

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA FORMACIÓN RAIGÓN EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS PARA USO EN PAVIMENTOS

Leonardo Leite¹; Karen Rodales²; Diego Izquierdo³; Gonzalo Bango⁴; Marcos Musso⁵

Resumen - El desarrollo de la caminería es indispensable para el crecimiento de las comunidades y sus actividades económicas, por eso es fundamental conocer las propiedades mecánicas de los materiales geológicos disponibles para construirlas. En este trabajo se estudiaron 8 muestras de 4 sitios en donde afloran sedimentos pertenecientes a la Fm. Raigón, unidad geológica que se encuentra en zonas asociadas a cursos fluviales y barrancas costeras del Río de la Plata, al sur del departamento de San José, Uruguay. En el estudio se clasificaron los suelos a partir del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se determinaron los parámetros de compactación y de resistencia en el ensayo de CBR, usando las normas ASTM. Los resultados obtenidos muestran la predominancia de materiales arenosos en la unidad, con diferencias en la distribución granulométrica y composición de los finos, ambos condicionan las propiedades mecánicas de cada suelo.

Abstract – Low-volume roads are very important to communities develop and economic activities, then it is important to know soil mechanics properties of raw materials to build the roads. In this paper were researched 8 samples of 4 sites from outcrops of sedimentary unit (Raigón Formation). This formation is in surface near rivers and in coastal cliff in the Rio de la Plata, in the south of San José, Uruguay. The soil were classified, using Unified Soil Classification System (USCS), the Proctor parameters and California Bearing Ratio (CBR) were determined according to ASTM standards. The samples were classified as sandy soils, with different granulometric size distributions and fine content. These compositions determine the mechanics behavior in each soil.

“Palabras-clave - ”: Fm. Raigón; Variabilidad composicional; Propiedades mecánicas

1;2;3 Estudiantes del Programa de Apoyo a la Investigación Estudiantil. Facultad de Ingeniería, UdelaR. Uruguay. leoleite@fing.edu.uy; karenrodales1@gmail.com; dizquierdo27@hotmail.com.

4 Ayudante Departamento de Ingeniería Geotécnica. Facultad de Ingeniería, UdelaR. Uruguay. gbangos@fing.edu.uy

5 Prof. Adjunto. Departamento de Ingeniería Geotécnica. Facultad de Ingeniería, UdelaR. Uruguay. mmusso@fing.edu.uy

1. INTRODUCCIÓN

Conocer la composición de los suelos granulares como material de base de pavimentos es fundamental, ya que esta determina sus comportamientos mecánicos. La selección de materiales involucra los requisitos del proyecto, la disponibilidad del volumen necesario y el costo del transporte entre otras. El área de estudio está localizada al sur del departamento de San José, Uruguay (Figura 1). Los habitantes de esa región deben contar con caminos que sean transitables por la necesidad de desplazamiento. Además, las principales actividades económicas de la región están vinculadas al sector agropecuario, lo que genera un tránsito de vehículos pesados durante todo el año. Por lo tanto el aprovechamiento de los materiales de la región es una alternativa a evaluar, siendo necesario contar con información sobre las características y propiedades de los materiales disponibles en la zona.

El área se encuentra ubicada en un contexto tectónico regional asociado a una cuenca sedimentaria, originada a partir de la apertura del Océano Atlántico en el Mesozoico. Durante el Cenozoico la cuenca ha recibido aportes de sedimentos, de edades mio-pliocénicas y cuaternarias. Esto genera que el aprovechamiento de estos sedimentos de la cuenca sea una opción a evaluar, ya que la unidad rocosa más cercana se localiza a más de 50 km, aumentando los costos de la obra por la distancia de transporte del material.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el comportamiento mecánico de los suelos pertenecientes a la Fm. Raigón y su desempeño como base y sub-base de pavimentos sin revestir.

2. LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

El área de estudio se localiza en el departamento de San José, al sur de la ciudad de Libertad, entre los arroyos Mauricio y San Gregorio, próximo a la zona costera y a 60 km al oeste de Montevideo. Los mejores afloramientos se encuentran en la zona costera, en barrancas de 10 a 25 m de altura sobre el Río de la Plata. (Figura 2)

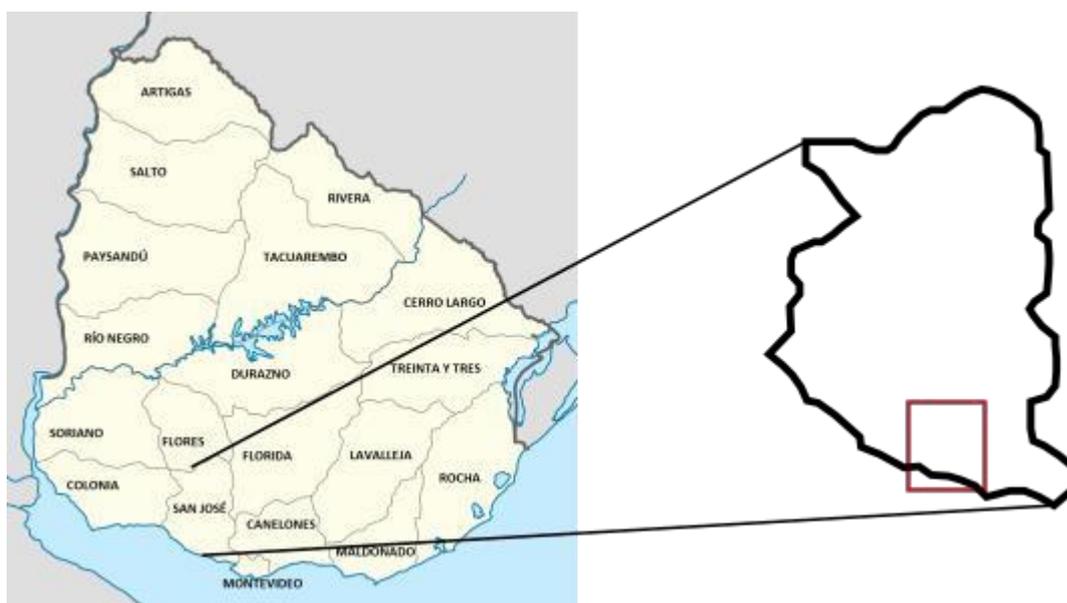


Figura 1. Localización del área de estudio.

La Fm Raigón (Bossi & Goso, 1966) es una unidad que ha sido objeto de estudio desde diferentes áreas de la geociencias. Entre ellos están los estudios geológicos (Goso H, 1965; Perez

M., 1990; Spoturno *et al* 2004), que son la base de otros estudios sobre las características hidrogeológicas de la unidad (de los Santos *et al*, 1998, de los Santos *et al*, 1999, Raigón-LRA8-31-OIEA 2005) y pocas investigaciones geotécnicas. Los sedimentos están asociados a una cuenca sedimentaria que durante el cenozoico es controlada por diferentes procesos tectónicos. Es así que en un contexto de oscilaciones del nivel del mar, durante el Plioceno se desarrolla un proceso de continentalización dando lugar a la formación de sistemas fluviales que depositan los sedimentos incluidos dentro de la Fm. Raigón (Figura 3). Esta unidad incluye arenas y areniscas de composición líticas y arcósicas (Perez, 1990) de granulometrías variables, con tonalidades entre blancas y amarillentas, con lentes y niveles de arcilla verdes y conglomerados.

Vinculados a este contexto de oscilaciones del nivel del mar y a las glaciaciones del Cuaternario, existen otras unidades que afloran en el área, como la Fm. Libertad (caracterizada por sedimentos limo arcillosos, loess, con concreciones de carbonatos, se asocia un ambiente continental) y Fm. Villa Soriano (integrada por arenas desde gruesas a finas con niveles pelíticos, de origen marino), las cuales están en contacto suprayacentes a la Fm. Raigón.

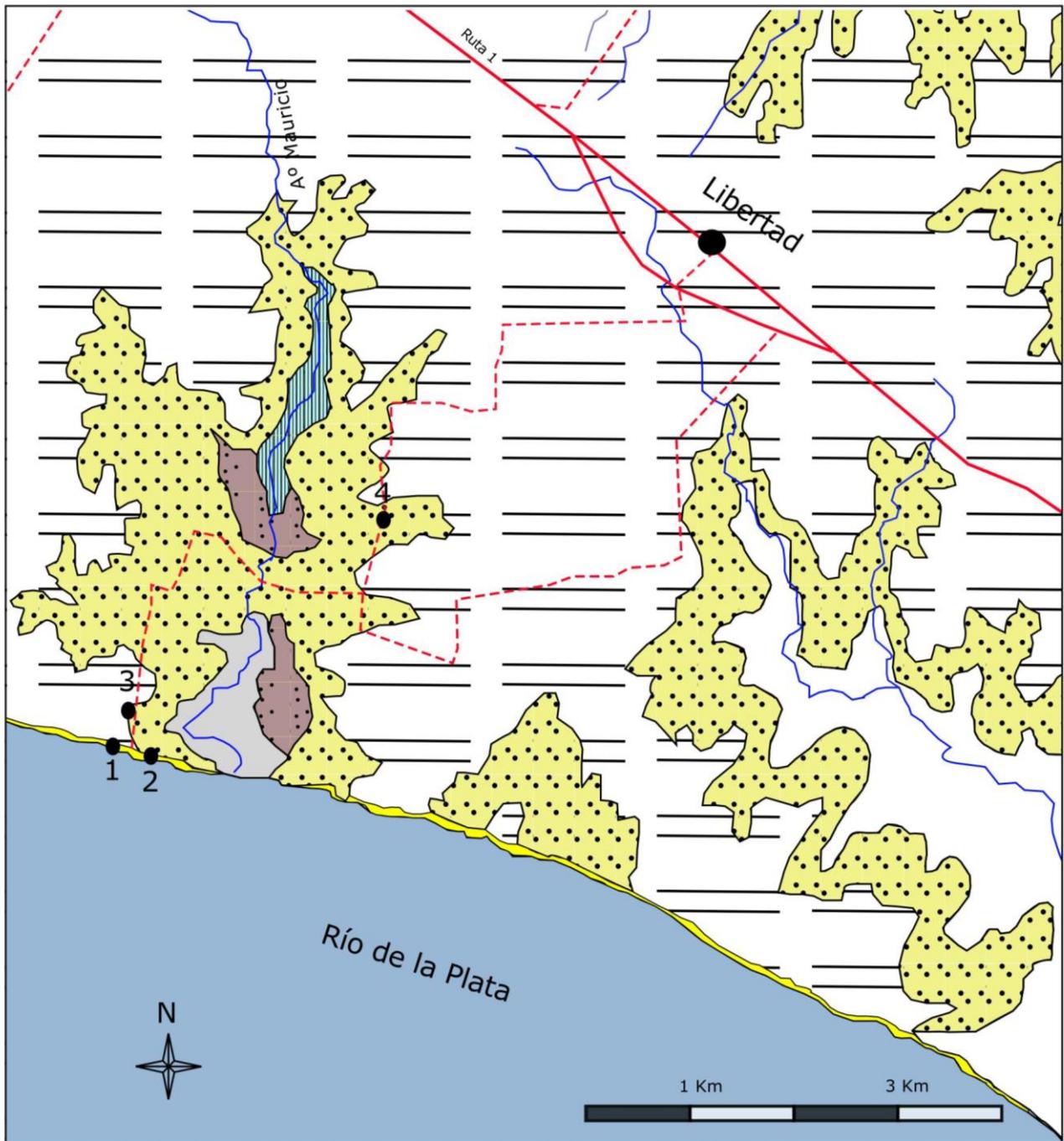
Los antecedentes geotécnicos de esta unidad son escasos. Los únicos presentados corresponden a información sobre excavabilidad, resistencia (para fundaciones) y conductividad hidráulica que son interpretados en función de datos regionales (Departamento de Geotecnia, 1997).



Figura 2. Barrancas costeras del Río de la Plata. Se observa contacto entre la Fm. Raigón –Fm. Libertad.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló en 3 etapas. Primero una fase de gabinete preliminar, donde se recolectaron los antecedentes de la Fm. Raigón, se analizaron imágenes sensores remotos buscando afloramientos y posibles lugares de muestreo. La segunda etapa, de campo, consistió en la recorrida por los puntos marcados, levantamiento de perfiles y recolectado de muestras. Por último, la tercera etapa, en la cual se procedió a clasificar y caracterizar las muestras según normas ASTM. Fueron utilizadas las normas, D-422 para granulometría, D-423 para límites, líquido y plástico y D-2487 para clasificar las muestras; D-1557 para ensayo Proctor Modificado y D-698 Proctor estandar; D-1883 ensayo CBR, realizándose en última instancia el procesamiento de los datos obtenidos.



Leyenda

	Fm. Libertad		Fm. Villa Soriano		Depósitos de playa		Bañados
	Fm. Raigón		Fm. Dolores		Depósitos Aluviales		

Referencias

	Caminos
	Red Fluvial
	Puntos de muestreo

Figura 3. Mapa geológico del área de estudio. Indicado con puntos los diferentes sitios de muestreo. Modificado de Spoturno *et al.* 2004

4 RESULTADOS

Fueron recolectadas muestras de 4 sitios (Figuras 3 y 4), dos de ellos en las barrancas costeras del Río de la Plata (muestras 1 y 2) y dos en el talud del camino (muestras 3 y 4).

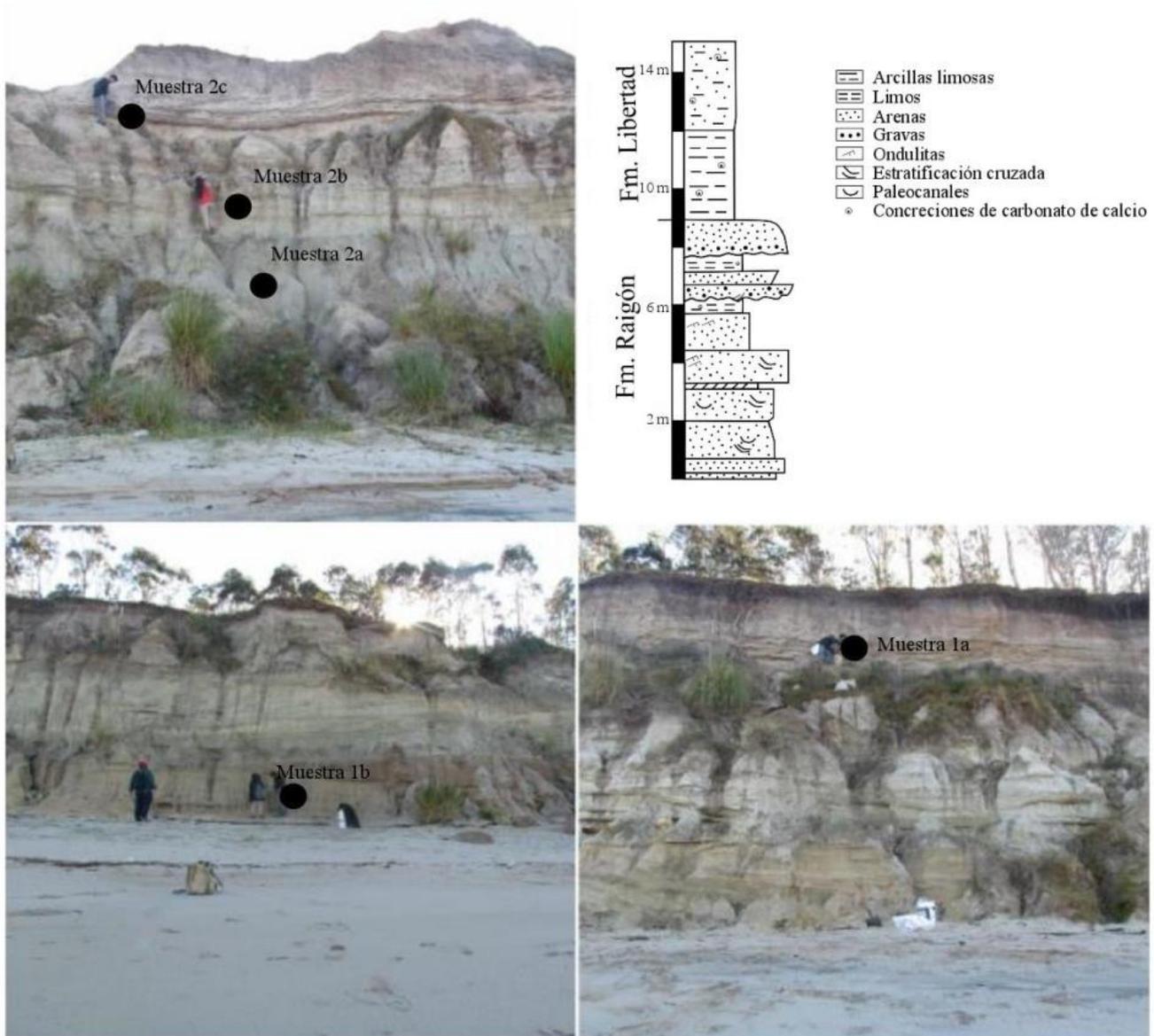


Figura 4. Puntos de muestreo en barrancas costeras + perfil estratigráfico (Modificado de Perez, M. 1990)

Las distribuciones granulométricas muestran el predominio de materiales arenosos en las 8 muestras (Figura 5). Las variaciones en el porcentaje de finos es entre 2 y 32%. También se observa variaciones en la forma de la curva para las muestras del sitio 1, mostrando la variabilidad vertical de los sedimentos de ese lugar. Los límites de Atterberg exponen variaciones de las muestras, dado por el contenido y composición de los finos, encontrando así, desde suelos no plásticos hasta suelos con valores de índice de plasticidad de 41. (Tabla 1).

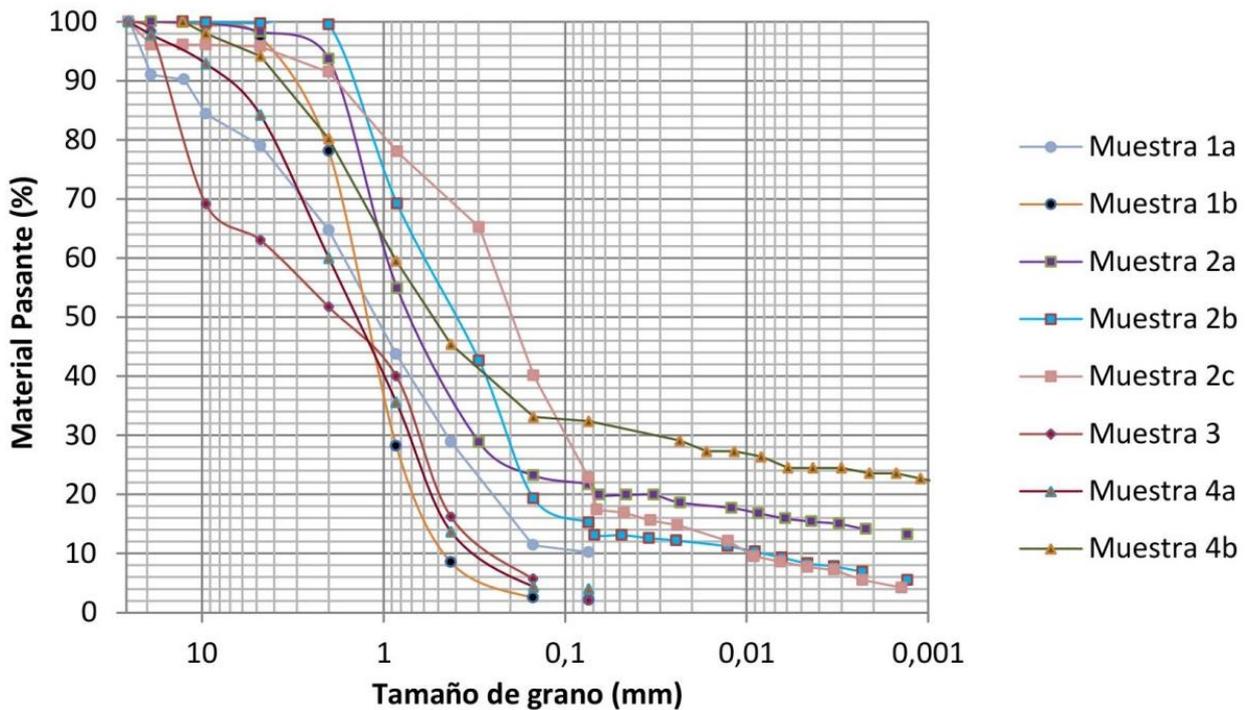


Figura 5. Curvas de distribución granulométricas.

La clasificación de las muestras según el sistema SUCS, determina que son arenas, en donde cambia el contenido de finos y gravas, obteniéndose todas las variantes posibles para suelos arenosos, arenas bien y pobremente graduadas, con finos plásticos y no plásticos. Según el sistema de clasificación AASHTO, los suelos también clasifican como arenosos, con gravas y materiales limo arcillosos, siendo agrupados dentro de la categoría “excelentes a buenos” como material de subrasante. (Tabla 1)

Tabla 1. Resumen resultados de los ensayos de laboratorio

N.º de muestra	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Pasante # 200 (%)	% Arcillas	Límite líquido (LL)	Índice plástico (IP)	PUSM (g/cm ³)	W óptima (%)	CBR (%) - 100% de PUSM
1 ^a	SW-SC	A-2-6 (0)	10	-	28	13	2,06	7,2	20
1b	SP	A-3(0)	-	-	-	-	1,92	5	7
2 ^a	SC	A-2-7 (2)	22	15	64	41	2,06	9,2	8
2b	SM	A-2-4 (0)	15	8	31	9	1,99	10,1	28
2c	SC	A-2-4 (0)	23	7	22	9	2,06	9	43
3	SW	A-3 (0)	2	-	-	-	2,07	4,6	47
4a	SP	A-1-a (0)	4	-	-	-	2,06*	4*	20*
4b	SC	A-2-6 (0)	32	25	34	12	1,86*	10*	10*

*Ensayo Proctor Estándar- PUSM: Peso Unitario Seco Máximo.-W: Humedad.- CBR: California Bearing Ratio

Las curvas del ensayo Proctor (Figura 6), presentan un pico bien definido, excepto para la muestra 3 que es aplanada, lo cual puede deberse al bajo contenido de finos. Los datos de compactación muestran que la mayor variación entre las muestras se da en las humedades óptimas. Siendo las muestras con mayor cantidad de material pasante del tamiz 200 las que presentan los valores más altos. En relación a la densidad máxima, la misma oscila entre 1,92 y 2,07 g/cm³ lo que corresponde a 7% de variación.

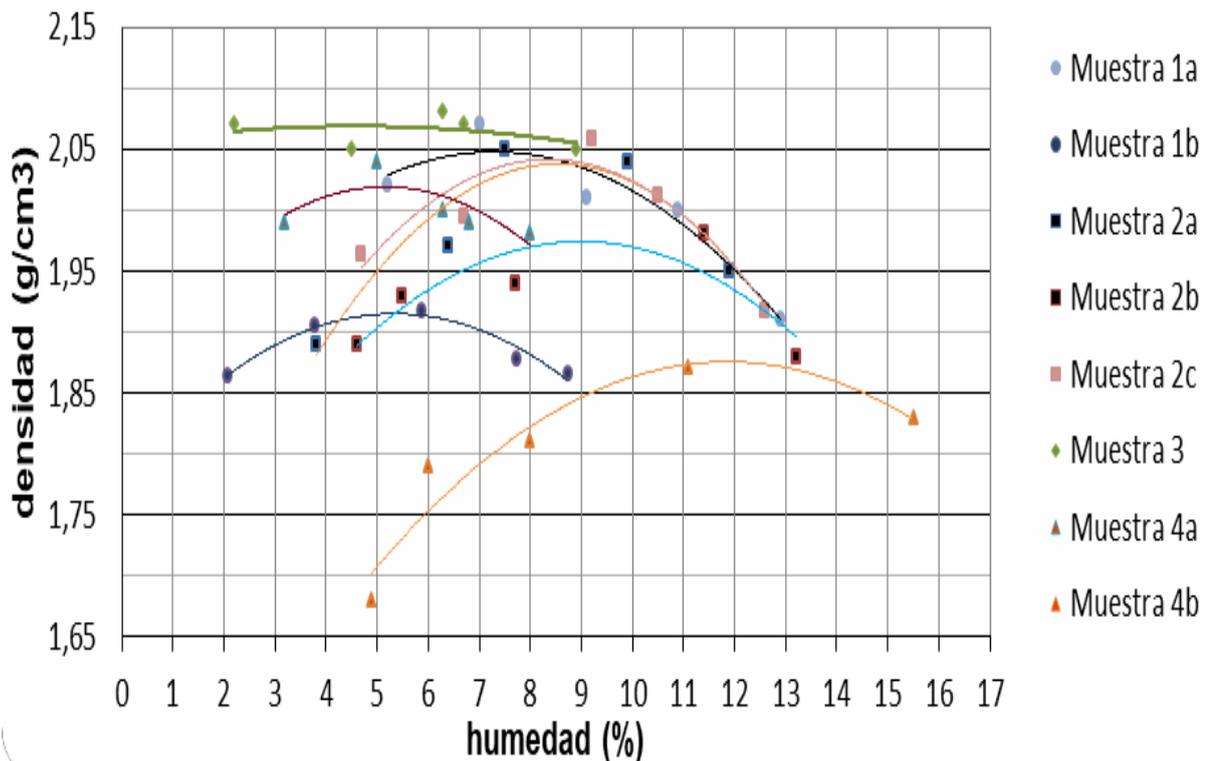


Figura 6. Curvas ensayo Proctor.

Los datos de resistencia obtenidos en el ensayo de CBR muestran valores regulares para las muestras, 1a, 1b, 2a, 4a, y 4b. Estos no superan 20% y exhiben la particularidad de pertenecer a los especímenes con pocos finos (SP) y a los que tienen mayores porcentajes de finos plásticos (SC). La muestra 2c marca la excepción (CBR 43%), ya que también clasifica como SC, pero es mejor graduada y con mayor contenido de arena media. Mientras que la muestra 3 (SW), con 47% de CBR, es el suelo con mayor resistencia. Esto es esperado ya que es bien graduada, teniendo partículas gruesas y escaso contenido de finos que le dan buen encaje entre las partículas.

5 CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la Fm. Raigón es heterogénea, está compuesta por suelos arenosos con variaciones en los porcentajes y composición de finos y gravas. La humedad óptima es el parámetro de compactación que tiene mayor variación, y los valores de densidad son similares.

Estas variaciones condicionan las propiedades mecánicas de los suelos, determinando valores de densidades y resistencia superiores en los suelos que presentan buena distribución de los tamaños de granos. Los valores de CBR son bajos a medios, por lo que la selección para uso en caminería debe realizarse con base a una secuencia de ensayos como los aplicados en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) por la aceptación y financiación del proyecto de iniciación a la investigación, en el marco de los proyectos de Programa de Apoyo a la Investigación Estudiantil (PAIE).

REFERENCIAS

ASTM, American Society for Testing and Materials, D-422. Standard Test Method for Particle-Size analysis of Soils.

ASTM, American Society for Testing and Materials, D-423. Method of Test for Liquid Limit of Soils.

ASTM, American Society for Testing and Materials, D-2487. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes.

ASTM, American Society for Testing and Materials, D-1557. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort.

ASTM, American Society for Testing and Materials, D-698. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort.

ASTM, American Society for Testing and Materials, D-1883. Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

De los SANTOS, J. *et al.* (1998), *Modelación Numérica del Acuífero Raigón*. Proyecto CONICYT-BID 71/94. IMFIA, UdelaR, Uruguay.

De los SANTOS, J. *et al.* (1999) *Proyecto DINAMA - IMFIA Carta de Vulnerabilidad del Acuífero Raigón*, Informe Final, Diciembre de 1999.

DEPARTAMENTO DE GEOTÉCNICA, Instituto de Estructuras y Transportes "Prof. Julio Ricaldoni", (1997), *Carta Geotécnica de la Región Metropolitana de Montevideo, escala 1:100.000*, Montevideo, Uruguay: Oficina de Publicaciones del Centro de Estudiantes de Ingeniería.

GOSO H (1965): *El Cenozoico en el Uruguay*. Instituto Geológico del Uruguay. Informe interno.

GOSO H & BOSSI J (1966): *Cenozoico, Geología del Uruguay*. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, Montevideo.

PEREZ M., (1990). *Análisis sedimentológico y estructural de la formación Raigón, suroeste del departamento de San José (Uruguay)*. Dirección nacional de minería y geología, dpto. de sedimentología, en 1^{er} Congreso Uruguayo de Geología, Montevideo, Uruguay.

RAIGÓN-RLA 8-31-OIEA (2005) *Informe Final*.

SPOTURNO J., OYHANTCABAL P, AUBET N., CAZAUX S. (2004). *Mapa Geológico del Departamento de San Jose a escala 1/100.000*. Dinamige- Facultad de Ciencias.