

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

**EVALUACION DEL VALOR SOPORTE Y POTENCIAL DE HINCHAMIENTO
DE SUELOS RESIDUALES LATERITICOS COMPACTADOS¹
EVALUATION OF THE CALIFORNIA BEARING RATIO AND SWELLING
POTENTIAL OF COMPACTED LATERITIC RESIDUAL SOILS**

**Guido Alberto Ramirez², Marco R. Freiburger³, Angel O. Fernandez⁴,
Nicolás I. Guidura⁵, Hugo O. Reinert⁶, Nicolás A. Pintos⁷**

¹ Proyecto de investigación. Código 016/I145. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina.

² Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM. Oberá, Misiones, Argentina.

³ Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM. Oberá, Misiones, Argentina.

⁴ Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM. Oberá, Misiones, Argentina.

⁵ Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM. Oberá, Misiones, Argentina.

⁶ Docente investigador, Departamento de Ingeniería Civil, FI-UNaM. Oberá, Misiones, Argentina.

⁷ Docente investigador, Departamento de Ingeniería Civil, FI-UNaM. Oberá, Misiones, Argentina.

1. Introducción

Los suelos presentes en la provincia de Misiones, en regiones al norte de Corrientes, departamentos orientales de Paraguay y regiones occidentales de los Estados de Río Grande do Sul, Santa Catarina y sureña de Paraná en Brasil, son de origen residual. La mayoría de los proyectos de ingeniería emplean suelos compactados, para esto se debe contar con los parámetros geomecánicos del suelo, obteniéndose así información acerca de su comportamiento y resistencia. Debido a la poca superficie que este tipo de suelo ocupa en la Argentina las normativas nacionales han sido desarrolladas para suelos sedimentarios o transportados, predominantes en el territorio nacional. Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), y el Highway Research Board (H.R.B.), los residuales de la zona se clasifican como suelos de alta plasticidad, definidos como malos para el empleo. Es aquí donde vemos una contradicción ya que la experiencia muestra un buen comportamiento, y es respaldada por muchos estudios geotécnicos realizados por distintas entidades.

En el presente trabajo se llevan a cabo distintos ensayos de laboratorio, con el fin de crear un registro de las propiedades estudiadas del suelo, contando así con información sobre la optimización de su uso. Todos los ensayos son conforme a los procedimientos y especificaciones establecidas en las normas IRAM.

2. Metodología

Las muestras analizadas provienen de distintos puntos de la provincia de Misiones. Son provistas al laboratorio de la Facultad por empresas externas a la institución, o bien incorporadas por el equipo de investigación. Al día de la fecha se lograron completar las rutinas de once muestras de diferentes procedencias, detalladas en Tabla 1.

La rutina comienza con el secado de las muestras, exponiéndolas al ambiente para que pierdan humedad de manera natural. Luego se reduce el tamaño de los grumos con un mortero y se criba

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

el material con el tamiz N°4 (4,75mm). Seguidamente se realizan los ensayos de caracterización; Límites de Atterberg (IRAM 10501[1]), Granulometría con Tamizado por Vía Húmeda (IRAM 10507[2]), Clasificación de Suelos (SUCS - IRAM 10509[3]), y se realiza el ensayo Proctor con el "Método Normal", o bien el "Método Normal Alternativa B (IRAM 10511[4]) para hallar el valor de humedad óptima. Finalmente se moldean las probetas para determinar el valor soporte relativo (VSR) y el potencial de hinchamiento (PdH), con base en la Norma IRAM 10520 [5]. Para moldear se utiliza un molde de 17.7 cm \pm 0.15 cm de altura y 15.24 cm \pm 0.2 cm de diámetro, un disco espaciador de 61.2 mm de espesor y 15.24 cm \pm 0.2 de diámetro, un pisón de 4.54 kg y 47.5 cm de altura de caída. Se obtienen tres probetas compactadas por muestra, a 12, 25 y 56 golpes en cada una de las 5 capas compactadas. Se sumergen las probetas durante 96 horas y luego se las ensaya a la penetración a velocidad constante de 1.27 mm/min con un cabezal de 49.5 mm de diámetro. Una vez finalizado el ensayo se procesan los datos y se traza una curva de VSR para cada grado de compactación del suelo y su correspondiente porcentaje de hinchamiento, informándose además los parámetros de clasificación.

Tabla 1. Procedencia de muestras.

Muestra	FI001	FI007	FI008	FI009	FI010	FI011	FI012	FI013	FI014	FI016	FI017	
Localidad	Alem	Oberá	Oberá	Oberá	Oberá	Oberá	Oberá	Oberá	Posadas	Oberá	Oberá	
Coordenadas geográficas	Latitud decimal	-27,59518	-27,48253	-27,48585	-27,48395	-27,47495	-27,47683	-27,46312	-27,49588	-27,38375	-27,46982	-27,46898
	Longitud decimal	-55,32477	-55,12306	-55,10766	-55,10281	-55,08594	-55,09067	-55,08649	-55,10993	-55,99878	-55,10644	-55,10972

3. Presentación y Análisis de Resultados

En la Tabla 2 se dan los resultados obtenidos de Límites de Atterberg, Granulometría y la correspondiente clasificación según S.U.C.S., para las once muestras estudiadas.

Tabla 2. Límites de Atterberg, Pasante Tamiz #200 y Clasificación S.U.C.S.

Muestra	FI001	FI007	FI008	FI009	FI010	FI011	FI012	FI013	FI014	FI016	FI017
Límite Líquido [%]	54,20	66,30	57,30	39,60	49,50	57,00	79,20	76,20	47,50	63,10	55,20
Límite Plástico [%]	40,50	49,50	45,80	30,50	35,20	44,60	51,90	41,30	35,60	44,20	38,40
Índice De Plasticidad [%]	13,70	16,80	11,50	9,10	14,30	12,40	27,20	34,90	11,90	18,80	16,80
Pasa Tamiz #200 [%]	94,95	96,59	94,23	56,15	96,75	96,72	99,25	99,02	88,28	97,00	96,76
Clasificación SUCS	MH	MH	MH	ML	ML	MH	MH	MH	ML	MH	MH
	MH: Limo de Alta Plasticidad; ML: Limo de Baja Plasticidad										

Los resultados indican que la variación en cuanto a granulometría y límites de Atterberg son pequeñas, definiéndose según el SUCS como limos de alta plasticidad, no así las muestras FI009, FI010, FI014 las cuales presentan una disminución en los límites de consistencia y en el contenido de finos, correspondiendo éstas a un limo de baja plasticidad. La muestra FI009 presentó una elevada cantidad de suelo saprolítico respecto a las demás muestras.

En la Tabla 3 se dan los resultados obtenidos de VSR y PdH para las muestras trabajadas conforme humedad de moldeo de Proctor Normal (Tipo I), mientras que en la Fig. 1 y Fig. 2 se dan idénticos resultados en forma gráfica. Su análisis indica que en la mayoría de los casos hay una tendencia a que el VSR mayor en cada suelo se dé en torno a la energía asociada a los 25 golpes, lo cual se relaciona al hecho de que la humedad de moldeo es la correspondiente al Proctor Tipo I.

Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

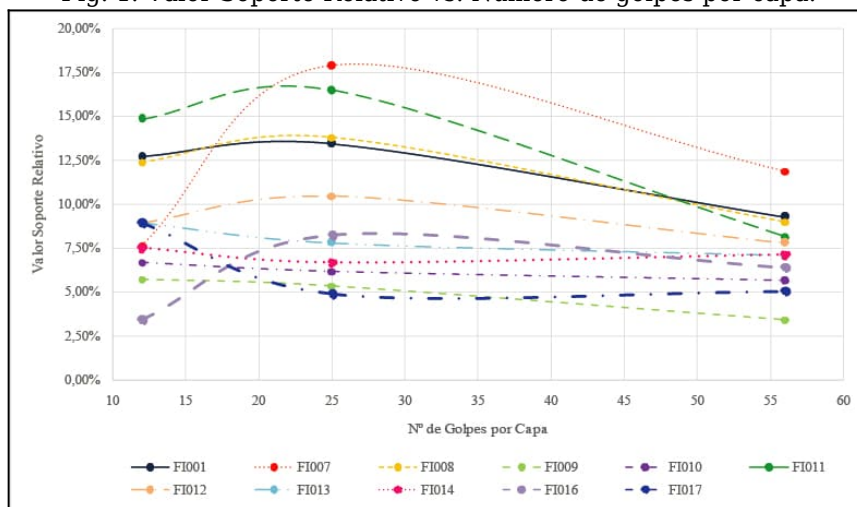
El PdH en líneas generales es muy reducido en todos los casos, dado que son menores al 1 %. La tendencia es a menores valores cuanto más energía de moldeo se aplica.

En la Tabla 4 se dan los resultados obtenidos de VSR y PdH para las muestras trabajadas conforme humedad de moldeo de Proctor Normal Alternativa B (Tipo III), mientras que en la Fig. 3 y Fig. 4 se dan idénticos resultados en forma gráfica. Su análisis indica que en la mayoría de los casos hay una tendencia a que el VSR mayor en cada suelo se de en torno a la energía asociada a los 12, es decir la menor energía de moldeo. El PdH en líneas generales se observa muy reducido en todos los casos, dado que son menores al 0.50 %. La tendencia es a menores valores cuanto más energía de moldeo se aplica. La energía de compactación asociada a la humedad óptima analizada para ambos casos de moldeo se encuentra entre los 12 y los 25 golpes. Al realizar el moldeo de las probetas en laboratorio se identifica que a partir de los 30 golpes el suelo comienza a “amasarse”, manifestando un exceso de energía aplicada para la humedad de moldeo. El PdH tiene un comportamiento aceptable a bueno, dado que los valores obtenidos son en todos los casos menores al 1%.

Tabla 3: Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento. (Proctor Tipo I).

Valor Soporte Relativo												
Muestra	FI001	FI007	FI008	FI009	FI010	FI011	FI012	FI013	FI014	FI016	FI017	
Golpes por capa	12	12,68%	7,64%	12,38%	5,71%	6,67%	14,83%	8,90%	8,90%	7,49%	3,41%	8,90%
	25	13,42%	17,87%	13,79%	5,34%	6,15%	16,46%	10,45%	7,79%	6,67%	8,23%	4,89%
	56	9,27%	11,86%	8,97%	3,41%	5,64%	8,16%	7,79%	7,04%	7,12%	6,38%	5,04%
Hinchamiento Relativo												
Muestra	FI001	FI007	FI008	FI009	FI010	FI011	FI012	FI013	FI014	FI016	FI017	
Golpes por capa	12	0,18%	0,92%	0,24%	0,35%	0,05%	0,10%	0,16%	0,01%	0,05%	0,37%	0,61%
	25	0,11%	0,43%	0,09%	0,22%	0,05%	0,09%	0,10%	0,08%	0,05%	0,29%	0,43%
	56	0,05%	0,08%	0,04%	0,19%	0,03%	0,01%	0,11%	0,05%	0,03%	0,17%	0,35%

Fig. 1. Valor Soporte Relativo vs. Número de golpes por capa.



Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

Fig. 2. Potencial de Hinchamiento vs. Número de golpes por capa.

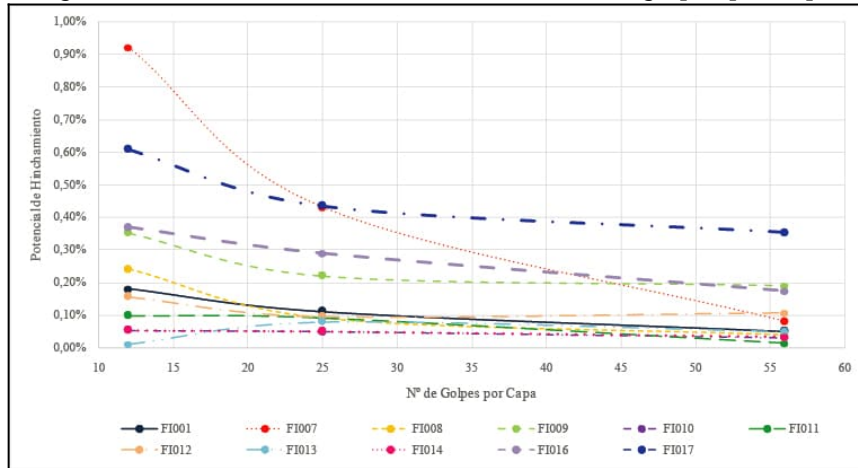
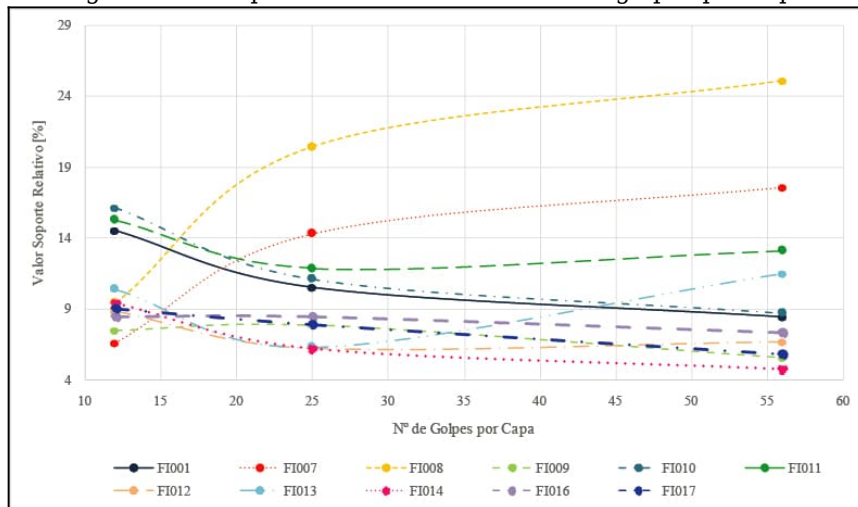


Tabla 4: Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento. (Proctor Tipo III).

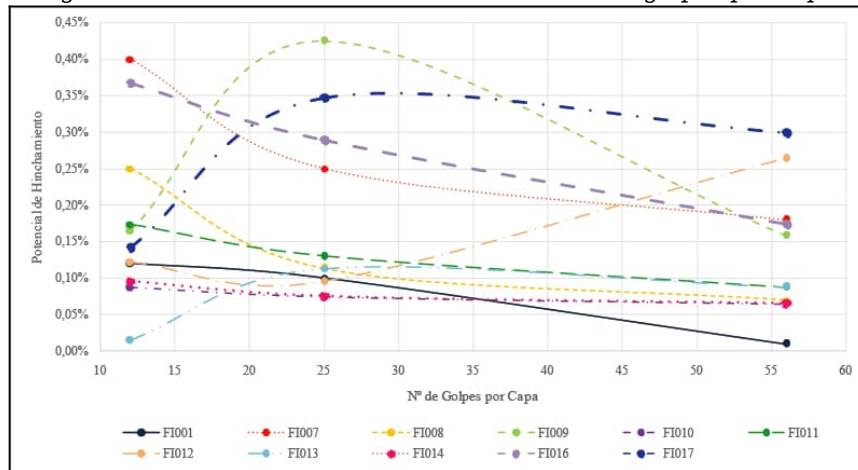
Valor Soporte Relativo												
Muestra	FI001	FI007	FI008	FI009	FI010	FI011	FI012	FI013	FI014	FI016	FI017	
Golpes por capa	12	14,53%	6,60%	9,43%	7,49%	16,13%	15,27%	8,82%	10,38%	9,42%	8,45%	9,05%
	25	10,53%	14,31%	20,44%	7,86%	11,12%	11,86%	6,23%	6,30%	6,23%	8,45%	7,93%
	56	8,45%	17,57%	25,10%	5,56%	8,71%	13,12%	6,67%	11,49%	4,75%	7,34%	5,78%
Hinchamiento Relativo												
Muestra	FI001	FI007	FI008	FI009	FI010	FI011	FI012	FI013	FI014	FI016	FI017	
Golpes por capa	12	0,12%	0,40%	0,25%	0,16%	0,09%	0,17%	0,12%	0,01%	0,10%	0,37%	0,14%
	25	0,10%	0,25%	0,11%	0,43%	0,07%	0,13%	0,10%	0,11%	0,08%	0,29%	0,35%
	56	0,01%	0,18%	0,07%	0,16%	0,07%	0,09%	0,26%	0,09%	0,07%	0,17%	0,30%

Fig. 3. Valor Soporte Relativo vs. Número de golpes por capa.



Evento: XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

Fig. 4. Potencial de Hinchamiento vs. Número de golpes por capa.



4. Conclusiones

Se ha generado un registro del comportamiento del suelo presente en la región cuando éstos son empleados como material compactado, además del desempeño de los mismos respecto del moldeo a diferente humedad óptima. Se ha cuantificado el VSR, observando una importante variación entre valores extremos, obteniéndose los registros mayores para el caso de humedad de Proctor Normal, cuando se lo compacta en energía asociada a los 25 golpes y para el caso del Proctor Normal Alternativa B, cuando se lo compacta con energía propia de los 12 golpes del ensayo de VSR. El PdH resulta decididamente bajo en todos los casos y denota un buen desempeño del suelo compactado con el transcurso del tiempo y de los procesos naturales de variación de humedad. Las observaciones van en línea con lo visto en obras de ingeniería en servicio, algunas desde hace más de 40 años. Se continuará aumentando el número de muestras a analizar, ampliando el registro y logrando resultados que abarquen y representen en mayor medida a la zona en estudio.

Palabras Clave -CBR, Potencial De Hinchamiento, Proctor, Valor Soporte Relativo.

Keywords -CBR, Swelling Potential, Proctor, Relative Support Value.

5. Referencias

- [1] IRAM 10501 "Método de determinación del L.L y del L.P de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad". 2007.
- [2] IRAM 10507 "Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda". 1986.
- [3] IRAM 10509 "Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles". 1982.
- [4] IRAM 10511 "Método de ensayo de compactación en laboratorio". 1972.
- [5] IRAM 10520 "Método de determinación del Valor Soporte Relativo e Hinchamiento de los Suelos". 1971.