar un índice para la clasificación y caracterización de rocas geotécnicamente a través de la roca intacta de manera simple.

2.2.1 Equipo

La máquina de carga puntual, está compuesta por un sistema de carga, un sistema de medición de la carga requerida para romper la muestra, y un sistema para medir la distancia entre los puntos de contactos de las dos puntas cónicas.



Figura 2 Equipo de Carga Puntual.

Fuente: Tomado de <http://proetisa.com>

2.2.2 Procedimiento

- Dependiendo del tipo de muestra, esta se ubicara entre las puntas cónicas de la máquina como se muestra en la siguiente figura. Para el este proyecto investigativo se utilizaron muestras diametrales.

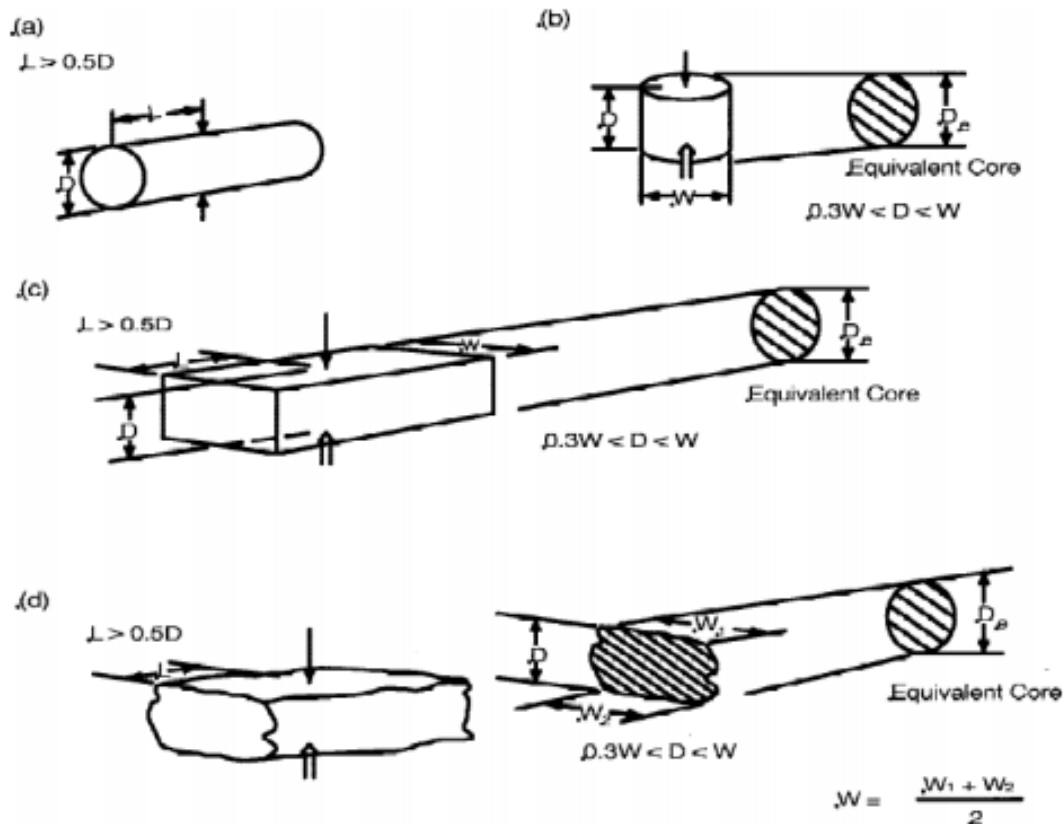


Figura 3 Configuración de carga y requerimientos en la forma de testigos (a) muestra diametral, (b) muestra axial, (c) muestra en bloque y (d) muestra irregular.

Fuente: Tomado de www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/GL5201

- Una vez colocada la muestra en la máquina de ensayo y las puntas cónicas deben ajustarse hasta hacer contacto con la muestra, asegurando que la distancia L entre el punto de contacto y la base libre más cercana sea 0.5 veces el diámetro D o mayor.
- La carga se deberá aplicar en forma constante de manera que la falla ocurra dentro de los 10 o 60 segundos de iniciada la carga.
- Se debe anotar la carga de ruptura, denominada P .
- Una vez falle la muestra se retirara y se analizan las condiciones y modo de ruptura de acuerdo con lo mostrado en la siguiente figura para confirmar la validez del ensayo.

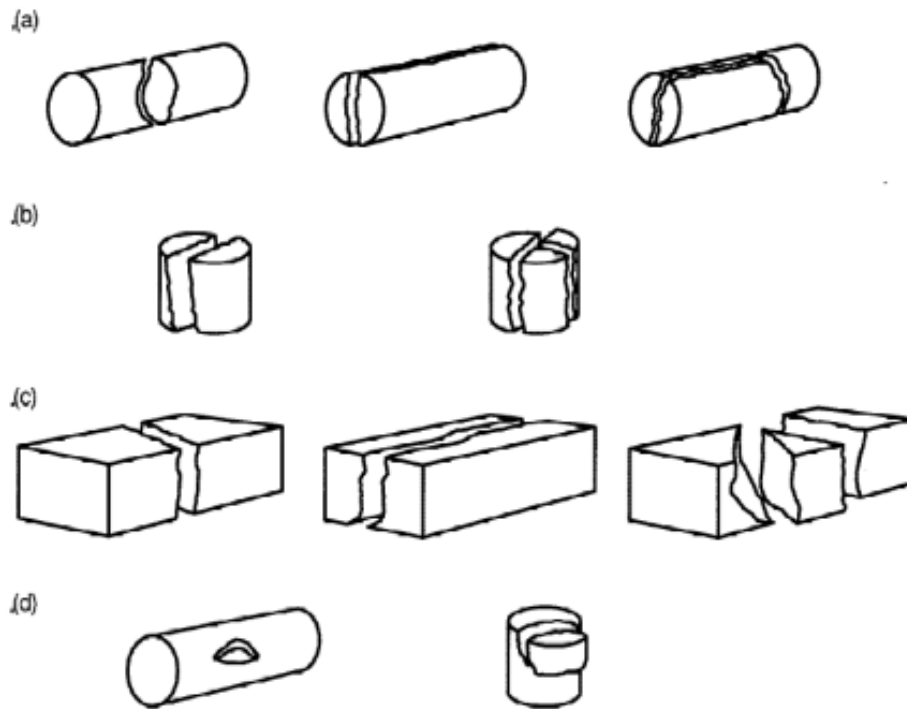


Figura 4 Modos típicos de falla para muestras válidas e inválidas. (a) Muestras diametrales válidas, (b) muestras axiales válidas, (c) muestras en bloque válidas, y (d) muestras inválidas.

Fuente: Tomado de www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/GL5201

2.2.3 Cálculos

2.2.3.1 El índice de carga puntual sin corrección

Se calcula de la siguiente manera:

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \text{ MPa} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

P = carga de falla, N,

De = diámetro del núcleo equivalente

De² = D² para muestra diametrales, mm²

D para muestras diametrales (ver Figura 3)

2.2.3.2 Corrección del I_s

I_s varía en función de D en muestras diametrales, y en función de D_e en muestras axiales, irregulares y bloques.

El índice de resistencia a la carga puntual corregido $I_s(50)$ es definido como el valor de I_s medido en muestras diametrales con $D=50\text{mm}$.

Cuando se tienen muestras de variados diámetros distintos a 50mm , se debe graficar P vs D_e^2 en un gráfico log-log, y con una regresión lineal se puede determinar el valor de $I_s(50)$. El valor promedio de $I_s(50)$ se calcula eliminando los 2 valores más altos y los 2 valores más bajos de 10 o más ensayos válidos. Si pocos especímenes son testeados, solamente el valor más alto y más bajo se descarta y se promedian el resto.

El valor de la resistencia a la compresión uniaxial a partir del $I_s(50)$ es el siguiente:

$$UCS = 23 * I_s(50) \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Cuando se tiene un I_s corregido a un diámetro distinto de 50 mm , la relación entre UCS e I_s es distinta como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1 Valor generalizado de C. $UCS=C*I_s$.

Core Size, mm	Value of "C" (Generalized)
20	17.5
30	19
40	21
50	23
54	24
60	24.5

Fuente: Tomado de www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/GL5201.

2.2.4 Recomendaciones

- Para la realización de los cálculos de C y ϕ se puede usar el software RocLab de Rocscience. Se recomienda que el valor del GSI sea de 100, ya que se pretende obtener los valores de roca intacta y no del macizo rocoso.
Recuerden que el GSI es una medida del macizo rocoso, por lo tanto para determinar valores de roca intacta lo más certero es ocupar un $GSI=100$.
- Comparar los datos obtenidos con la bibliografía asociada a roca intacta, para saber si sus datos son fiables.

2.3 Ensayo de Martillo Schmidt

Fue diseñado y desarrollado por el ingeniero suizo Ernest Schmidt en los años 1940, y patentado como Martillo Schmidt, siendo su valor “R” (Índice de rebote) una unidad adimensional que relaciona la dureza superficial del hormigón y la roca con su resistencia de modo experimental, para estimar en el campo o en laboratorio la resistencia a compresión simple de la roca ensayada a partir de la medida del rebote proporcionada por el martillo. Se rige bajo la Norma ASTM D5873-05 y las recomendaciones de la ISRM (1978c).

Ideado en un principio para estimar la resistencia a compresión simple del concreto, el martillo de Schmidt se modificó convenientemente para estimar la resistencia a compresión simple de la roca (RCS). El ensayo consiste en medir la resistencia al rebote de la superficie de la roca ensayada. Este índice suele correlacionarse con la resistencia a compresión simple mediante un gráfico debido a Miller (1965) que contempla la densidad de la roca y la orientación del martillo respecto del plano ensayado.

2.3.1 Equipo

El martillo de Schmidt, es un dispositivo que registra el rebote de un cilindro metálico que impulsado por un muelle choca contra la superficie de la roca o concreto, midiendo los valores de resistencia a compresión simple de la roca.

En la práctica se utilizan dos tipos de martillo, el tipo L con una energía de impacto de 0.735 N.m y el tipo N con una energía de impacto de 2.207 N.m. Los rebotes medidos con estos martillos se denotan con los símbolos RL y RN, respectivamente, y proporcionan resultados para valores de compresión simple de la roca o la discontinuidad ensayada dentro del rango 20-150 MPa.

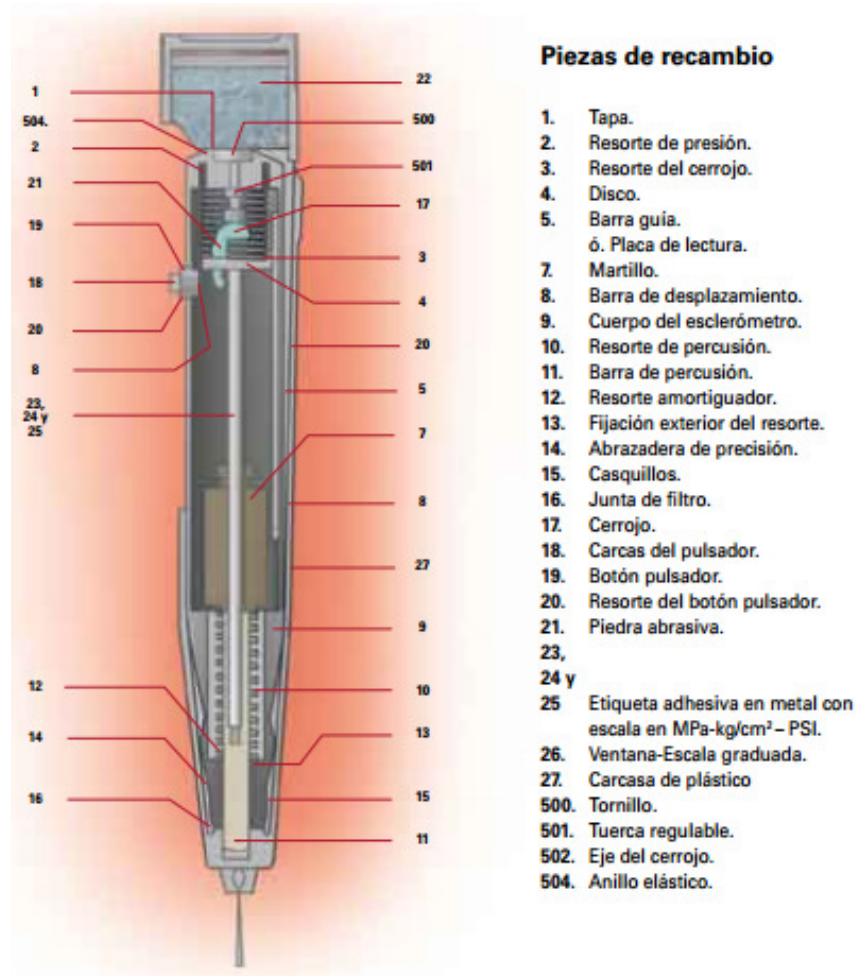


Figura 5 Corte longitudinal del esclerómetro C 181 N.

Fuente: Tomado de <http://www.imcyc.com/>

2.3.2 Procedimiento

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se hicieron ensayos in situ, para los que se siguieron los siguientes pasos:

- Colocar el martillo perpendicularmente a la superficie de la roca ensayada.
- Disparar el vástago de impacto empujando el martillo hacia la superficie hasta que el botón salte hacia fuera.
- Pulsar el botón para bloquear el vástago de impacto después de cada impacto.
- Leer y anotar el valor de rebote indicado por el puntero en la escala.

2.3.3 Cálculos

Para cada punto de análisis se tomaron cinco registros, de los cuales se eliminó el valor más atípico.

Con el objeto de definir el valor del índice de rebote se aplicó la ecuación de Pooler & Farmer:

$$RL = 1.838 + (0.813 RN) \quad \text{Ecuación 2.3}$$






Donde:

RL= Es el índice de rebote sin corrección

RN= Es el valor de rebote tomado mediante el martillo.

Con el objeto de definir el índice de rebote indicado, se debe hacer corrección de los resultados, de acuerdo con la inclinación con la que se haya tomado el dato, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 2 Corrección por inclinación.

<i>R(-)</i>	INCLINACION DEL MARTILLO*				
	-90 	-45 	0 	45 	90 
10	0	-0,8	-3,2		
20	0	-0,9	-3,4	-6,9	-8,85
30	0	-0,8	-3,1	-6,2	-7,8
40	0	-0,7	-2,7	-5,3	-6,6
50	0	-0,6	-2,2	-4,3	-5,3
60	0	-0,4	-1,7	-3,3	-4

*Respecto al sentido horario

Fuente: Geóloga Ma. Alejandra Torres

Una vez definido este valor de corrección, este dato será sumado al resultado inicial.

2.3.4 Recomendaciones

- Los martillos de rebote requieren ser revisados y verificados periódicamente, o cuando exista una razón para dudar de su funcionamiento adecuado.
- Para la correlación con la compresión simple, se recomienda la aplicación de la siguiente figura:

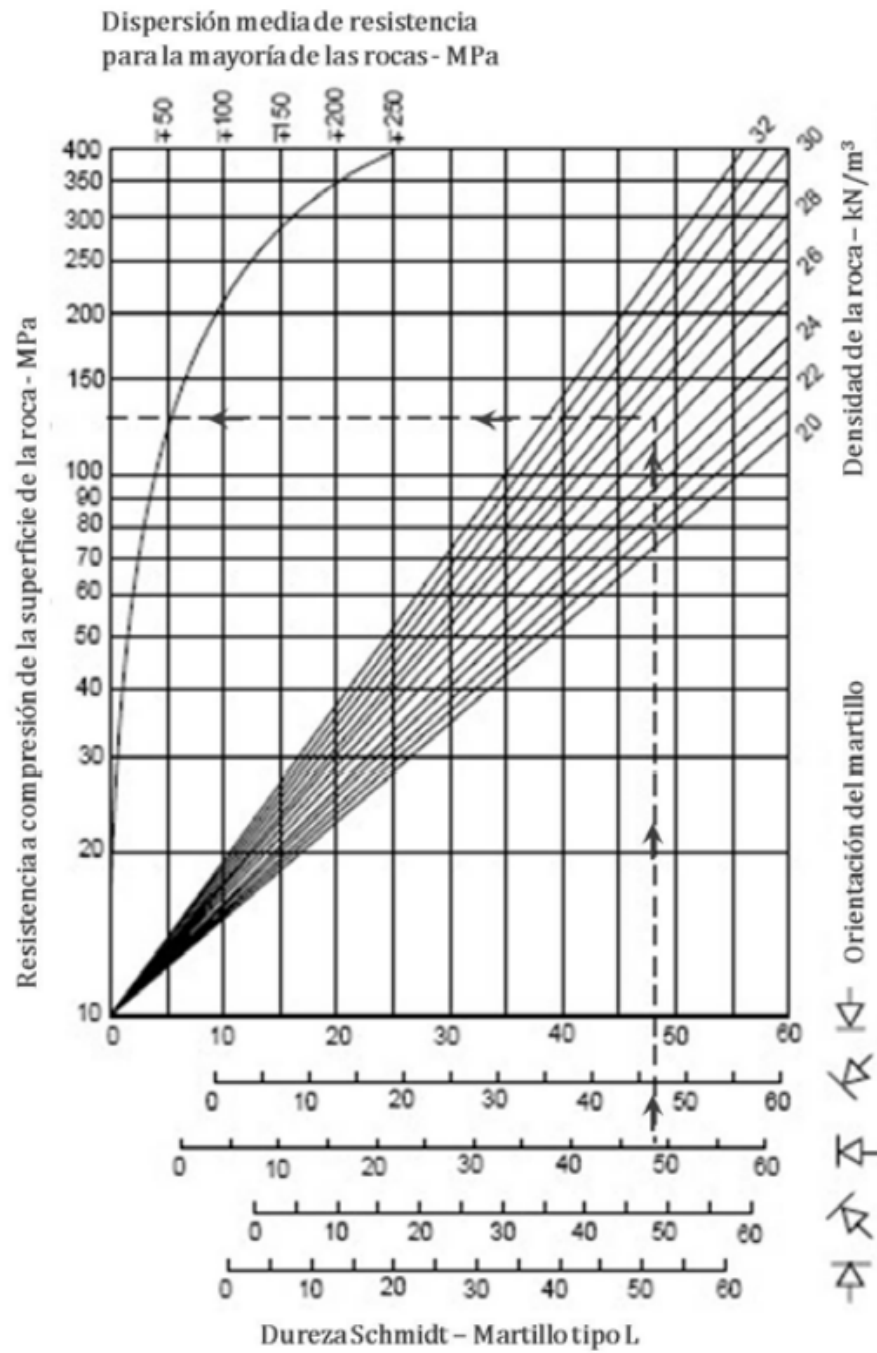


Figura 6 Gráfico de correlación para el martillo Schmidt entre resistencia a compresión, densidad de la roca y rebote

Fuente: Tomado de Miller, 1965

3. Caracterización Geológica

Este trabajo se adelantó dentro de la antigua Cantera de Servita, ubicada en la calle 165 con carrera 7, al nor oriente de la ciudad de Bogotá. La zona de estudio se localiza en la Cordillera Oriental, en la Ciudad de Bogotá, más específicamente sobre la carrera séptima, donde se presentan rocas sedimentarias de origen marino y continental de edades que van desde el Cretácico al holoceno. Su caracterización geológica se hizo con el apoyo de la Geóloga María Alejandra Torres.

3.1 Geología Regional

En la siguiente figura se muestra el extracto de la Plancha 228 correspondiente a la zona Noreste de Bogotá.

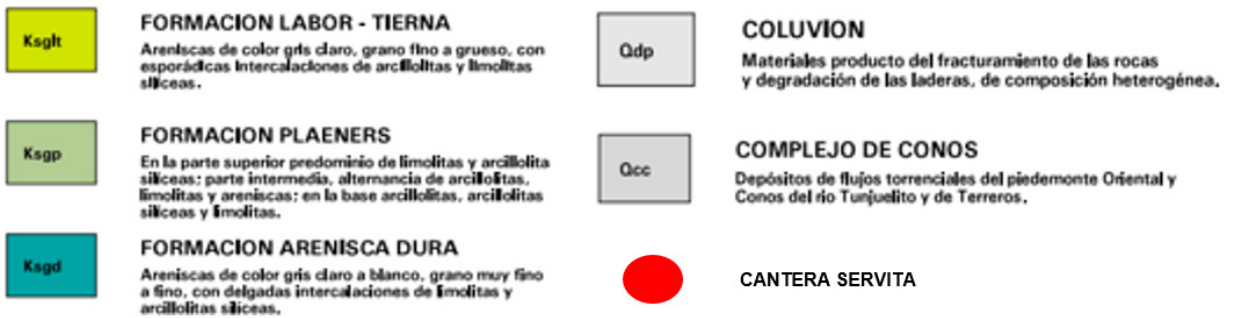
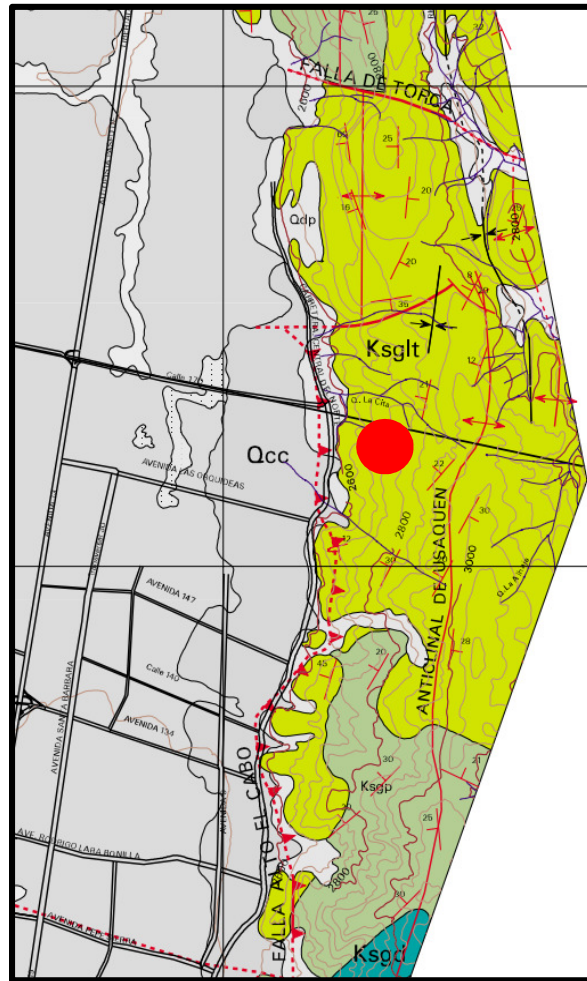


Figura 7 Mapa Geológico de Santafé de Bogotá a escala 1:50.000. Convenio 01-93. Proyecto microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá.

Fuente: Ingeominas (2005).

3.2 Geología Local

Como geología local en la cantera Servita, se presentan rocas sedimentarias de la Formación Labor (K2t), la base de la formación consiste en capas tabulares muy gruesas y gruesas de cuarzoarenitas de tamaño de grano muy fino y fino, con granos subangulares a redondeados, masivas o con laminación ondulada, frecuentemente bioturbadas, con cemento silíceo. Intercaladas entre ellas se encuentran capas delgadas de lodolitas limolitas o arcillolitas arenosas con laminación plana-paralela, o capas delgadas de liditas, con algunas fósiles de color gris claro.

Se presenta un plano de estratificación bien marcado y 3 familias de diaclasas principales las cuales se caracterizan por estar abiertas hasta 1mm y algunas rellenas por sílice y lodolitas, presentan separaciones aproximadamente de 1m, resistencia media y un estado de meteorización medio a alto, se diferencian diferentes cursos de agua, las cuales se infiltran y disminuye la resistencia del macizo rocoso, al igual que efectos tectónicos marcados en la cantera.



Figura 8 Cantera Servita. Área donde se diferencia claramente el plano de estratificación en el talud.

Fuente: Elaboración propia.

Los afloramientos presentes en la cantera Servita, específicamente el de la figura anterior, presentan unas dimensiones de 10 m de alto y 100 m de longitud donde se describen litológicamente paquetes de hasta 2m de rocas sedimentarias de areniscas cuarzosas con niveles muy delgadas de lodolitas, con estratificación bien definida.

Las areniscas están medianamente meteorizadas (R4), y medianamente fracturadas, las diaclasas y la estratificación presentan planos escalonados, ligeramente rugosos con espaciamentos hasta de 1, con aberturas hasta de 1 mm, y rellenos de sílice y lodolitas.

3.3 Geología estructural regional

El área de la plancha 228-Bogotá noreste se encuentra en la Cordillera Oriental de Colombia. En esta zona las estructuras tienen una dirección principal noreste-sureste y localmente norte-sur. El área se divide en dos provincias: el sinclinorio de la Sabana al occidente y el anticlinorio de Farallones al oriente de la plancha (McLaughlin & Arce, 1972).

El occidente de la plancha lo conforman los Cerros Orientales de Bogotá y la Serranía de Pericos, donde las estructuras se alinean aproximadamente en dirección norte-sur, como el Anticlinal de Bogotá y la Falla de Teusacá. En la parte central y oriental, la dirección preferencial de las estructuras es N45°E, como los sinclinales de Sisga y Siecha, el Anticlinal de Río Blanco-Machetá y el Sinclinal de Sueva. Los pliegues son por lo general abiertos o suaves y con frecuencia se extienden por toda el área de forma continua.

El fallamiento tiene principalmente un componente vertical inverso y convergencia noroccidente como la Falla de Salinero o la Falla de Suralá o al oriente como las fallas de Machetá y Chocontá-Pericos. El extremo oriental se caracteriza por la presencia de fallas transcurrentes con componente vertical, como la Falla de los Tendidos y la Falla de San Roque. Servicio Geológico Colombiano (2008). En la siguiente figura, se presenta una esquematización de la Geología estructural de la zona, en el cual se puede definir fallas Geológicas con actividad incierta.

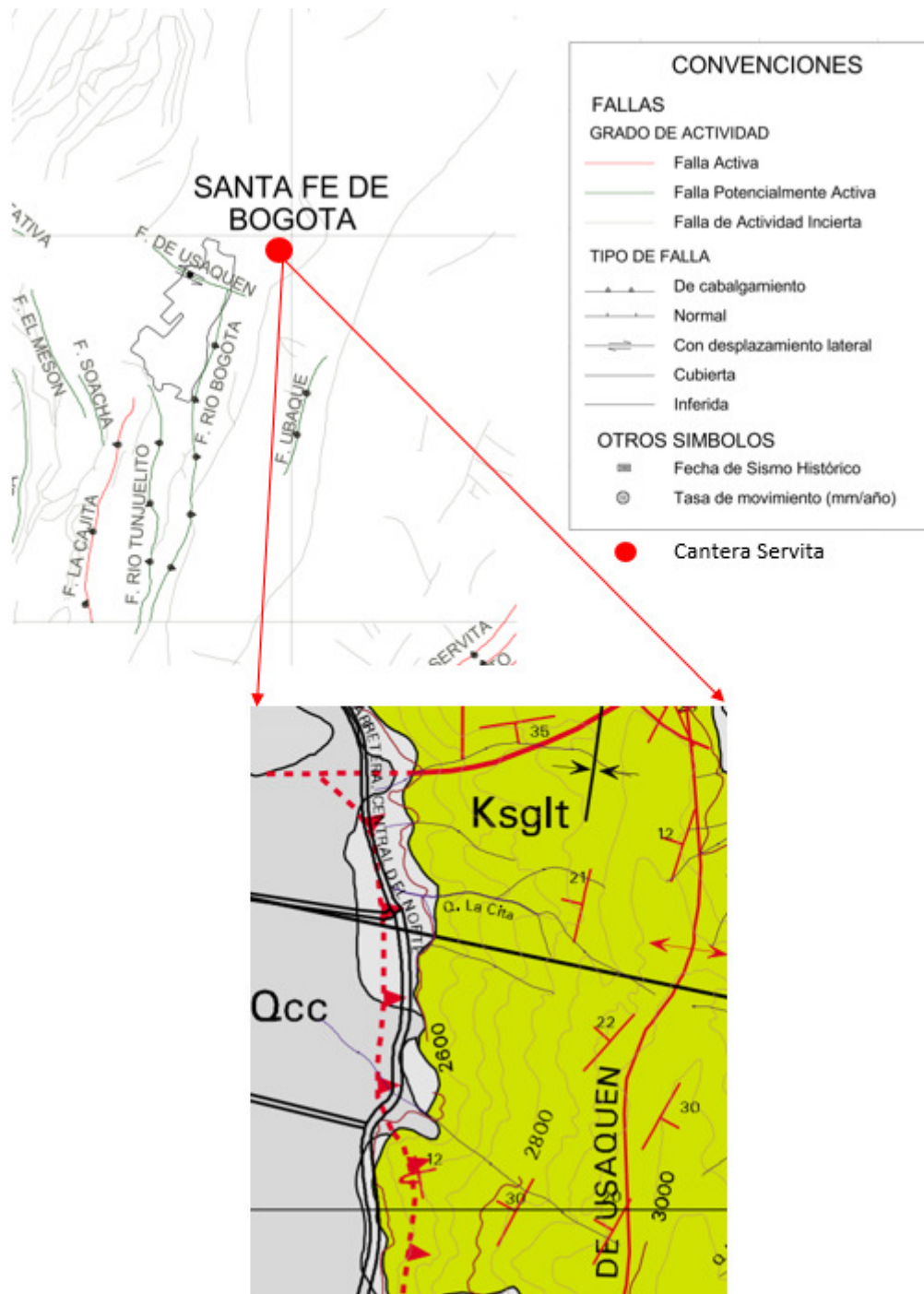


Figura 9 Mapa de Fallas activas en Colombia. Paris. Et.al (1999). Mapa Geológico de Santafé de Bogotá a escala 1:50.000. Convenio 01-93. Proyecto microzonificación sísmica de Santafé de Bogotá.

Fuente: *Servicio Geológico Colombiano (1997).*

3.4 Geología estructural local

En la zona de estudio se diferencia una falla local identificada principalmente por espejos de falla que evidencian el movimiento o desplazamiento entre dos bloques. El movimiento se presenta en dirección N80°W/22°NE, en la misma dirección del plano de estratificación. Este movimiento se puede identificar en medio de la cantera, por donde el agua se infiltra mayormente y produce un debilitamiento y una mayor meteorización de la roca, por lo cual los valores tomados con el martillo de Schmidt son bajos con relación a los demás.

Debido al alto plegamiento presentado en la zona posterior a la cantera, se generan fenómenos de fallamiento, el cual se define como el movimiento entre dos bloques en distintas direcciones, que generan condiciones desfavorables para los macizos rocosos.

En la siguiente tabla, se presentan los datos estructurales presentes en las rocas sedimentarias de la cantera Servita, con los cuales se realizó un análisis cinemático.

Tabla 3 Datos estructurales de las areniscas cuarzosas.

Datos estructurales		
	Buzamiento	Buzamiento/Dirección de buzamiento
Estratificación	21	289
	19	267
	22	274
D1	75	29
	67	27
D2	65	120
	56	120
D3	48	53

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se puede observar el plano el cual fue medido y analizado como evidencia de falla sobre la cantera.

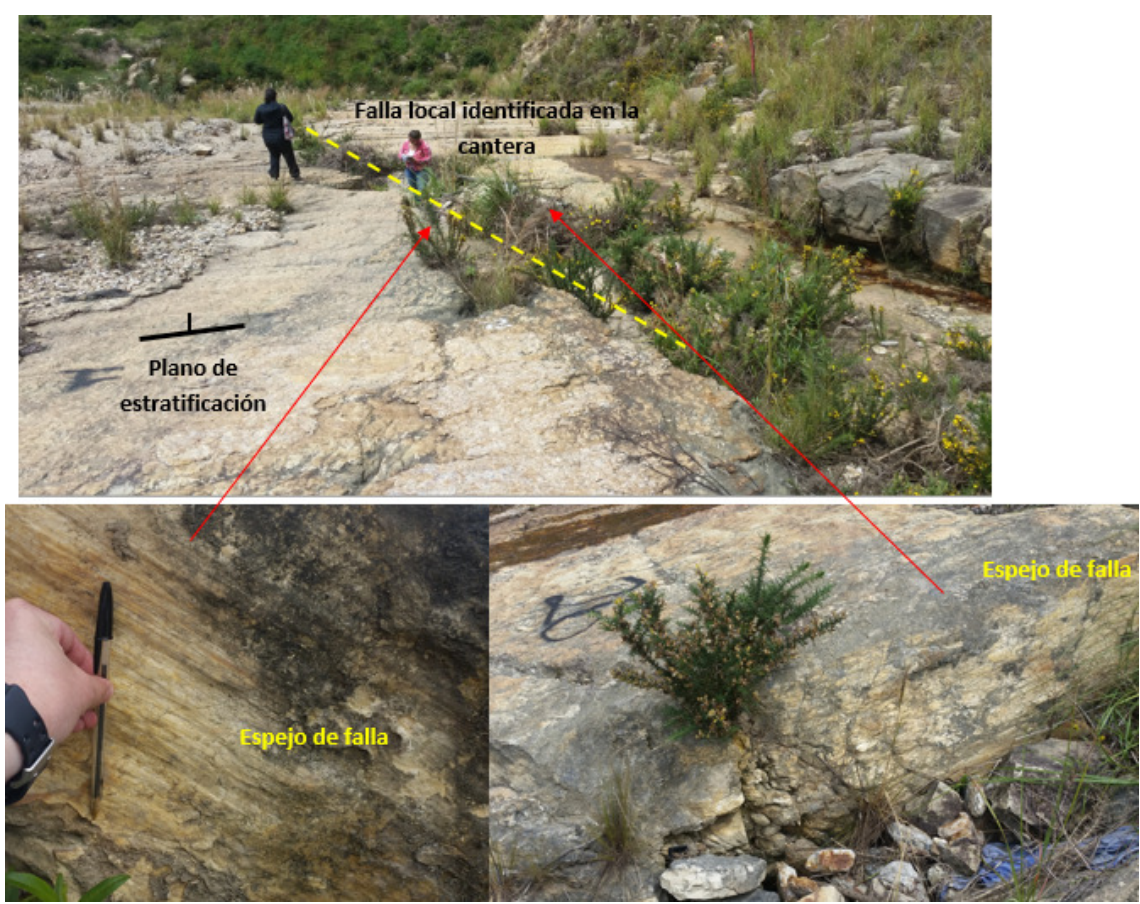


Figura 10 Evidencia de falla, cantera Servita.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se alcanzan a diferenciar indicadores cinemáticos, que se caracterizan por ejercer un movimiento y fracturamiento de la roca dejando evidencias de un movimiento sinextral, de la falla localizada en campo. En la siguiente figura, se observa las evidencias encontradas en campo.



Figura 11 Indicador cinemático movimiento sinextral, del plano de falla.

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Para la clasificación de macizos rocosos es importante tener una descripción general pero completa de los afloramientos visitados incluyendo características, ubicación, identificación de todos los rasgos relevantes como discontinuidades, agua, vegetación, dimensiones entre otros.

Para la descripción de los parámetros necesarios para la evaluación geomecánica, se tienen en cuenta los datos recogidos en campo de cada estación donde el afloramiento sea esencialmente en roca, midiendo sus discontinuidades, número de familias, RQD, la resistencia a la compresión simple, entre otros que influyan en el comportamiento, como el grado de meteorización y las propiedades hidrogeológicas.

A partir de estos parámetros se evalúa la clasificación geomecánica que proporciona la información sobre la calidad y resistencia del macizo rocoso, así como su aplicación a diferentes datos cuantitativos para su aplicación a diferentes fines constructivos (túneles, taludes etc.).

En la siguiente tabla se presenta la estimación en campo a la resistencia de la roca, en la cual se resalta, la estudiada en este caso.

Tabla 4 Estimaciones de campo de la resistencia a la compresión uniaxial.

GRADO (*)	Término	Resistencia Compresión Uniaxial (MPa).	Estimación de campo de la resistencia	Estimación de campo de la resistencia
R6	Extremada / resistente	> 250	El material rocoso sólo puede ser fracturado bajo repetidos golpes del martillo. Se escucha sonido cuando se golpea la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, neiss, granito, cuarcita
R5	Muy resistente	100-250	Se requieren muchos golpes del martillo para fracturar especímenes de roca intacta	Anfibolita, arenisca, gabro, neiss, granodiorita, caliza, riolita
R4	Resistente	50-100	Se obtienen muestras fracturadas de mano con un solo golpe del martillo	Caliza, filita, arenisca, esquisto, lutita.
R3	Mediana/ resistente	25-50	Un golpe firme del martillo pica roca indentada de 5 mm; la navaja sólo raspa la superficie.	Arcillolita, carbón, concreto, esquisto, lutita, limolita.
R2	Débil	5-25	La navaja corta el material pero todavía es apto para especímenes triaxiales.	Roca calcárea, salina, y potásica.
R1	Muy débil	1-5	El material se desmorona bajo golpes firmes del martillo; puede ser rayado (moldeado) por la navaja.	Roca altamente meteorizada o alterado
R0	Extremada / débil	0.25-1	Rayado por la navaja.	“clay gouge”, material arcilloso que se forma por efectos dinámicos

Fuente: Estimación de la resistencia de macizos rocosos en la práctica por E. Hoek y E.T. Brown (1997).

Otros parámetros como la meteorización la cual requiere una observación importante del macizo rocoso, debido a que a medida que avanza la meteorización aumenta la porosidad permeabilidad y deformabilidad del material rocoso, al tiempo que disminuye la resistencia.

El parámetro de estudio para las discontinuidades, condicionan de forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos. Es una de las características con mayor importancia de los cuerpos aflorantes en la resistencia y para su estimación es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad, como orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, abertura, relleno entre otros.

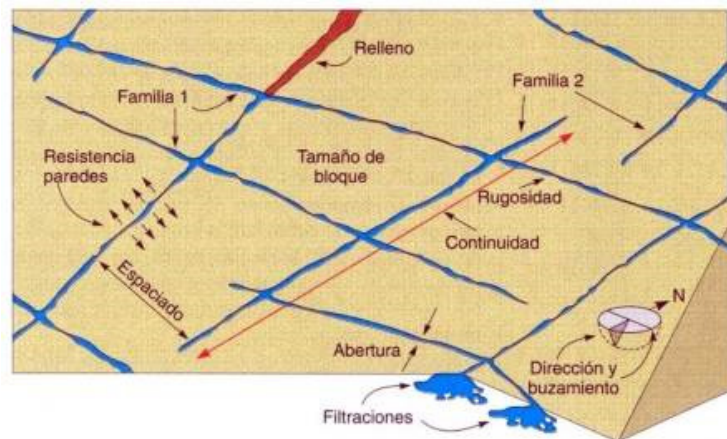


Figura 12 Representación esquemática de las propiedades geométricas de las discontinuidades.

Fuente: Ingeniería Geológica González (2001) citando a Hudson 1989.

La descripción y medida de las características y propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades y los parámetros del macizo rocoso, proporcionan los datos necesarios para la evaluación geomecánica global de macizo.

4. Metodología y desarrollo de la investigación

4.1 Definición del área de estudio

Con el objeto de proponer una correlación entre el índice de Carga Puntual y el número de rebote del Martillo Schmidt, se definió una zona de estudio donde se pudiese considerar un material específico recurrente en la Sabana de Bobota.

Mediante la colaboración de Geotecnia y Cimentaciones (empresa que realizó un estudio previo en la zona), se contactó al personal encargado de la administración del predio denominado como Antigua Cantera de Servita, para la autorización de los estudios y toma de registro fotográfico en la zona definida para el estudio.



Figura 13 Zona específica de estudio

Fuente: Elaboración propia.

En esta Cantera se encuentra la Arenisca de la Formación Labor, material que será objeto del estudio del presente documento. La Formación Labor, se presenta en campo como rocas areniscas cuarzosas friables de grano medio, de coloración beige y amarillo pálido, con pequeñas capas de lodolitas, especialmente en los rellenos entre juntas de coloración gris. Estas rocas presentan moderado fracturamiento y moderado a alto grado de meteorización, con escasos suelos residuales arenosos de aproximadamente 2m de espesor, en pendientes onduladas.

4.2 Revisión de la información para el marco teórico

Con el objeto de definir los rangos de los resultados dentro de las referencias bibliográficas para la Arenisca existente en la antigua Cantera de Servita, se tomara la siguiente tabla:

Tabla 5 Aproximación de clasificación de esfuerzos en roca. (Selby 1993).

Description	Uniaxial compressive strength, MPa	Point load strength L_{50} , MPa	Schmidt Hammer N-Type, 'R'	Characteristic rocks
Very weak rock – Crumbles under shrap blows with geological pick point, can be cut with pocket knife.	1-25	0.04-1.0	10-35	Weathered weakly Compacted sedimentary rocks-chalk, rock salt
Weak rock – shallow Cuts or scraping with pocket knife with difficulty, pick point indents deeply with firm blow	25-50	1.0-1.5	35-40	Weakly cemented Sedimentary rocks – coal siltstone, also schist
Moderately strong rock – knife cannot be used to scrape or peel surface, shallow indentation under firm blow from pick point	50-100	1.5-4.0	40-50	Competent sedimentary Rocks – sandstone shale, slate
Strong rock – hand-held sample breaks with one m firm blow from hammer end of geological pick	100-200	4.0-10.0	50-60	Competent igneous and Metamorphic rocks – marble, granite, gneiss
Very strong rock – requires many blows a from geological pick to break intact sample	>200	>10	>60	Dense fine-grained igneous and metamorphic rocks – quartzite, dolerite, gabbro, basalt.

Fuente: Art. A correlation between Schmidt hammer rebound numbers with impact strength index, slake durability index and P-wave velocity. Int J Earth Sci (Geol Rundsch).

4.3 Clasificación de la información

En los análisis de relación entre Índice de Carga Puntual y el Número de Rebote del Martillo Schmidt se deben agrupar los datos de acuerdo con los siguientes factores: tipo de roca, dirección de la ejecución de los ensayos de acuerdo con planos preferenciales de debilidad y anisotropía, grado de meteorización, contenido de humedad, densidad y porosidad.

Por lo anterior, se definió un área de trabajo específica demarcando los puntos de toma de datos mediante numeración sobre la cara del talud de manera tal que el material estuviese en las mismas condiciones para todos los puntos, y haciendo coincidir los puntos de toma de muestra de la carga puntual con los sitios donde de tomo el valor del número de rebote del martillo Schmidt.



Figura 14 Puntos de toma de muestras

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Toma de datos

Una vez definidos los puntos donde se tomarían las muestras, enumerando los sitios de 1 a 100 desde la parte media del talud hasta la parte más baja del mismo sobre el costado derecho del talud, se procedió a definir las jornadas de toma de datos.

4.4.1 Ensayo de Número de Rebote con Martillo Schmidt

El procedimiento para la toma y ejecución del ensayo se realizó de acuerdo a la Norma ASTM C 805-2002.

Con los puntos definidos sobre el talud seleccionado, se dio inicio con la toma de cinco (5) datos por punto, esto manteniendo la inclinación de 90 grados respecto a terreno.

Se realizó la toma de los datos en superficie, con el precepto que el material fuera el correspondiente a la muestra que se tomaría para el ensayo de carga puntual, de manera tal que no se tuvieran variaciones en las características de los materiales a evaluar.





Figura 15 Toma de datos en los diferentes puntos

Fuente: Elaboración propia.

Para la toma de los datos y análisis de los resultados, se contó con el apoyo de la geóloga Ma. Alejandra Torres.

4.4.2 Ensayo de carga puntual

El procedimiento para la toma y ejecución del ensayo se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D 5731:1995 y de acuerdo con lo estipulado en la serie completa de los métodos recomendados por la ISRM para la caracterización de rocas en el laboratorio emitido por la Sociedad Colombiana de Geotecnia por medio del profesor Álvaro de la Cruz Correa en noviembre de 2013.



Figura 16 Muestras con extractor de núcleos

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos los puntos de trabajo (los mismos de la toma de datos del ensayo de Martillo Schmidt), se identificó que la extracción de las muestras no se podría realizar manualmente puesto que se tendrían muestras muy pequeñas y alteradas porque se tendrían que dar demasiados golpes del martillo para obtener muestras aptas para este ensayo. Por lo anterior, se consideró necesario la utilización de un extractor de núcleos.



Figura 17 Toma de muestras con extractor de núcleos

Fuente: Elaboración propia.

Para la extracción de las muestras y ejecución de los ensayos de las mismas, se contó con el apoyo del laboratorio PAVIM CONC S.A.S.

4.5 Análisis de resultados

4.5.1 Definición de la correlación

De la recopilación de la información levantada en campo se obtuvo la siguiente tabla resumen, en los Anexos A y B se presentan los resultados de laboratorio de cada uno de los ensayos.

Tabla 6 Tabla de datos para definición de correlación.

No. De muestra	Número de rebote RN (MPa)	Is₅₀ corregido (MPa)
1	30,78	6,02
2	30,46	6,10
3	31,11	5,96
4	31,76	6,06
5	32,41	6,05
6	32,08	6,00
7	30,46	5,90
8	34,36	6,07
9	31,43	5,97
10	32,73	5,95
11	35,98	5,99
12	33,22	6,04
13	30,46	6,01
14	34,36	5,93
15	33,38	6,09
16	35,33	5,97
17	34,36	5,90
18	37,94	6,03
19	34,03	6,09
20	33,38	5,94
21	34,68	5,92
22	32,89	5,95
23	36,31	5,94
24	31,43	5,93
25	31,11	6,03
26	31,76	6,10
27	34,03	6,00
28	32,57	6,08
29	32,41	5,95
30	32,57	6,09
31	31,27	6,00
32	31,11	6,10
33	30,46	5,91
34	32,08	6,04

No. De muestra	Número de rebote RN (MPa)	Is₅₀ corregido (MPa)
35	31,11	5,92
36	35,01	5,93
37	35,98	5,95
38	34,03	5,97
39	33,06	6,00
40	32,41	6,00
41	34,68	5,97
42	34,36	6,04
43	33,22	6,03
44	35,66	6,06
45	33,06	5,99
46	33,06	6,10
47	33,38	6,14
48	32,08	5,87
49	32,73	5,90
50	38,91	5,99
51	34,68	5,98
52	32,08	6,08
53	30,46	6,03
54	34,03	5,99
55	34,68	6,13
56	32,73	6,01
57	31,76	6,15
58	31,11	6,05
59	30,46	6,15
60	32,08	6,02
61	31,43	6,03
62	31,43	5,99
63	31,11	6,08
64	31,43	5,99
65	32,41	5,92
66	30,78	6,14
67	31,92	5,99
68	32,57	6,13
69	35,66	5,94
70	30,13	6,08

No. De muestra	Número de rebote RN (MPa)	Is₅₀ corregido (MPa)
71	31,43	5,96
72	34,36	5,89
73	30,46	5,88
74	30,46	6,00
75	30,13	6,14
76	30,13	5,83
77	32,41	5,97
78	30,46	6,01
79	33,06	5,96
80	30,78	6,05
81	31,11	5,95
82	34,36	6,03
83	32,08	5,95
84	35,01	5,98
85	35,33	6,06
86	32,41	5,97
87	32,08	5,99
88	32,08	5,85
89	30,78	6,01
90	30,46	5,94
91	32,73	6,10
92	36,31	6,13
93	30,46	6,01
94	35,98	6,15
95	30,46	6,03
96	34,68	6,06
97	30,46	6,16
98	31,11	5,97
99	30,13	6,13
100	35,98	5,85

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos mostrados en la tabla anterior se procedió a realizar la graficación de los datos con el objeto de proponer la correlación que asociará estos dos índices de resistencia de la roca Arenisca de estudio.

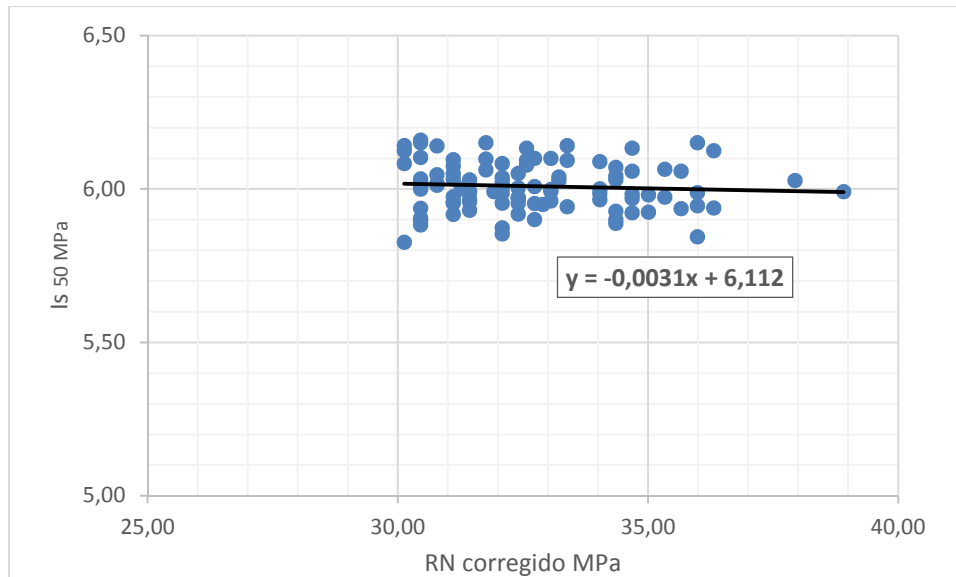


Figura 18 Gráfica propuesta de la correlación entre los valores del Número de Rebote de Martillo Schmidt y el índice de Carga Puntual

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, la nube de puntos está concentrada, de manera que la dispersión de los datos es muy baja de lo que se puede predecir que la confiabilidad en los datos es aceptable.

Por otro lado, esto se puede interpretar bajo la siguiente ecuación:

$$Y = -0.0031X + 6.112 \text{ Ecuación 4.1}$$

Sin embargo, no se puede hacer de manera tan directa puesto que la confiabilidad de la línea de tendencia tiene una confiabilidad baja.

4.5.2 Definición de valor de Compresión simple

4.5.2.1 Correlación con el Número de Rebote de Martillo Schmidt

De acuerdo con la bibliografía la correlación más acertada para el tipo de roca analizada, es la definida por Singh et al. (1983) como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7 Correlación empíricas entre la compresión Uniaxial (UCS) y el Número de Rebote de Martillo Schmidt

Source	Equation*	R	Rock Type(s)
Singh et al. (1983)	$UCS = 2 H_R$	0.72	30 Sedimentary units
Shorey et al. (1984)	$UCS = 0.4 H_R - 3.6$	0.94	20 Lithological units
Haramy and DeMarco (1985)	$UCS = 0.994 H_R - 0.383$	0.70	10 Lithological units
O'Rourke (1989)	$UCS = 702 H_R - 11040$ (psi)	0.77	Sandstone, Siltstone, Limestone and Anhydrite
Sachpazis (1990)	$UCS = (H_R - 15.7244) / 0.2329$	0.91	33 Lithological units
Aggistalis (1996)	$UCS = 1.31 H_R - 2.52$	0.55	Gabbro and basalt
Katz et al. (2000)	$UCS = 0.792 + 0.067 H_R \pm 0.231$	0.96	7 Different rock types

R regression coefficient, the notation of H_R was used in lieu of *N* to represent Schmidt values

*Equations as presented in Dinçer et al. 2004.

Fuente: Tomado de VELLONE, DANIEL. Measuring Engineering Properties Of Nyc Rocks Using A Schmidt Rebound Hammer – Preliminary Results. 2007

Con base a estos resultados se procedió a definir el valor de correlación de cada uno de los puntos de ensayo para así determinar el valor promedio para el material.

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos a partir de la correlación seleccionada.

Tabla 8 Valores de Compresión Simple para el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt

ESTACION	RN Corregido Promedio (MPa)	σ_{ci}
		Singh (1983) (MPa)
1	30,8	61,6
2	30,5	60,9
3	31,1	62,2
4	31,8	63,5
5	32,4	64,8
6	32,1	64,2
7	30,5	60,9
8	34,4	68,7
9	31,4	62,9
10	32,7	65,5
11	36,0	72,0
12	33,2	66,4
13	30,5	60,9
14	34,4	68,7
15	33,4	66,8
16	35,3	70,7
17	34,4	68,7
18	37,9	75,9
19	34,0	68,1
20	33,4	66,8
21	34,7	69,4
22	32,9	65,8
23	36,3	72,6
24	31,4	62,9
25	31,1	62,2
26	31,8	63,5
27	34,0	68,1
28	32,6	65,1
29	32,4	64,8
30	32,6	65,1
31	31,3	62,5
32	31,1	62,2
33	30,5	60,9
34	32,1	64,2

ESTACION	RN Corregido Promedio (MPa)	σ_{ci}
		Singh (1983) (MPa)
35	31,1	62,2
36	35,0	70,0
37	36,0	72,0
38	34,0	68,1
39	33,1	66,1
40	32,4	64,8
41	34,7	69,4
42	34,4	68,7
43	33,2	66,4
44	35,7	71,3
45	33,1	66,1
46	33,1	66,1
47	33,4	66,8
48	32,1	64,2
49	32,7	65,5
50	38,9	77,8
51	34,7	69,4
52	32,1	64,2
53	30,5	60,9
54	34,0	68,1
55	34,7	69,4
56	32,7	65,5
57	31,8	63,5
58	31,1	62,2
59	30,5	60,9
60	32,1	64,2
61	31,4	62,9
62	31,4	62,9
63	31,1	62,2
64	31,4	62,9
65	32,4	64,8
66	30,8	61,6
67	31,9	63,8
68	32,6	65,1
69	35,7	71,3
70	30,1	60,3

ESTACION	RN Corregido Promedio (MPa)	σ_{ci}
		Singh (1983) (MPa)
71	31,4	62,9
72	34,4	68,7
73	30,5	60,9
74	30,5	60,9
75	30,1	60,3
76	30,1	60,3
77	32,4	64,8
78	30,5	60,9
79	33,1	66,1
80	30,8	61,6
81	31,1	62,2
82	34,4	68,7
83	32,1	64,2
84	35,0	70,0
85	35,3	70,7
86	32,4	64,8
87	32,1	64,2
88	32,1	64,2
89	30,8	61,6
90	30,5	60,9
91	32,7	65,5
92	36,3	72,6
93	30,5	60,9
94	36,0	72,0
95	30,5	60,9
96	34,7	69,4
97	30,5	60,9
98	31,1	62,2
99	30,1	60,3
100	36,0	72,0

Fuente: Elaboración propia.

Los valores oscilan entre los 60.3MPa y los 77.8MPa, con un valor promedio de los datos de 65.4 MPa.

Tabla 9 Clasificación de la roca a partir de su resistencia a la compresión simple

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Bieniawski (1973)	Ejemplos
1-5	Muy blanda	Blanda > 1,25	Muy baja	Sal, lutita, limolita, marga, toba, carbón.
5-12,5	Blanda	Moderadamente blanda		
12,5-25		Moderadamente dura		
25-50	Moderadamente dura		Baja	Esquisto, pizarra.
50-100	Dura	Dura	Media	Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneiss, arenisca, caliza porosa.
100-200	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, arenisca muy cementada, caliza, dolomía.
> 200		Extremadamente dura	Extremadamente dura	Muy alta
> 250				

Fuente: Tomado de Ingeniería Geológica. Gonzalez Vallejo

Mediante la aplicación de la correlación para la obtención del valor de UCS tomada de la Tabla 7, se concluye que pese a que los valores de RN están un poco por debajo de los estimados en la Tabla 5, esto se debe posiblemente a que la arenisca que aflora en la Cantera en cuestión tiene un grado de meteorización en superficie de tipo R4, que fue el punto donde se tomaron los datos, al aplicar la correlación definida se encuentra que el valor está dentro del rango de valores estimados en la Tabla 9.

4.5.2.2 Correlación con el índice de Carga Puntual

De acuerdo con la bibliografía la correlación más acertada para el tipo de roca analizada, es la definida por Singh et al. (1983) como se muestra en la siguiente tabla.

$$R_c = 14 \approx 16 I_s^{(50)} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Fuente: Considerations on strength of intact sedimentary rocks [J]. Engineering Geology. 2004

Con base a los resultados obtenidos en los ensayos y definiendo el valor de $R_C=14$ teniendo en cuenta que es una roca meteorizada (R4), se procedió a definir el valor de correlación para cada uno de los puntos de ensayo y así determinar el valor promedio para el material.

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos a partir de la correlación seleccionada.

Tabla 10 Valores de Compresión Simple para el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt

No. De muestra	Is₅₀ (MPa) corregido	R_C
1	6,02	84,27
2	6,10	85,45
3	5,96	83,44
4	6,06	84,88
5	6,05	84,73
6	6,00	84,07
7	5,90	82,58
8	6,07	84,99
9	5,97	83,54
10	5,95	83,34
11	5,99	83,84
12	6,04	84,56
13	6,01	84,13
14	5,93	82,99
15	6,09	85,31
16	5,97	83,65
17	5,90	82,61
18	6,03	84,40
19	6,09	85,26
20	5,94	83,20
21	5,92	82,93
22	5,95	83,31
23	5,94	83,14
24	5,93	83,04
25	6,03	84,46
26	6,10	85,37

No. De muestra	Is₅₀ (MPa) corregido	R_C
27	6,00	84,01
28	6,08	85,10
29	5,95	83,37
30	6,09	85,32
31	6,00	84,01
32	6,10	85,34
33	5,91	82,68
34	6,04	84,54
35	5,92	82,85
36	5,93	82,96
37	5,95	83,25
38	5,97	83,53
39	6,00	83,99
40	6,00	84,07
41	5,97	83,58
42	6,04	84,60
43	6,03	84,39
44	6,06	84,83
45	5,99	83,90
46	6,10	85,41
47	6,14	86,00
48	5,87	82,24
49	5,90	82,61
50	5,99	83,88
51	5,98	83,77
52	6,08	85,18
53	6,03	84,47
54	5,99	83,82
55	6,13	85,88
56	6,01	84,12
57	6,15	86,12
58	6,05	84,71
59	6,15	86,12
60	6,02	84,34
61	6,03	84,43
62	5,99	83,88
63	6,08	85,06

No. De muestra	Is₅₀ (MPa) corregido	R_C
64	5,99	83,88
65	5,92	82,87
66	6,14	85,97
67	5,99	83,88
68	6,13	85,88
69	5,94	83,12
70	6,08	85,18
71	5,96	83,44
72	5,89	82,44
73	5,88	82,38
74	6,00	84,00
75	6,14	86,00
76	5,83	81,58
77	5,97	83,63
78	6,01	84,18
79	5,96	83,47
80	6,05	84,67
81	5,95	83,37
82	6,03	84,45
83	5,95	83,36
84	5,98	83,74
85	6,06	84,91
86	5,97	83,58
87	5,99	83,82
88	5,85	81,97
89	6,01	84,18
90	5,94	83,12
91	6,10	85,41
92	6,13	85,76
93	6,01	84,16
94	6,15	86,12
95	6,03	84,35
96	6,06	84,82
97	6,16	86,23
98	5,97	83,65
99	6,13	85,76
100	5,85	81,83

Fuente: Elaboración propia.

Los valores oscilan entre los 81.3MPa y los 86.2MPa, con un valor promedio de los datos de 84.13MPa.

Pese a que los valores de Índice de Carga Puntual están un por encima de los estimados en la Tabla 5, esto posiblemente debido a que las muestras de arenisca se tomaron con extractor de núcleos atravesando el material más alterado, los valores se mantienen dentro del rango de los valores definidos en la Tabla 9.

4.5.3 Análisis estadístico

Al no ser concluyente la correlación mediante una ecuación de primer orden, se procedió a analizar los resultados de los dos ensayos de manera independiente mediante las herramientas estadísticas.

Tabla 11 Análisis estadístico para ensayo de Número de Rebote del Martillo Schmidt

TAMAÑO (n)	100,00
MEDIA (m)	32,68
VARIANZA (v)	3,72
DESVIACION (d)	0,705
ASIMETRIA	0,768
CURTOSIS	0,131
Max D+	0,3218
Max D-	0,3118
D	0,322
Alpha 95%	0,050
c alpha	0,895
K (n) = K (100)	10,08
D (Alpha)	0,0888

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados presentados en la tabla anterior se concluye que La función no es simétrica puesto que los datos se reúnen hacia la parte izquierda (Ver siguiente figura), de tipo Mesocurtica, es decir que los datos se concentran hacia la media.

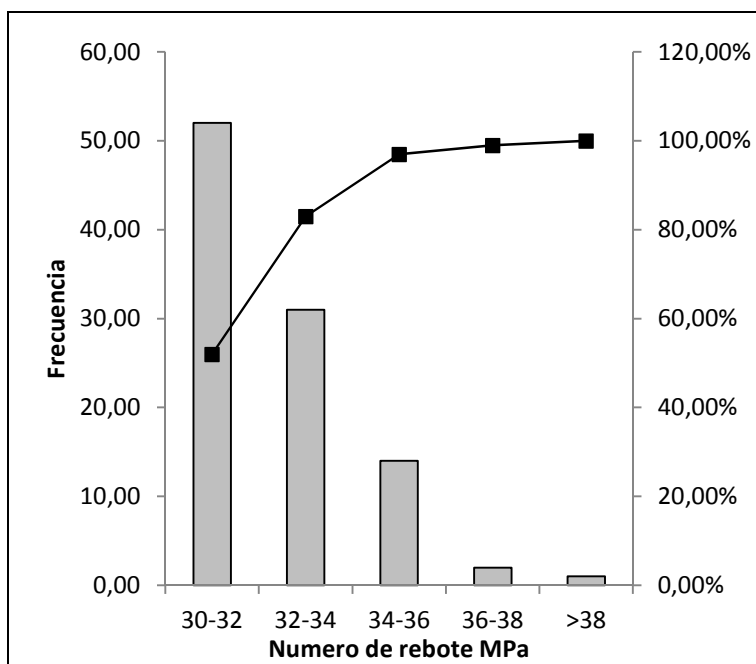


Figura 19 Histograma de datos de Número de Rebote

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Análisis estadístico para ensayo de Carga Puntual

TAMAÑO (n)	100,00
MEDIA (m)	6,01
VARIANZA (v)	0,01
DESVIACION (d)	0,048
ASIMETRIA	0,039
CURTOSIS	-0,523
Max D+	0,9999
Max D-	0,9991
D	1,000
Alpha 95%	0,050
c alpha	0,895
K (n) = K (100)	10,08
D (Alpha)	0,0888

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados presentados en la tabla anterior se concluye que la función es simétrica, de tipo platicúrtica, es decir que los datos no se concentran hacia la media.

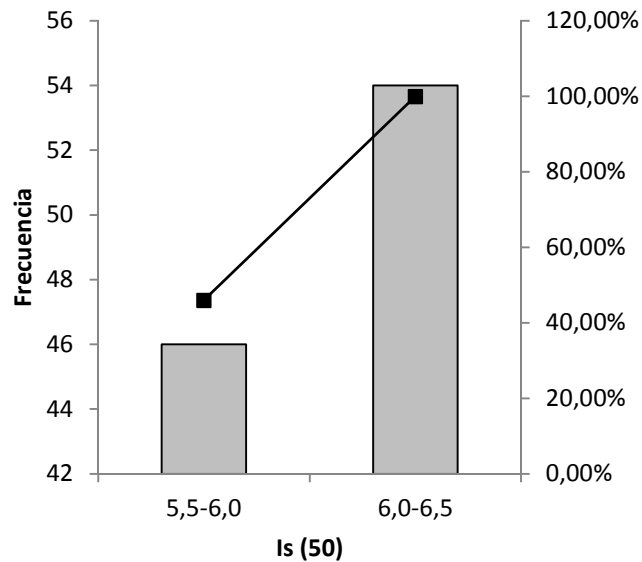


Figura 20 Histograma de datos de Carga Puntual

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo C, se presentan los soportes de análisis de los datos, de ellos se concluyen que no presentan una distribución normal de acuerdo con la prueba de SMIRNOV – KOLMOGOROV.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La zona de estudio se localiza en la Cordillera Oriental, en la Ciudad de Bogotá, más específicamente sobre la Carrera Séptima (7), donde se presentan rocas sedimentarias de origen marino y continental de edades que van desde el Cretácico al holoceno.
- La toma de los datos del Número de Rebote del Martillo Schmidt, se realizó en los puntos definidos sobre el talud seleccionado, manteniendo la inclinación de 90 grados respecto a terreno para los 5 datos que se tomaban por punto. Se tuvo presente en todas las tomas, que el material fuera el correspondiente a la muestra definida inicialmente de manera tal que no se tuvieran variaciones en las características de los materiales a evaluar.
- Una vez definidos los puntos de trabajo (los mismos de la toma de datos del ensayo Número de Rebote de Martillo Schmidt), se identificó que la extracción de las muestras no se podría realizar manualmente puesto que las muestras de superficie no poseían las características mínimas para considerarse como muestras, razón por la cual se hizo necesario la utilización de un extractor de núcleos.
- Se debe tomar en cuenta que la toma de los datos se debe hacer en el mismo sentido, es decir que las cargas se deben aplicar sobre las mismas caras. En el caso del ensayo de carga puntual se ejecutó de manera diametral y para ser congruente

al 100% con el ensayo de índice de rebote de Martillo Schmidt se debería haber ejecutado el ensayo de manera axial.

- La diferencia entre los resultados de los ensayos se podría aludir al hecho que los datos de Número de Rebote del Martillo Schmidt se tomaron en superficie, es decir en la parte más alterada de la roca, mientras que las muestras del índice de Carga Puntual se tomaron mediante la extracción de núcleos, es decir en una zona donde la roca está más fresca.
- La toma de datos del Número de Rebote del Martillo Schmidt, no se deben tomar en superficie, sino que se debe hacer un retiro del material superficial de la zona, esto con el objeto de tener valores más acertados de los parámetros de resistencia de las cimentaciones o estructuras de túneles a construir.
- Los valores obtenidos en la toma de datos tanto en el ensayo de Número de Rebote de Martillo de Schmidt y los datos obtenidos en los resultados de los ensayos de Índice de Carga Puntal, están dentro del rango definido en la Tabla 5. Lo que quiere decir que los ensayos tuvieron una buena ejecución.
- Como se puede observar en la Figura 18, la nube de puntos está concentrada, de manera que la dispersión de los datos es muy baja de lo que se puede predecir que la confiabilidad en los datos es aceptable. Por otro lado, se presenta una correlación bajo la Ecuación 4.1 que describe el comportamiento del índice de Carga Puntual en función del número de rebote del Martillo Schmidt.
Sin embargo, esta no es una correlación válida para la aplicación de un modelo, por lo que se hace necesario analizar los resultados desde una perspectiva estadística.
- Mediante la aplicación de la correlación para la obtención del valor de UCS tomada de la Tabla 7, se concluye que pese a que los valores de RN están un poco por debajo de los estimados en la Tabla 5, esto se debe posiblemente a que la arenisca que aflora en la Cantera en cuestión tiene un grado de meteorización en superficie de tipo R4, que fue el punto donde se tomaron los datos, al aplicar la correlación

definida se encuentra que el valor está dentro del rango de valores estimados en la Tabla 9.

- Mediante la aplicación de la correlación para la obtención del valor de R_c tomada de la Ecuación 4.2, se concluye que pese a que los valores de Índice de Carga Puntual están un por encima de los estimados en la Tabla 5, esto posiblemente debido a que las muestras de arenisca se tomaron con extractor de núcleos atravesando el material más alterado, los valores se mantienen dentro del rango de los valores definidos en la Tabla 9.
- Al no ser concluyente la correlación mediante una ecuación de primer orden, se procedió a analizar los resultados de los dos ensayos de manera independiente mediante las herramientas estadísticas.

En el Anexo C, se presentan los soportes de análisis de los datos, de ellos se concluyen que no presentan una distribución normal de acuerdo con la prueba de SMIRNOV – KOLMOGOROV.

- Con los resultados obtenidos de los dos ensayos, no se hizo posible realizar una correlación directa entre los mismos, puesto que aunque la dispersión en los datos no era muy alta (inferior al 1%) no permiten una linealización de los datos y del análisis estadístico se definió que los resultados de los dos ensayos no presentan una distribución normal, lo que podría ser resultado del hecho de tomar datos en zonas con diferentes grados de meteorización.
- Mediante la interpretación de los datos estadísticos encontramos que el valor promedio encontrado para el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt fue de 32,68 y el del ensayo de Índice de Carga Puntual fue de 6,01. De lo anterior se podría inferir que la relación entre estos valores es de aproximadamente 5,5. Es decir, que el Número de Rebote de Martillo Schmidt es 5,5 veces el Índice de Carga Puntual.

5.2 Recomendaciones

En el evento que se realicen en un futuro nuevos trabajos de investigación sobre el tema, se recomienda:

- La toma de los datos del Número de Rebote de Martillo Schmidt se deberá ejecutar sobre el fondo de la muestra extraída, en el caso en el que se haga extracción de núcleos. Esto con el objeto de tener valores más aproximados de la resistencia, puesto que el material en superficie está más alterado.
- El ensayo de Índice de Carga Puntual se deberá aplicar en el mismo sentido sobre la muestra sobre el que se aplique el ensayo de Número de Rebote de Martillo Schmidt.
- Plantear trabajos de investigación en los cuales se haga una zonificación del talud, teniendo en cuenta en la parte superior del área de estudio se encuentra un nacimiento de agua, el cual podría afectar los resultados arrojados para esta zona.
- Plantear trabajos de investigación en los que se analice la incidencia de la zona de falla identificada en la zona, respecto a los parámetros levantados en este trabajo.
- Plantear trabajos de investigaciones, donde se incluya el ensayo de compresión inconfiada, con el objeto de tener una correlación directa.

ANEXOS

A. Anexo: Soporte del ensayo de Índice de Carga Puntual

INFORME DE ENSAYOS
ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS
NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No, 166-45 SERVITA.
 INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 OBRA: CRA 7 No, 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23
 DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25
 MUESTRAS No 1-15
 INFORME PC N°: 303-2016

N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D_o^2 (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D_o (mm)	CARGA PUNTUAL I_s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA $I_{s(50)}$ (MPa)
1	1	D	55	51	15,52	2601	51,0	5,97	1,009	6,02
2	2	D	55	51	15,73	2601	51,0	6,05	1,009	6,10
3	3	D	101	51	15,36	2601	51,0	5,91	1,009	5,96
4	4	D	53	51	15,62	2601	51,0	6,01	1,009	6,06
5	5	D	104	51	15,60	2601	51,0	6,00	1,009	6,05
6	6	D	84	51	15,47	2601	51,0	5,95	1,009	6,00
7	7	D	59	51	15,21	2601	51,0	5,85	1,009	5,90
8	8	D	68	51	15,65	2601	51,0	6,02	1,009	6,07
9	9	D	72	51	15,39	2601	51,0	5,92	1,009	5,97
10	10	D	53	51	15,34	2601	51,0	5,90	1,009	5,95
11	11	D	51	51	15,44	2601	51,0	5,94	1,009	5,99
12	12	D	68	51	15,57	2601	51,0	5,99	1,009	6,04
13	13	D	58	51	15,49	2601	51,0	5,96	1,009	6,01
14	14	D	72	51	15,29	2601	51,0	5,88	1,009	5,93
15	15	D	73	51	15,70	2601	51,0	6,04	1,009	6,09

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA

REVISÓ Y APROBÓ: 
 JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
 Director de Laboratorio.

INFORME DE ENSAYOS
ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS

NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No. 166-45 SERVITA.
 INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 OBRA: CRA 7 No. 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23
 DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25
 MUESTRAS No 16-30
 INFORME PC N°: 303-2016

N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D_o^2 (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D_o (mm)	CARGA PUNTUAL I_s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA $I_{s(50)}$ (MPa)
16	16	D	74	51	15,39	2601	51,0	5,92	1,009	5,97
17	17	D	70	51	15,21	2601	51,0	5,85	1,009	5,90
18	18	D	69	51	15,54	2601	51,0	5,98	1,009	6,03
19	19	D	71	51	15,70	2601	51,0	6,04	1,009	6,09
20	20	D	76	51	15,31	2601	51,0	5,89	1,009	5,94
21	21	D	75	51	15,26	2601	51,0	5,87	1,009	5,92
22	22	D	77	51	15,34	2601	51,0	5,90	1,009	5,95
23	23	D	83	51	15,31	2601	51,0	5,89	1,009	5,94
24	24	D	78	51	15,29	2601	51,0	5,88	1,009	5,93
25	25	D	72	51	15,54	2601	51,0	5,98	1,009	6,03
26	26	D	76	51	15,73	2601	51,0	6,05	1,009	6,10
27	27	D	69	51	15,47	2601	51,0	5,95	1,009	6,00
28	28	D	101	51	15,67	2601	51,0	6,03	1,009	6,08
29	29	D	81	51	15,34	2601	51,0	5,90	1,009	5,95
30	30	D	77	51	15,70	2601	51,0	6,04	1,009	6,09

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA

REVISÓ Y APROBÓ: 
 JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
 Director de Laboratorio.

LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
 EL PRESENTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DE LABORATORIOS PAVIM CONC LTDA. Y EL CLIENTE.

INFORME DE ENSAYOS
ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS

NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO

DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No. 166-45 SERVITA.

INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO

OBRA: CRA 7 No. 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23

DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25

MUESTRAS No 30-45

INFORME PC N°: 303-2016

N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D_o^2 (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D_o (mm)	CARGA PUNTUAL I_s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA $I_{s(50)}$ (MPa)
31	31	D	64	51	15,47	2601	51	5,95	1,009	6,00
32	32	D	73	51	15,73	2601	51	6,05	1,009	6,10
33	33	D	85	51	15,24	2601	51	5,86	1,009	5,91
34	34	D	59	51	15,57	2601	51	5,99	1,009	6,04
35	35	D	74	51	15,26	2601	51	5,87	1,009	5,92
36	36	D	95	51	15,29	2601	51	5,88	1,009	5,93
37	37	D	56	51	15,34	2601	51	5,90	1,009	5,95
38	38	D	81	51	15,39	2601	51	5,92	1,009	5,97
39	39	D	82	51	15,47	2601	51	5,95	1,009	6,00
40	40	D	101	51	15,47	2601	51	5,95	1,009	6,00
41	41	D	83	51	15,39	2601	51	5,92	1,009	5,97
42	42	D	87	51	15,57	2601	51	5,99	1,009	6,04
43	43	D	98	51	15,54	2601	51	5,98	1,009	6,03
44	44	D	96	51	15,62	2601	51	6,01	1,009	6,06
45	45	D	75	51	15,44	2601	51	5,94	1,009	5,99

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA

REVISÓ Y APROBÓ: 
JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
 Director de Laboratorio.

LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN UNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
 EL PRESENTE INFORME NO ES VALIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
 PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACION DE LABORATORIOS PAVIM CONC LTDA. Y EL CLIENTE.

**INFORME DE ENSAYOS
 ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS**

NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No. 166-45 SERVITA.
 INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 OBRA: CRA 7 No. 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23
 DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25
 MUESTRAS No 45-60
 INFORME PC N°: 303-2016

N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D_o^2 (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D_o (mm)	CARGA PUNTUAL I_s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA $I_{s(50)}$ (MPa)
46	46	D	36	31	7,27	961	31	7,56	0,806	6,10
47	47	D	43	31	7,32	961	31	7,61	0,806	6,14
48	48	D	59	31	6,99	961	31	7,28	0,806	5,87
49	49	D	45	31	7,03	961	31	7,32	0,806	5,90
50	50	D	36	31	7,14	961	31	7,43	0,806	5,99
51	51	D	43	31	7,13	961	31	7,42	0,806	5,98
52	52	D	35	31	7,25	961	31	7,54	0,806	6,08
53	53	D	36	31	7,19	961	31	7,48	0,806	6,03
54	54	D	40	31	7,14	961	31	7,43	0,806	5,99
55	55	D	51	31	7,30	961	31	7,60	0,806	6,13
56	56	D	42	31	7,16	961	31	7,45	0,806	6,01
57	57	D	34	31	7,33	961	31	7,63	0,806	6,15
58	58	D	36	31	7,21	961	31	7,50	0,806	6,05
59	59	D	35	31	7,33	961	31	7,63	0,806	6,15
60	60	D	40	31	7,17	961	31	7,46	0,806	6,02

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA

REVISÓ Y APROBÓ: 
 JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
 Director de Laboratorio.

LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
 EL PRESENTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DE LABORATORIOS PAVIM CONC LTDA. Y EL CLIENTE.

INFORME DE ENSAYOS
ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS

NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No. 166-45 SERVITA.
 INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 OBRA: CRA 7 No. 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23
 DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25
 MUESTRAS No 61-75
 INFORME PC N°: 303-2016

N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D_o^2 (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D_o (mm)	CARGA PUNTUAL I_s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA $I_{s(50)}$ (MPa)
61	61	D	32	31	7,19	961	31	7,48	0,806	6,03
62	62	D	40	31	7,14	961	31	7,43	0,806	5,99
63	63	D	45	31	7,25	961	31	7,54	0,806	6,08
64	64	D	66	31	7,14	961	31	7,43	0,806	5,99
65	65	D	34	31	7,05	961	31	7,34	0,806	5,92
66	66	D	65	31	7,32	961	31	7,61	0,806	6,14
67	67	D	43	31	7,14	961	31	7,43	0,806	5,99
68	68	D	50	31	7,30	961	31	7,60	0,806	6,13
69	69	D	52	31	7,08	961	31	7,37	0,806	5,94
70	70	D	76	31	7,25	961	31	7,54	0,806	6,08
71	71	D	68	31	7,10	961	31	7,39	0,806	5,96
72	72	D	35	31	7,02	961	31	7,30	0,806	5,89
73	73	D	76	31	7,01	961	31	7,29	0,806	5,88
74	74	D	61	31	7,15	961	31	7,44	0,806	6,00
75	75	D	36	31	24,68	961	31	25,68	0,806	20,71

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA

REVISÓ Y APROBÓ: JORGE A. DAZA
 JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
 Director de Laboratorio.

INFORME DE ENSAYOS
ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS

NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO

DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No. 166-45 SERVITA.

INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO

OBRA: CRA 7 No. 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23

DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25

MUESTRAS No 76-90

INFORME PC N°: 303-2016

N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D_o^2 (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D_o (mm)	CARGA PUNTUAL I_s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA $I_{s(50)}$ (MPa)
76	76	D	35	51	15,03	2601	51	5,78	1,009	5,83
77	77	D	58	51	15,39	2601	51	5,92	1,009	5,97
78	78	D	56	51	15,49	2601	51	5,96	1,009	6,01
79	79	D	44	51	15,36	2601	51	5,91	1,009	5,96
80	80	D	59	51	15,60	2601	51	6,00	1,009	6,05
81	81	D	78	51	15,34	2601	51	5,90	1,009	5,95
82	82	D	38	51	15,54	2601	51	5,98	1,009	6,03
83	83	D	39	51	15,34	2601	51	5,90	1,009	5,95
84	84	D	52	51	15,42	2601	51	5,93	1,009	5,98
85	85	D	38	51	15,62	2601	51	6,01	1,009	6,06
86	86	D	48	51	15,39	2601	51	5,92	1,009	5,97
87	87	D	46	51	15,44	2601	51	5,94	1,009	5,99
88	88	D	42	51	15,08	2601	51	5,80	1,009	5,85
89	89	D	60	51	15,49	2601	51	5,96	1,009	6,01
90	90	D	62	51	15,31	2601	51	5,89	1,009	5,94

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA

REVISÓ Y APROBÓ: 

JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
Director de Laboratorio.

INFORME DE ENSAYOS
ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL DE ROCAS

NORMA ASTM D 5731:1995

CÓDIGO:	P-PT-05-F-100
VERSIÓN:	6
FECHA ELABORACIÓN:	2016-08-29

COMPAÑÍA: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 DIRECCIÓN: CONOCIDA LOCALIZACIÓN: CRA 7 No. 166-45 SERVITA.
 INGENIERO: VIVIANA ANZOLA MURILLO
 OBRA: CRA 7 No. 166-45 SERVITA. FECHA DE TOMA: 2016-11-23
 DESCRIPCIÓN: PERFORACIONES CON EXTRACTOR DE NUCLEOS FECHA DE ENSAYO: 2016-11-25
 MUESTRAS No 91-100
 INFORME PC N°: 303-2016


N° DE MUESTRA	PERFORACIÓN	TIPO DE MUESTRA	ANCHO DE LA ROCA W (mm)	DIÁMETRO D (mm)	CARGA DE FALLO P (kN)	D _o ² (mm ²)	DIÁMETRO EQUIVALENTE D _o (mm)	CARGA PUNTUAL I _s (MPa)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR TAMAÑO F	CARGA PUNTUAL CORREGIDA I _{s(50)} (MPa)
91	91	D	86	31	7,27	961	31	7,56	0,806	6,10
92	92	D	40	31	7,30	961	31	7,60	0,806	6,13
93	93	D	42	31	7,16	961	31	7,45	0,806	6,01
94	94	D	60	31	7,33	961	31	7,63	0,806	6,15
95	95	D	32	31	7,19	961	31	7,48	0,806	6,03
96	96	D	50	31	7,22	961	31	7,51	0,806	6,06
97	97	D	48	31	7,34	961	31	7,64	0,806	6,16
98	98	D	43	31	7,11	961	31	7,40	0,806	5,97
99	99	D	61	31	7,30	961	31	7,60	0,806	6,13
100	100	D	78	51	15,08	2601	51	5,80	1,009	5,85
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-


OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN CONJUNTO CON LA INGENIERA VIVIANA ANZOLA


REVISÓ Y APROBÓ: 
 JORGE ANDRÉS DAZA ARDILA.
 Director de Laboratorio.


LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.
 EL PRESENTE INFORME NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA ORIGINAL.
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DE LABORATORIOS PAVIM CONC LTDA. Y EL CLIENTE.


B. Anexo: Soporte del ensayo de Número de Rebote del Martillo Schmidt


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
1	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	30,781	2,60	62,212	61,562	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
2	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	30,456	2,60	58,960	60,911	
	2	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	3	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	4	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
3	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	31,106	2,60	62,212	62,212	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	4	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	5	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
4	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	31,756	2,60	62,212	63,513	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
5	1	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36	32,407	2,60	68,716	64,814	
	2	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	4	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
6	1	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36	32,082	2,60	68,716	64,163	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	5	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σci	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	σci Singh (1983) (Mpa)
7	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	30,456	2,60	55,708	60,911	
	2	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36			68,716		
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	5	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
8	1	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36	34,358	2,60	68,716	68,716	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	4	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
9	1	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98	31,431	2,60	71,968	62,862	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
10	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	32,732	2,60	58,960	65,464	
	2	90,0	41,0	35,17	0,00	35,17			70,342		
	3	90,0	41,0	35,17	0,00	35,17			70,342		
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36			68,716		
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
11	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	35,984	2,60	55,708	71,968	
	2	90,0	46,0	39,24	0,00	39,24			78,472		
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	4	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61			75,220		
	5	90,0	46,0	39,24	0,00	39,24			78,472		
12	1	90,0	41,0	35,17	0,00	35,17	33,220	2,60	70,342	66,440	
	2	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36			68,716		
	5	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
13	1	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48	30,456	2,60	58,960	60,911
	2	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	5	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
14	1	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36	34,358	2,60	68,716	68,716
	2	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
15	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	33,382	2,60	55,708	66,765
	2	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	3	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	4	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	5	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
16	1	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36	35,334	2,60	68,716	70,667
	2	90,0	50,0	42,49		0,00	42,49		2,60	84,976	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
17	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	34,358	2,60	55,708	68,716
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	50,0	42,49		0,00	42,49		2,60	84,976	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
18	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	37,935	2,60	71,968	75,870
	2	90,0	50,0	42,49		0,00	42,49		2,60	84,976	
	3	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	4	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	5	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
19	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	34,033	2,60	55,708	68,066	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	4	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
20	1	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36	33,382	2,60	68,716	66,765	
	2	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
21	1	90,0	48,0	40,86	0,00	40,86	34,683	2,60	81,724	69,366	
	2	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
22	1	90,0	41,0	35,17	0,00	35,17	32,895	2,60	70,342	65,789	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	5	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
23	1	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61	36,309	2,60	75,220	72,618	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	3	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
	4	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
24	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	31,431	2,60	62,212	62,862	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
25	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	31,106	2,60	62,212	62,212
	2	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
26	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	31,756	2,60	71,968	63,513
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	5	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
27	1	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61	34,033	2,60	75,220	68,066
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
28	1	90,0	41,0	35,17		0,00	35,17	32,569	2,60	70,342	65,139
	2	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
29	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	32,407	2,60	62,212	64,814
	2	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
30	1	90,0	41,0	35,17		0,00	35,17	32,569	2,60	70,342	65,139
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σci	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	σci Singh (1983) (Mpa)
31	1	90,0	41,0	35,17		0,00	35,17	31,269	2,60	70,342	62,537
	2	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
32	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	31,106	2,60	55,708	62,212
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
33	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	30,456	2,60	55,708	60,911
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
34	1	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48	32,082	2,60	58,960	64,163
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
35	1	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73	31,106	2,60	65,464	62,212
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
36	1	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48	35,008	2,60	58,960	70,017
	2	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	3	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	4	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
37	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	35,984	2,60	71,968	71,968
	2	90,0	46,0	39,24		0,00	39,24		2,60	78,472	
	3	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
38	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	34,033	2,60	62,212	68,066
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	4	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	5	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
39	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	33,057	2,60	62,212	66,114
	2	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
40	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	32,407	2,60	62,212	64,814
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	4	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
41	1	90,0	48,0	40,86		0,00	40,86	34,683	2,60	81,724	69,366
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	4	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
42	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	34,358	2,60	71,968	68,716
	2	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	3	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	4	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
43	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	33,220	2,60	71,968	66,440
	2	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	3	90,0	41,0	35,17		0,00	35,17		2,60	70,342	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
44	1	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36	35,659	2,60	68,716	71,318
	2	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	3	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	4	90,0	48,0	40,86		0,00	40,86		2,60	81,724	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
45	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	33,057	2,60	62,212	66,114
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
46	1	90,0	41,0	35,17		0,00	35,17	33,057	2,60	70,342	66,114
	2	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	3	90,0	41,0	35,17		0,00	35,17		2,60	70,342	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
47	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	33,382	2,60	55,708	66,765
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	5	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
48	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	32,082	2,60	55,708	64,163
	2	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	5	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σci	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
49	1	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73	32,732	2,60	65,464	65,464	
	2	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	4	90,0	46,0	39,24	0,00	39,24					
	5	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
50	1	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36	38,911	2,60	68,716	77,822	
	2	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	4	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
	5	90,0	58,0	48,99	0,00	48,99					
51	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	34,683	2,60	58,960	69,366	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	5	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
52	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	32,082	2,60	58,960	64,163	
	2	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	4	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
53	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	30,456	2,60	62,212	60,911	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	3	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
54	1	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73	34,033	2,60	65,464	68,066	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	4	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σci	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	σci Singh (1983) (Mpa)
55	1	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98	34,683	2,60	71,968	69,366	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	4	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61					
56	1	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98	32,732	2,60	71,968	65,464	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
57	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	31,756	2,60	62,212	63,513	
	2	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98					
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
58	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	31,106	2,60	62,212	62,212	
	2	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
59	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	30,456	2,60	58,960	60,911	
	2	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11					
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
60	1	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98	32,082	2,60	71,968	64,163	
	2	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73					
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36					
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48					
	5	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85					


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σci	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	σci Singh (1983) (Mpa)
61	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	31,431	2,60	71,968	62,862
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
62	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	31,431	2,60	62,212	62,862
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
63	1	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48	31,106	2,60	58,960	62,212
	2	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
64	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	31,431	2,60	71,968	62,862
	2	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
65	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	32,407	2,60	55,708	64,814
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
66	1	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48	30,781	2,60	58,960	61,562
	2	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	


ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
67	1	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73	31,919	2,60	65,464	63,838	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48		2,60	58,960		
	3	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85		2,60	55,708		
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36		2,60	68,716		
	5	90,0	41,0	35,17	0,00	35,17		2,60	70,342		
68	1	90,0	41,0	35,17	0,00	35,17	32,569	2,60	70,342	65,139	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48		2,60	58,960		
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11		2,60	62,212		
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98		2,60	71,968		
	5	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11		2,60	62,212		
69	1	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61	35,659	2,60	75,220	71,318	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98		2,60	71,968		
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36		2,60	68,716		
	4	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73		2,60	65,464		
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61		2,60	75,220		
70	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	30,130	2,60	58,960	60,261	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48		2,60	58,960		
	3	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48		2,60	58,960		
	4	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73		2,60	65,464		
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48		2,60	58,960		
71	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	31,431	2,60	55,708	62,862	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48		2,60	58,960		
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11		2,60	62,212		
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36		2,60	68,716		
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36		2,60	68,716		
72	1	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61	34,358	2,60	75,220	68,716	
	2	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61		2,60	75,220		
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36		2,60	68,716		
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36		2,60	68,716		
	5	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85		2,60	55,708		

ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
73	1	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48	30,456	2,60	58,960	60,911
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
74	1	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11	30,456	2,60	62,212	60,911
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
75	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	30,130	2,60	55,708	60,261
	2	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
76	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	30,130	2,60	55,708	60,261
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
77	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	32,407	2,60	71,968	64,814
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
	5	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
78	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	30,456	2,60	55,708	60,911
	2	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	3	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	4	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	5	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	

ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
79	1	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36	33,057	2,60	68,716	66,114
	2	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	3	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36		2,60	68,716	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
80	1	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85	30,781	2,60	55,708	61,562
	2	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61		2,60	75,220	
	5	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
81	1	90,0	40,0	34,36		0,00	34,36	31,106	2,60	68,716	62,212
	2	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	3	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	4	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	
82	1	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61	34,358	2,60	75,220	68,716
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
83	1	90,0	44,0	37,61		0,00	37,61	32,082	2,60	75,220	64,163
	2	90,0	34,0	29,48		0,00	29,48		2,60	58,960	
	3	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
	4	90,0	32,0	27,85		0,00	27,85		2,60	55,708	
	5	90,0	38,0	32,73		0,00	32,73		2,60	65,464	
84	1	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98	35,008	2,60	71,968	70,017
	2	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	3	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	4	90,0	42,0	35,98		0,00	35,98		2,60	71,968	
	5	90,0	36,0	31,11		0,00	31,11		2,60	62,212	

ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
85	1	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61	35,334	2,60	75,220	70,667	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61			75,220		
86	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	32,407	2,60	62,212	64,814	
	2	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36			68,716		
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36			68,716		
87	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	32,082	2,60	55,708	64,163	
	2	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36			68,716		
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	5	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
88	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	32,082	2,60	58,960	64,163	
	2	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	3	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	5	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
89	1	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98	30,781	2,60	71,968	61,562	
	2	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
	3	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	4	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
90	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	30,456	2,60	62,212	60,911	
	2	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11			62,212		
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		

ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σci		σci Singh (1983) (Mpa)
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)		
91	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	32,732	2,60	62,212	65,464		
	2	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85						
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98						
	4	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11						
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61						
92	1	90,0	46,0	39,24	0,00	39,24	36,309	2,60	78,472	72,618		
	2	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61						
	3	90,0	48,0	40,86	0,00	40,86						
	4	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85						
	5	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98						
93	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	30,456	2,60	55,708	60,911		
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48						
	3	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48						
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36						
	5	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11						
94	1	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36	35,984	2,60	68,716	71,968		
	2	90,0	52,0	44,11	0,00	44,11						
	3	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11						
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98						
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36						
95	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	30,456	2,60	58,960	60,911		
	2	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11						
	3	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85						
	4	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36						
	5	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48						
96	1	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73	34,683	2,60	65,464	69,366		
	2	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36						
	3	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36						
	4	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61						
	5	90,0	40,0	34,36	0,00	34,36						

ESTACION	PUNTO	α (°)	LECTURA RN	RL Pooler & Farmer		RN Correccion por inclinación	RN Corregido	RN Corregido Promedio	Y (gr/cm ³)	σ_{ci}	
				VERTICAL						Singh (1983) (Mpa)	Singh (1983) (Mpa)
97	1	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85	30,456	2,60	55,708	60,911	
	2	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	3	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
98	1	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48	31,106	2,60	58,960	62,212	
	2	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	3	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
99	1	90,0	36,0	31,11	0,00	31,11	30,130	2,60	62,212	60,261	
	2	90,0	32,0	27,85	0,00	27,85			55,708		
	3	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	4	90,0	34,0	29,48	0,00	29,48			58,960		
	5	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
100	1	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61	35,984	2,60	75,220	71,968	
	2	90,0	38,0	32,73	0,00	32,73			65,464		
	3	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	4	90,0	42,0	35,98	0,00	35,98			71,968		
	5	90,0	44,0	37,61	0,00	37,61			75,220		

C. Anexo: Memorias de cálculo del análisis estadístico

PRUEBA DE SMIRNOV - KOLMOGOROV PARA DETERMINAR SI LOS DATOS SE AJUSTAN A UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL
 ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL

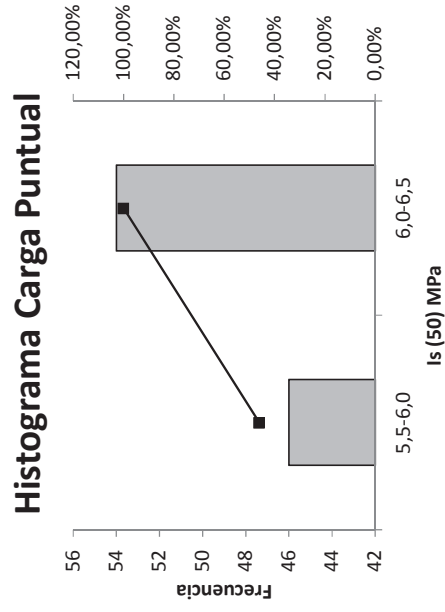
KOLMOGOROV - SMIRNOV	
TAMAÑO (n)	100,00
MEDIA (m)	6,01
VARIANZA (v)	0,01
DESVIACION (d)	0,077
ASIMETRIA	0,039
CURTOSIS	-0,523
Max D+	0,9910
Max D-	0,9810
D	0,991
Alpha 95%	0,050
c alpha	0,895
K (n) = K (100)	10,08
D (Alpha)	0,0888

VERIFICACIÓN K-S	
D>D(alpha)	Los datos no siguen una distribución normal

Los datos se concentran hacia la derecha
 Los datos no se concentran hacia la media

Intervalo de confianza del 95%
 Valor de la distribución normal

HISTOGRAMA		
Clase	Frecuencia	% acumulado
5,5-6,0	46	46,00%
6,0-6,5	54	100,00%



DATOS	fi	Fi	H(i)	H (i-1)	Z(observado)	P (Zobser)	D+	D-
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa acumulada anterior	Estandarizacion	Probabilidad z observado	Diferencia	
6,16	1	1	0,0100	0,0000	1,9520	0,9745	0,9645	0,9745
6,15	1	2	0,0200	0,0100	1,8430	0,9673	0,9473	0,9573
6,15	1	3	0,0300	0,0200	1,8430	0,9673	0,9373	0,9473
6,15	1	4	0,0400	0,0300	1,8430	0,9673	0,9273	0,9373
6,14	1	5	0,0500	0,0400	1,7339	0,9585	0,9085	0,9185
6,14	1	6	0,0600	0,0500	1,7339	0,9585	0,8985	0,9085
6,14	1	7	0,0700	0,0600	1,7073	0,9561	0,8861	0,8961
6,13	1	8	0,0800	0,0700	1,6249	0,9479	0,8679	0,8779
6,13	1	9	0,0900	0,0800	1,6249	0,9479	0,8579	0,8679
6,13	1	10	0,1000	0,0900	1,5159	0,9352	0,8352	0,8452
6,13	1	11	0,1100	0,1000	1,5159	0,9352	0,8252	0,8352
6,10	1	12	0,1200	0,1100	1,2237	0,8895	0,7695	0,7795
6,10	1	13	0,1300	0,1200	1,1889	0,8828	0,7528	0,7628
6,10	1	14	0,1400	0,1300	1,1889	0,8828	0,7428	0,7528
6,10	1	15	0,1500	0,1400	1,1531	0,8756	0,7256	0,7356
6,10	1	16	0,1600	0,1500	1,1245	0,8696	0,7096	0,7196
6,09	1	17	0,1700	0,1600	1,1011	0,8646	0,6946	0,7046
6,09	1	18	0,1800	0,1700	1,0975	0,8638	0,6838	0,6938
6,09	1	19	0,1900	0,1800	1,0507	0,8533	0,6633	0,6733
6,08	1	20	0,2000	0,1900	0,9709	0,8342	0,6342	0,6442
6,08	1	21	0,2100	0,2000	0,9709	0,8342	0,6242	0,6342
6,08	1	22	0,2200	0,2100	0,8995	0,8158	0,5958	0,6058
6,08	1	23	0,2300	0,2200	0,8618	0,8056	0,5756	0,5856
6,07	1	24	0,2400	0,2300	0,8004	0,7883	0,5483	0,5583
6,06	1	25	0,2500	0,2400	0,7222	0,7649	0,5149	0,5249
6,06	1	26	0,2600	0,2500	0,6980	0,7574	0,4974	0,5074
6,06	1	27	0,2700	0,2600	0,6499	0,7421	0,4721	0,4821
6,06	1	28	0,2800	0,2700	0,6438	0,7402	0,4602	0,4702
6,05	1	29	0,2900	0,2800	0,5532	0,7099	0,4199	0,4299
6,05	1	30	0,3000	0,2900	0,5348	0,7036	0,4036	0,4136
6,05	1	31	0,3100	0,3000	0,4980	0,6908	0,3808	0,3908
6,04	1	32	0,3200	0,3100	0,4361	0,6686	0,3486	0,3586
6,04	1	33	0,3300	0,3200	0,3956	0,6538	0,3238	0,3338
6,04	1	34	0,3400	0,3300	0,3781	0,6473	0,3073	0,3173
6,03	1	35	0,3500	0,3400	0,3153	0,6237	0,2737	0,2837
6,03	1	36	0,3600	0,3500	0,3034	0,6192	0,2592	0,2692
6,03	1	37	0,3700	0,3600	0,2927	0,6151	0,2451	0,2551
6,03	1	38	0,3800	0,3700	0,2807	0,6105	0,2305	0,2405
6,03	1	39	0,3900	0,3800	0,2495	0,5985	0,2085	0,2185

DATOS	fi	Fi	H(i)	H (i-1)	Z(observado)	P (Zobser)	D+	D-
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa acumulada anterior	Estandarizacion	Probabilidad z observado	Diferencia	
6,03	1	40	0,4000	0,3900	0,2444	0,5966	0,1966	0,2066
6,03	1	41	0,4100	0,4000	0,2078	0,5823	0,1723	0,1823
6,02	1	42	0,4200	0,4100	0,1916	0,5760	0,1560	0,1660
6,02	1	43	0,4300	0,4200	0,1326	0,5527	0,1227	0,1327
6,01	1	44	0,4400	0,4300	0,0429	0,5171	0,0771	0,0871
6,01	1	45	0,4500	0,4400	0,0429	0,5171	0,0671	0,0771
6,01	1	46	0,4600	0,4500	0,0268	0,5107	0,0507	0,0607
6,01	1	47	0,4700	0,4600	-0,0026	0,4990	0,0290	0,0390
6,01	1	48	0,4800	0,4700	-0,0103	0,4959	0,0159	0,0259
6,00	1	49	0,4900	0,4800	-0,0579	0,4769	0,0131	0,0031
6,00	1	50	0,5000	0,4900	-0,0579	0,4769	0,0231	0,0131
6,00	1	51	0,5100	0,5000	-0,1083	0,4569	0,0531	0,0431
6,00	1	52	0,5200	0,5100	-0,1083	0,4569	0,0631	0,0531
6,00	1	53	0,5300	0,5200	-0,1193	0,4525	0,0775	0,0675
6,00	1	54	0,5400	0,5300	-0,1326	0,4472	0,0928	0,0828
5,99	1	55	0,5500	0,5400	-0,2091	0,4172	0,1328	0,1228
5,99	1	56	0,5600	0,5500	-0,2283	0,4097	0,1503	0,1403
5,99	1	57	0,5700	0,5600	-0,2283	0,4097	0,1603	0,1503
5,99	1	58	0,5800	0,5700	-0,2283	0,4097	0,1703	0,1603
5,99	1	59	0,5900	0,5800	-0,2283	0,4097	0,1803	0,1703
5,99	1	60	0,6000	0,5900	-0,2671	0,3947	0,2053	0,1953
5,99	1	61	0,6100	0,6000	-0,2843	0,3881	0,2219	0,2119
5,99	1	62	0,6200	0,6100	-0,2888	0,3864	0,2336	0,2236
5,98	1	63	0,6300	0,6200	-0,3373	0,3679	0,2621	0,2521
5,98	1	64	0,6400	0,6300	-0,3603	0,3593	0,2807	0,2707
5,97	1	65	0,6500	0,6400	-0,4463	0,3277	0,3223	0,3123
5,97	1	66	0,6600	0,6500	-0,4484	0,3269	0,3331	0,3231
5,97	1	67	0,6700	0,6600	-0,4610	0,3224	0,3476	0,3376
5,97	1	68	0,6800	0,6700	-0,5114	0,3045	0,3755	0,3655
5,97	1	69	0,6900	0,6800	-0,5114	0,3045	0,3855	0,3755
5,97	1	70	0,7000	0,6900	-0,5485	0,2917	0,4083	0,3983
5,97	1	71	0,7100	0,7000	-0,5568	0,2888	0,4212	0,4112
5,96	1	72	0,7200	0,7100	-0,6122	0,2702	0,4498	0,4398
5,96	1	73	0,7300	0,7200	-0,6380	0,2617	0,4683	0,4583
5,96	1	74	0,7400	0,7300	-0,6418	0,2605	0,4795	0,4695
5,95	1	75	0,7500	0,7400	-0,7068	0,2399	0,5101	0,5001
5,95	1	76	0,7600	0,7500	-0,7083	0,2394	0,5206	0,5106
5,95	1	77	0,7700	0,7600	-0,7130	0,2379	0,5321	0,5221
5,95	1	78	0,7800	0,7700	-0,7308	0,2325	0,5475	0,5375

DATOS	fi	Fi	H(i)	H (i-1)	Z(observado)	P (Zobser)	D+	D-
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa acumulada anterior	Estandarizacion	Probabilidad z observado	Diferencia	
5,95	1	79	0,7900	0,7800	-0,7634	0,2226	0,5674	0,5574
5,95	1	80	0,8000	0,7900	-0,8138	0,2079	0,5921	0,5821
5,94	1	81	0,8100	0,8000	-0,8642	0,1937	0,6163	0,6063
5,94	1	82	0,8200	0,8100	-0,9146	0,1802	0,6398	0,6298
5,94	1	83	0,8300	0,8200	-0,9326	0,1755	0,6545	0,6445
5,94	1	84	0,8400	0,8300	-0,9382	0,1741	0,6659	0,6559
5,93	1	85	0,8500	0,8400	-1,0154	0,1550	0,6950	0,6850
5,93	1	86	0,8600	0,8500	-1,0543	0,1459	0,7141	0,7041
5,93	1	87	0,8700	0,8600	-1,0845	0,1391	0,7309	0,7209
5,92	1	88	0,8800	0,8700	-1,1161	0,1322	0,7478	0,7378
5,92	1	89	0,8900	0,8800	-1,1713	0,1207	0,7693	0,7593
5,92	1	90	0,9000	0,8900	-1,1871	0,1176	0,7824	0,7724
5,91	1	91	0,9100	0,9000	-1,3462	0,0891	0,8209	0,8109
5,90	1	92	0,9200	0,9100	-1,4072	0,0797	0,8403	0,8303
5,90	1	93	0,9300	0,9200	-1,4109	0,0791	0,8509	0,8409
5,90	1	94	0,9400	0,9300	-1,4407	0,0748	0,8652	0,8552
5,89	1	95	0,9500	0,9400	-1,5703	0,0582	0,8918	0,8818
5,88	1	96	0,9600	0,9500	-1,6272	0,0519	0,9081	0,8981
5,87	1	97	0,9700	0,9600	-1,7545	0,0397	0,9303	0,9203
5,85	1	98	0,9800	0,9700	-2,0088	0,0223	0,9577	0,9477
5,85	1	99	0,9900	0,9800	-2,1317	0,0165	0,9735	0,9635
5,83	1	100	1,0000	0,9900	-2,3649	0,0090	0,9910	0,9810

**PRUEBA DE SMIRNOV - KOLMOGOROV PARA DETERMINAR SI LOS DATOS SE AJUSTAN A UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL -
NÚMERO DE REBOTE MARTILLO SCHMIDT**

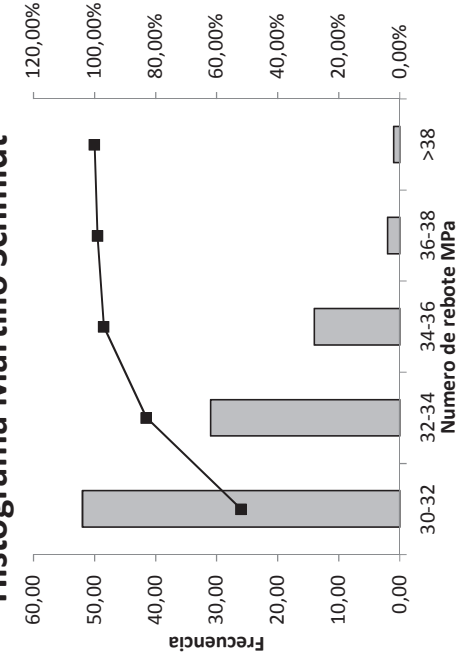
KOLMOGOROV - SMIRNOV	
TAMAÑO (n)	100,00
MEDIA (m)	32,68
VARIANZA (v)	3,72
DESVIACION (d)	0,705
ASIMETRIA	0,768
CURTOSIS	0,131
Max D+	0,3218
Max D-	0,3118
D	0,322
Alpha 95%	0,050
c alpha	0,895
K (n) = K (100)	10,08
D (Alpha)	0,0888

VERIFICACIÓN K-S	
D>D(alpha)	Los datos no siguen una distribución normal

Los datos se reúnen hacia la parte izquierda
Los datos se concentran hacia la media

Intervalo de confianza del 95%
Valor de la distribución normal

Histograma Martillo Schmidt



HISTOGRAMA		
Clase	Frecuencia	% acumulado
30-32	52,00	52,00%
32-34	31,00	83,00%
34-36	14,00	97,00%
36-38	2,00	99,00%
>38	1,00	100,00%

DATOS	fi	Fi	H(i)	H (i-1)	Z(observado)	P (Zobser)	D+	D-
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa acumulada anterior	Estandarizacion	Probabilidad z observado	Diferencia	
30,13	1	1	0,0100	0,0000	-3,6175	0,0001	0,0099	0,0001
30,13	1	2	0,0200	0,0100	-3,6169	0,0001	0,0199	0,0099
30,13	1	3	0,0300	0,0200	-3,6169	0,0001	0,0299	0,0199
30,13	1	4	0,0400	0,0300	-3,6169	0,0001	0,0399	0,0299
30,46	1	5	0,0500	0,0400	-3,1556	0,0008	0,0492	0,0392
30,46	1	6	0,0600	0,0500	-3,1556	0,0008	0,0592	0,0492
30,46	1	7	0,0700	0,0600	-3,1556	0,0008	0,0692	0,0592
30,46	1	8	0,0800	0,0700	-3,1556	0,0008	0,0792	0,0692
30,46	1	9	0,0900	0,0800	-3,1556	0,0008	0,0892	0,0792
30,46	1	10	0,1000	0,0900	-3,1556	0,0008	0,0992	0,0892
30,46	1	11	0,1100	0,1000	-3,1556	0,0008	0,1092	0,0992
30,46	1	12	0,1200	0,1100	-3,1556	0,0008	0,1192	0,1092
30,46	1	13	0,1300	0,1200	-3,1556	0,0008	0,1292	0,1192
30,46	1	14	0,1400	0,1300	-3,1556	0,0008	0,1392	0,1292
30,46	1	15	0,1500	0,1400	-3,1556	0,0008	0,1492	0,1392
30,46	1	16	0,1600	0,1500	-3,1556	0,0008	0,1592	0,1492
30,46	1	17	0,1700	0,1600	-3,1556	0,0008	0,1692	0,1592
30,78	1	18	0,1800	0,1700	-2,6942	0,0035	0,1765	0,1665
30,78	1	19	0,1900	0,1800	-2,6942	0,0035	0,1865	0,1765
30,78	1	20	0,2000	0,1900	-2,6942	0,0035	0,1965	0,1865
30,78	1	21	0,2100	0,2000	-2,6942	0,0035	0,2065	0,1965
31,11	1	22	0,2200	0,2100	-2,2329	0,0128	0,2072	0,1972
31,11	1	23	0,2300	0,2200	-2,2329	0,0128	0,2172	0,2072
31,11	1	24	0,2400	0,2300	-2,2329	0,0128	0,2272	0,2172
31,11	1	25	0,2500	0,2400	-2,2329	0,0128	0,2372	0,2272
31,11	1	26	0,2600	0,2500	-2,2329	0,0128	0,2472	0,2372
31,11	1	27	0,2700	0,2600	-2,2329	0,0128	0,2572	0,2472
31,11	1	28	0,2800	0,2700	-2,2329	0,0128	0,2672	0,2572
31,11	1	29	0,2900	0,2800	-2,2329	0,0128	0,2772	0,2672
31,27	1	30	0,3000	0,2900	-2,0022	0,0226	0,2774	0,2674
31,43	1	31	0,3100	0,3000	-1,7716	0,0382	0,2718	0,2618
31,43	1	32	0,3200	0,3100	-1,7716	0,0382	0,2818	0,2718
31,43	1	33	0,3300	0,3200	-1,7716	0,0382	0,2918	0,2818
31,43	1	34	0,3400	0,3300	-1,7716	0,0382	0,3018	0,2918
31,43	1	35	0,3500	0,3400	-1,7716	0,0382	0,3118	0,3018
31,43	1	36	0,3600	0,3500	-1,7716	0,0382	0,3218	0,3118
31,76	1	37	0,3700	0,3600	-1,3102	0,0951	0,2749	0,2649
31,76	1	38	0,3800	0,3700	-1,3102	0,0951	0,2849	0,2749
31,76	1	39	0,3900	0,3800	-1,3102	0,0951	0,2949	0,2849

DATOS	fi	Fi	H(i)	H (i-1)	Z(observado)	P (Zobser)	D+	D-
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa acumulada anterior	Estandarizacion	Probabilidad z observado	Diferencia	
31,92	1	40	0,4000	0,3900	-1,0795	0,1402	0,2598	0,2498
32,08	1	41	0,4100	0,4000	-0,8489	0,1980	0,2120	0,2020
32,08	1	42	0,4200	0,4100	-0,8489	0,1980	0,2220	0,2120
32,08	1	43	0,4300	0,4200	-0,8489	0,1980	0,2320	0,2220
32,08	1	44	0,4400	0,4300	-0,8489	0,1980	0,2420	0,2320
32,08	1	45	0,4500	0,4400	-0,8489	0,1980	0,2520	0,2420
32,08	1	46	0,4600	0,4500	-0,8489	0,1980	0,2620	0,2520
32,08	1	47	0,4700	0,4600	-0,8489	0,1980	0,2720	0,2620
32,08	1	48	0,4800	0,4700	-0,8489	0,1980	0,2820	0,2720
32,41	1	49	0,4900	0,4800	-0,3875	0,3492	0,1408	0,1308
32,41	1	50	0,5000	0,4900	-0,3875	0,3492	0,1508	0,1408
32,41	1	51	0,5100	0,5000	-0,3875	0,3492	0,1608	0,1508
32,41	1	52	0,5200	0,5100	-0,3875	0,3492	0,1708	0,1608
32,41	1	53	0,5300	0,5200	-0,3875	0,3492	0,1808	0,1708
32,41	1	54	0,5400	0,5300	-0,3875	0,3492	0,1908	0,1808
32,57	1	55	0,5500	0,5400	-0,1569	0,4377	0,1123	0,1023
32,57	1	56	0,5600	0,5500	-0,1569	0,4377	0,1223	0,1123
32,57	1	57	0,5700	0,5600	-0,1569	0,4377	0,1323	0,1223
32,73	1	58	0,5800	0,5700	0,0738	0,5294	0,0506	0,0406
32,73	1	59	0,5900	0,5800	0,0738	0,5294	0,0606	0,0506
32,73	1	60	0,6000	0,5900	0,0738	0,5294	0,0706	0,0606
32,73	1	61	0,6100	0,6000	0,0738	0,5294	0,0806	0,0706
32,89	1	62	0,6200	0,6100	0,3045	0,6196	0,0004	0,0096
33,06	1	63	0,6300	0,6200	0,5352	0,7037	0,0737	0,0837
33,06	1	64	0,6400	0,6300	0,5352	0,7037	0,0637	0,0737
33,06	1	65	0,6500	0,6400	0,5352	0,7037	0,0537	0,0637
33,06	1	66	0,6600	0,6500	0,5352	0,7037	0,0437	0,0537
33,22	1	67	0,6700	0,6600	0,7658	0,7781	0,1081	0,1181
33,22	1	68	0,6800	0,6700	0,7658	0,7781	0,0981	0,1081
33,38	1	69	0,6900	0,6800	0,9965	0,8405	0,1505	0,1605
33,38	1	70	0,7000	0,6900	0,9965	0,8405	0,1405	0,1505
33,38	1	71	0,7100	0,7000	0,9965	0,8405	0,1305	0,1405
34,03	1	72	0,7200	0,7100	1,9192	0,9725	0,2525	0,2625
34,03	1	73	0,7300	0,7200	1,9192	0,9725	0,2425	0,2525
34,03	1	74	0,7400	0,7300	1,9192	0,9725	0,2325	0,2425
34,03	1	75	0,7500	0,7400	1,9192	0,9725	0,2225	0,2325
34,36	1	76	0,7600	0,7500	2,3805	0,9914	0,2314	0,2414
34,36	1	77	0,7700	0,7600	2,3805	0,9914	0,2214	0,2314
34,36	1	78	0,7800	0,7700	2,3805	0,9914	0,2114	0,2214

DATOS	fi		Fi		H(i)		H(i-1)		Z(observado)		P(Zobser)		Diferencia	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa acumulada anterior	H(i-1)	Frecuencia relativa acumulada anterior	Z(observado)	Probabilidad z observado	D+	D-				
34,36	1	79	0,7900	0,7800	2,3805	0,9914	0,2014	0,2114						
34,36	1	80	0,8000	0,7900	2,3805	0,9914	0,1914	0,2014						
34,36	1	81	0,8100	0,8000	2,3805	0,9914	0,1814	0,1914						
34,68	1	82	0,8200	0,8100	2,8419	0,9978	0,1778	0,1878						
34,68	1	83	0,8300	0,8200	2,8419	0,9978	0,1678	0,1778						
34,68	1	84	0,8400	0,8300	2,8419	0,9978	0,1578	0,1678						
34,68	1	85	0,8500	0,8400	2,8419	0,9978	0,1478	0,1578						
34,68	1	86	0,8600	0,8500	2,8419	0,9978	0,1378	0,1478						
35,01	1	87	0,8700	0,8600	3,3032	0,9995	0,1295	0,1395						
35,01	1	88	0,8800	0,8700	3,3032	0,9995	0,1195	0,1295						
35,33	1	89	0,8900	0,8800	3,7646	0,9999	0,1099	0,1199						
35,33	1	90	0,9000	0,8900	3,7646	0,9999	0,0999	0,1099						
35,66	1	91	0,9100	0,9000	4,2259	1,0000	0,0900	0,1000						
35,66	1	92	0,9200	0,9100	4,2259	1,0000	0,0800	0,0900						
35,98	1	93	0,9300	0,9200	4,6873	1,0000	0,0700	0,0800						
35,98	1	94	0,9400	0,9300	4,6873	1,0000	0,0600	0,0700						
35,98	1	95	0,9500	0,9400	4,6873	1,0000	0,0500	0,0600						
35,98	1	96	0,9600	0,9500	4,6873	1,0000	0,0400	0,0500						
36,31	1	97	0,9700	0,9600	5,1486	1,0000	0,0300	0,0400						
36,31	1	98	0,9800	0,9700	5,1486	1,0000	0,0200	0,0300						
37,94	1	99	0,9900	0,9800	7,4553	1,0000	0,0100	0,0200						
38,91	1	100	1,0000	0,9900	8,8394	1,0000	0,0000	0,0100						

Bibliografía

- [1] CHAU K y WONG R. Uniaxial Compressive Strength An D Point Load Strength Of Rocks. Technical Note PERGAMON. Vol. 33 Páginas 183-188. 1996.
- [2] GONZALEZ DE VALLEJO. Ingeniería Geológica. 2001. Editorial PRENTICE HALL.
- [3] GUNNEY A, ALTUNDAG R, YAVUZ & SARAC. Evaluation of the Relationships between Schmidt Hardness Rebound Number and Other (Engineering) Properties of Rocks. The 19th International Mining Congress and Fair of Turkey, IMCET2005. Izmir, Turkey June 09-12-2005.
- [4] HOEK, E. AND BROWN. Practical estimates or rock mass strength. Intl. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts. 34 (8), 1165–1186. 1997.
- [5] HUSSAIN SALAH, MAHER OMAR, ABDALLAH SHANABLEH. Estimating Unconfined Compressive Strength of Sedimentary Rocks in United Arab Emirates from Point Load Strength Index. Journal of Applied Mathematics and Physics, 2014. Pág 296-303. <http://dx.doi.org/10.4236/jamp.2014.26035>
- [6] INT J EARTH SCI (GEOL RUNDSCHE). Art. A correlation between Schmidt hammer rebound numbers with impact strength index, slake durability index and P-wave velocity.
- [7] P. K. SHARMA • MANOJ KHANDELWAL • T. N. SINGH. A correlation between Schmidt hammer rebound numbers with impact strength index, slake durability index and P-wave velocity. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) DOI 10.1007/s00531-009-0506-5. 2009.

[8] RUSNAK J y MARK C. USING THE POINT LOAD TEST TO DETERMINE THE UNIAXIAL COMPRESIVE STRENGTH OF COAL MEASURE ROCK. www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/utplt.pdf.

[9] SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Plancha 228-Bogotá noreste. (2008).

[10] SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA –SCG. Serie completa de los métodos recomendados por la ISRM para la caracterización de rocas en el laboratorio. 2013

[11] SINGGIH SAPTONOA, SUSENO KRAMADIBRATAB, BUDI SULISTIANTOB. Using the Schmidt Hammer on Rock Mass Characteristic in Sedimentary Rock at Tutupan Coal Mine. International Symposium on Earth Science and Technology, Pág. 392, CINEST 2012.

[12] TSIAMBAOS G, SABATAKAKIS N. Considerations on strength of intact sedimentary rocks [J]. Engineering Geology. 2004, (72):261-273.
Www.ejge.com/Index.htm

[13] VELLONE, DANIEL. Measuring Engineering Properties Of Nyc Rocks Using A Schmidt Rebound Hammer – Preliminary Results. 2007.
<https://dspace.sunyconnect.suny.edu/bitstream/handle/1951/48048/vellone-2007.pdf;jsessionid=510F6506780F0B686DE239E6BC66482F.sunydspace?sequence=1>

[14] WEI LIANG, KEPENG HOU, ZHIQUAN YANG Y HUAFEN SUN. Evaluation of Uniaxial Compressive Strength by Point Load Tests for Irregular Specimens of Different Rock Types. EDGE VOL.20, 2015. Páginas 112665 a 11271.

[15] WWW.PROETISA.COM

[16] WWW.U-CURSOS.CL/INGENIERIA/2011/2/GL5201

[17] WWW.IMCYC.COM