

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

**INFLUENCIA DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN SUELOS
RESIDUALES DE MISIONES, ARGENTINA¹
INFLUENCE OF COMPACTION ENERGY IN RESIDUAL SOILS OF
MISIONES, ARGENTINA**

**Morgenstern Melina Elizabeth², Tkachuk Matías Gabriel³, Demonari
Fernando Emanuel⁴, Basile Alejandro Mariano⁵, Bogado Gustavo Orlando⁶,
Bressan Daniel Antonio⁷**

¹ Proyecto de investigación. Código 16/I145. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina.

² Becario de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. meelimor04@gmail.com

³ Estudiante de carrera Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. matiastkachuk@gmail.com

⁴ Estudiante de carrera Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. fernandodemonari@gmail.com

⁵ Estudiante de carrera Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. marianobasile023@gmail.com

⁶ Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. Gustavobogado@fio.unam.edu.ar

⁷ Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. bressanobe@gmail.com

Introducción

En la gran mayoría de las obras de ingeniería, se emplean suelos compactados en diferentes etapas de proyecto y por ello, es necesario contar con datos de parámetros geomecánicos, para poder evaluar el comportamiento y la resistencia de los mismos. Debido a la importancia de caracterizar a los suelos regionales y conocer sus propiedades físicas y mecánicas luego de la compactación, se han iniciado una serie de ensayos para elaborar un registro de las propiedades estudiadas con el fin de contar con información sobre el tratamiento adecuado y la optimización de su uso.

La experiencia en la utilización de los suelos compactados y en particular de los suelos residuales de la zona, en obras civiles tales como por ejemplo, sub-rasantes de caminos, rutas y demás, muestran un adecuado desempeño que no se correspondería con el comportamiento que se estima clasificando a este suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y el Highway Reserch Board (HRB), los cuales los clasifican como suelos de alta plasticidad, definidos como suelos malos para el empleo como sub-rasante de caminos.

Esto último puede ser cuestionado por resultados de varios estudios geotécnicos realizados en la actividad privada, en laboratorios de organismos gubernamentales, y en Universidades de la región del MERCOSUR, pero independientemente de ello, la mejor demostración resultan las obras de ingeniería llevadas a cabo con estos suelos, algunas de más de 40 años, y que han demostrado óptimos resultados.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

En este trabajo, se han enfocado los estudios en forma específica en ensayos Próctor a diferente energía de compactación (Método normal y método normal alternativa B - Norma IRAM 10511-1972), y evaluación de los resultados de los mismos conforme los valores obtenidos de Densidad Seca Máxima y Humedad Óptima de compactación en cada caso.

Metodología

Las muestras empleadas se obtuvieron de servicios realizado por la Facultad de Ingeniería para empresas externas al laboratorio. Se trata de seis sitios diferentes, todos ellos localizados en la provincia de Misiones.

En la Tabla N° 1 se detalla la designación de las muestras, su ubicación y el tipo de obra de que se trata.

Con las muestras detalladas, se procedió en primera instancia a realizar los ensayos de caracterización correspondientes, Límites de Atterberg (IRAM 10501-2007), Granulometría por tamizado vía húmeda (IRAM 10507-1986), y Clasificación de Suelos (IRAM 10509-1982).

Conforme los criterios de clasificación con propósitos ingenieriles, todos los suelos en estudio se agrupan en limos de alta y/o baja plasticidad (ML o MH), con pasante tamiz 200 superior al 85 %, constituyendo en consecuencia suelos finos.

En cuando al ensayo de compactación, se tomó como referencia la Norma IRAM 10511-1972 "Método de ensayo de compactación en laboratorio", y se efectuaron los correspondientes ensayos de compactación.

Primeramente, el suelo fue secado al aire y a temperatura ambiente por 7 días, posteriormente mortereado y cribado por el tamiz N° 4 (4.75mm). Con el material pasante, se realizaron las rutinas de laboratorio. Las mismas, se basaron en la realización, para cada muestra, de los ensayos de compactación por el "Método Normal" y por el "Método Normal, alternativa B".

Como aclaración importante, denotamos que los puntos con diferentes humedades se prepararon con suelo natural, es decir, no se reutilizo suelo excedente de otros puntos de compactación. Explicado esto, se siguió estrictamente la Norma mencionada para la ejecución del ensayo.

En la Tabla N°2 se detallan los criterios o requerimiento de normativa.

Tabla N°1: Localización de los sitios de toma de muestra

Designación	Localidad	Tipo de Obra
FI001	Leandro N. Alem	Industria
FI003	Panambí	Estación transformadora
FI005	Oberá	Estación transformadora
FI006	Guaraní	Industria
FI007	Aristóbulo del Valle	Estación transformadora
FI008	Posadas	Conjunto habitacional

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

Tabla N° 2: Requerimientos de ensayos de compactación realizados

IRAM 10511	Molde		Pisón		N° de capas	N° de golpes por capa
	Capacidad	Diámetro	Diámetro	Masa		
Método normal	0,94 dm ³	101+1 mm	50 mm	2500 gr	3	25
Método normal, alternativa B	0,94 dm ³	101+1 mm	50 mm	2500 gr	3	35

Resultado y Discusión

Se presentan primeramente, los resultados de los ensayos de caracterización de las muestras ensayadas.

Tabla N° 3: Resultados de ensayos de caracterización

Muestra	LL	LP	IP	Pasa #200	Clasificación SUCS
FI001	54.20	40.50	13.70	94.95%	MH
FI003	53.00	35.20	17.80	92.72%	MH
FI005	50.80	38.10	12.70	93.81%	MH
FI006	56.30	38.90	17.40	96.70%	MH
FI007	59.00	47.00	12.00	95.61%	MH
FI008	50.00	36.00	14.00	87.91%	ML

En segundo lugar y, haciendo referencia a los resultados de los ensayos de compactación, se detallan en la Tabla N° 4 los guarismos obtenidos de humedad óptima y densidad seca máxima alcanzada, según la aplicación del Método Normal y el Método Normal, Alternativa B.

Tabla N° 4: Humedad óptima y densidad seca máxima alcanzada.

Muestra	FI001	FI003	FI005	FI006	FI007	FI008
Humedad óptima						
Método Normal	30.50	28.40	29.40	34.70	34.50	26.40
Método Normal, alternativa B	30.00	27.40	27.50	33.20	31.00	21.70
Densidad seca máxima						
Método Normal	1.46	1.48	1.53	1.36	1.38	1.51
Método Normal, alternativa B	1.51	1.51	1.58	1.41	1.47	1.63

Las formas características de las curvas del ensayo de compactación se detallan en la Figura N° 1 para los seis suelos analizados, y ambas alternativas de energía de compactación.

La variación entre humedades óptimas y densidad seca máxima, presentada entre el Método Normal y el Método Normal alternativa B, presenta en todos los casos un aumento en la densidad seca máxima y una disminución de la humedad óptima para el caso de la alternativa B, respecto del

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

método normal. Esto se debe, al aumento de la energía de compactación entre ambos métodos. En la Tabla N° 5 se expresan en resumen los porcentajes de variación obtenidos para cada suelo analizado.

Tabla N° 5: Variación de humedad óptima y densidad seca máxima.

Muestras	FI001	FI003	FI005	FI006	FI007	FI008
Variación de humedad óptima	0.50 %	1.00%	1.90%	1.45%	3.50%	4.70%
Variación de densidad seca máxima	3.31%	1.99%	3.16%	3.55%	6.12%	7.36%

Como casos puntuales, la muestra FI001, alcanza una densidad seca máxima mayor (3.31%), al disminuir en solo un 0.5% la humedad óptima. Además, la muestra FI008, alcanza una densidad seca considerablemente mayor (7.36%) disminuyendo la humedad optima en un 4.7%.

En rangos generales, la humedad óptima no sobrepasa un rango de variación del 2%, en 4 de las muestras. Se puede decir, que no es un cambio significativo. Las 2 muestras restantes, alcanzan un rango de variación mayor, cercano al 5%.

Con respecto a la densidad seca máxima, encontramos que las mismas 4 muestras mencionadas anteriormente presentan un promedio de aumento del 3% y las 2 muestras restantes, un promedio de aumento de aproximadamente un 6%.

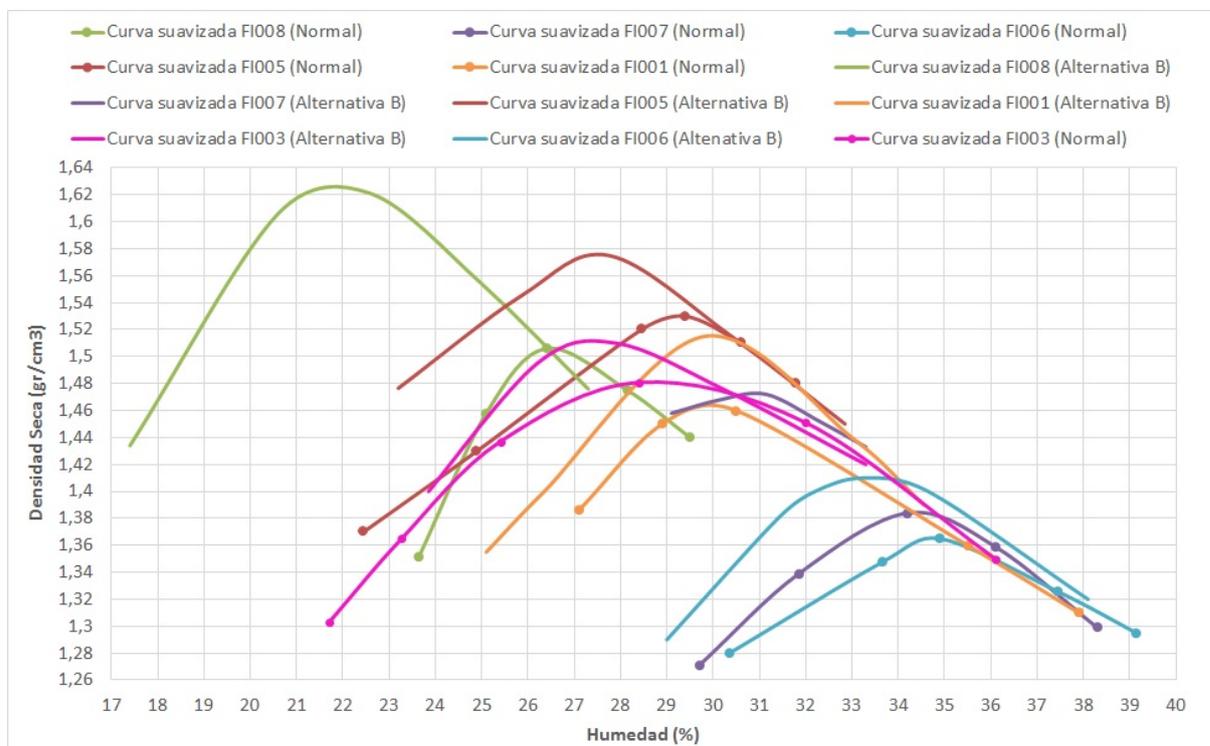


Figura N°1: Curvas de compactación. Próctor Método Normal y alternativa B.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

Conclusiones

Aportando al objetivo de obtener un registro de las características físicas y mecánicas de los suelos de la provincia de Misiones para optimizar su uso en obras civiles, a lo largo de la rutina de trabajo desarrollada se pudieron alcanzar los primeros datos de interés.

Comenzando por la caracterización de los suelos obtenidos y su posterior trabajo de compactación en el laboratorio de acuerdo a la norma IRAM 10511-1972, podemos elaborar las primeras conclusiones en base a las seis muestras de suelo ensayadas según el Método normal de compactación y su alternativa B.

Como conclusiones generales, como es de esperarse, al variar la energía de compactación todas las muestras presentan una disminución de la humedad óptima y un aumento de la densidad seca máxima.

Más específicamente, 4 de las 6 muestras, no sobrepasan un rango de variación de su humedad óptima del 2%. Las dos muestras restantes, llegan a alcanzar un rango de variación del 5%.

Los registros obtenidos de densidad seca máxima, demuestran que las 4 muestras que presentan un rango de variación en su humedad óptima del 2%, alcanzan un promedio de aumento de su densidad seca máxima del 3% y las dos muestras restantes, un promedio de aumento más relevante, del 6%.

De esta manera, se lograron obtener los primeros registros respecto a la influencia en la variación de la energía de compactación, aplicada a suelos regionales. Se continuara ampliando el estudio, mediante la incorporación de un mayor número de muestras.

Palabras Clave: Compactación; humedad óptima; densidad seca máxima.

Referencias Bibliográficas

De Salvo, O. E., El Perfil de Meteorización de las Rocas Basálticas y su Importancia en la Ingeniería de Fundaciones, Revista Técnica de las Asociaciones Paraguayas de Estructuras y Geotecnia (APE y APG), Ediciones y Arte SRL. Año 1, Nro 1, Octubre 1990, Asunción, Paraguay, p. 33-46, 1990.

Bogado, G. O., Reinert, H. O., & Francisca, F. M. *Geotechnical properties of residual soils from the North-east of Argentina. International Journal of Geotechnical Engineering*, p.1-10, 2017.

Norma IRAM 10501 " Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad " - 2007.

Norma IRAM 10503 " Método de determinación de la densidad relativa de los sólidos y de la densidad de los sólidos de un suelo " - 2007.

Norma IRAM 10507 " Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda " - 1986.

Norma IRAM 10509 "Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles " - 1982.

Norma IRAM10511 "Método de ensayo de compactación en laboratorio"- 1972.