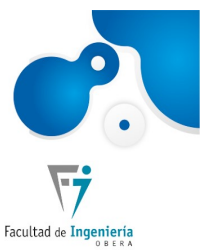


# JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



## **Análisis de Valor Soporte Relativo e Hinchamiento de Suelos Lateríticos Residuales**

Guidura, Nicolás I.<sup>a\*</sup>, Reinert, Hugo O.<sup>b</sup>, Bogado, Gustavo O.<sup>c</sup>, Bressan, Daniel A.<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Becario de Grado de Proyecto de Investigación, Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>b</sup>*Ingeniero Civil, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>c</sup>*CONICET- Consejo de Investigaciones científicas y técnicas, Ingeniero Civil, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

e-mails: nicolas.ivan.guidura@gmail.com, reinert@fio.unam.edu.ar, gustavobogado@fio.unam.edu.ar

---

### **Resumen**

El presente trabajo expone resultados de la evaluación del valor soporte relativo e hinchamiento de suelos residuales lateríticos compactados, en el marco del proyecto de investigación 16/I145 y 16/I1155-IDP, desarrollado en la Facultad de Ingeniería de Oberá, de la Universidad Nacional de Misiones. El análisis de dichos parámetros geomecánicos busca refutar la idea de que los suelos analizados son “regulares a malos” para su uso en distintas obras de ingeniería en general, idea que nace debido a la clasificación de suelos en estudio por distintos sistemas internacionales. El objetivo es generar una amplia base de datos, que permita utilizar el suelo más eficiente, con parámetros más reales que los utilizados en el presente, logrando así rebatir la idea actual acerca del desempeño de los suelos estudiados. Los parámetros hallados se obtienen del procesamiento de curvas y guarismos obtenidos tras la realización de diferentes ensayos de laboratorio, tomando de referencia a la norma IRAM.

**Palabras Clave** – C.B.R., Potencial De hinchamiento, Proctor, Valor Soporte Relativo

### **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 Rio Grande do Sul, Santa Catarina y sureña de Paraná en Brasil, son suelos de origen residual.

En la gran mayoría de los proyectos de ingeniería se emplean suelos compactados, para esto se debe contar con los parámetros geo mecánicos del suelo, obteniéndose así información acerca de su comportamiento y resistencia.

Debido a la poca superficie que este tipo de suelo ocupa en la República Argentina las referencias normativas nacionales no contemplan la particularidad de estos suelos, ya que las mismas han sido desarrolladas para suelos de tipo sedimentarios o transportados, predominantes en el territorio nacional, además, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), y el Highway Research Board (H.R.B.), los suelos tropicales y en particular los suelos residuales de la zona se clasifican como suelos de media a alta plasticidad, definidos estos como malos para el empleo, por ejemplo, como sub-rasantes de caminos. Es aquí donde vemos una contradicción ya que las experiencias muestran un buen comportamiento, respaldado esto por muchos estudios geotécnicos realizados por distintas entidades, y sobre todo por el buen desempeño de estructuras existentes hace mas de 50 años.

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 que permite la optimización de su uso. Todos los ensayos se realizaron conforme a los procedimientos y especificaciones establecidas en las Normas IRAM de referencia.

## 2. Materiales y metodología

### 2.1 Materiales utilizados

La muestra analizadas provienen de distintos puntos de la provincia de Misiones, mayormente de la zona centro y sur, y son provistas al laboratorio de la Facultad por empresas externas a la institución, o bien incorporadas por el equipo de investigación que busca en campo las muestras para su estudio. A la fecha se cuenta con las rutinas de dieciocho muestras, de un total de veintidós en estudio, detallándose en la Tabla 1, la procedencia de las mismas.

**Tabla 1: Origen de las muestras.**

<b>Muestra</b>	<b>Localidad</b>
FI001	L.N. Alem
FI007	Obera
FI008	Obera
FI009	Obera
FI010	Obera
FI011	Obera
FI012	Obera
FI013	Obera
FI014	Posadas
FI016	Obera
FI017	Obera
FI018	Obera
FI019	Obera
F021	Obera
F022	Obera

Debido a la situación epidemiológica que se está viviendo en la actualidad, no se pudo llevar a cabo la caracterización (Incluyendo aquí los Límites Líquidos, Límites Plásticos e Índice de Plasticidad) de las muestras F019, F020 y F021 (detalladas en Tabla 1 su procedencia), y se mostraran sus valores de Potencial de hinchamiento y Valor soporte relativo correspondiente.

### 2.2 Preparación de las muestras

El estudio comienza con el secado de las muestras, exponiéndolas al ambiente para que pierdan humedad de manera natural para luego reducir el tamaño de los grumos con un mortero y cribar el material obtenido por un tamiz N°4 (4,75 mm).

Seguidamente se realizan los ensayos de caracterización, los cuales son, Límites de Atterberg (IRAM 1050[1]), Granulometría con Tamizado por Vía Húmeda (IRAM 10507[2]), Clasificación de Suelos (SUCS-IRAM 10509[3]).

Para obtener el valor de humedad óptima se realiza un ensayo Proctor con el “Método Normal” (Con molde de 0,94 dm<sup>3</sup> y 101 mm de diámetro, pisón de 2500 gr y 50mm de diámetro, en 3 capas de 25 golpes cada una – IRAM 10511 [4]).

Para el moldeo de las probetas, el hinchamiento y el ensayo de las mismas, además de la determinación del valor soporte y del potencial de hinchamiento, se emplea la Norma IRAM 10520 [5]. Al moldear se utiliza un molde de 17,7cm±0,15cm de altura y 15,24cm±0,2cm de diámetro, un disco espaciador de 61,2mm de espesor y 15,24cm±0,2 de diámetro, además de un pistón de 4,54 kg y 47,5 cm de altura de caída, obteniéndose una terna de probetas compactadas por muestras, a 12, 25 y 56 golpes en cada una de las 5 capas compactadas.

Las probetas obtenidas se las sumerge durante 96 horas y luego se las ensaya a velocidad constante de 1,27 mm/min con un pistón de 4,54 kg y 49,5 mm de diámetro.

Una vez finalizado el ensayo se procesan los datos y se trazan una curva de valor soporte para cada grado de compactación de suelo y su correspondiente porcentaje de hinchamiento asociado, informándose además de estos valores, los obtenidos en la caracterización previamente hecha.

### 3. Resultados

A continuación en la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de Límites de Atterberg (Límite líquido y Límite plástico), Granulometría (Pasante del Tamiz N°200) y correspondiente clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), para las muestras en cuestión.

**Tabla 2: Límites de Atterberg, Pasante Tamiz N°200 y Clasificación S.U.C.S.**

<i>Muestra</i>	<i>Límite Líquido (%)</i>	<i>Límite Plástico (%)</i>	<i>Índice De Plasticidad (%)</i>	<i>Pasante Tamiz #200 (%)</i>	<i>Clasificación SUCS</i>
FI001	54.20	40.50	13.70	94.95	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI007	66.30	49.50	16.80	96.59	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI008	57.30	45.80	11.50	94.23	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI009	39.60	30.50	9.10	56.15	ML - Limo de Baja Plasticidad
FI010	49.50	35.20	14.30	96.75	ML - Limo de Baja Plasticidad
FI011	57.00	44.60	12.40	96.72	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI012	79.20	51.90	27.20	99.25	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI013	76.20	41.30	34.90	99.02	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI014	47.50	35.60	11.90	88.28	ML - Limo de Baja Plasticidad
FI016	63.10	44.20	18.80	97.00	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI017	55.20	38.40	16.80	96.76	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI018	51.25	31.15	30.10	96.81	MH - Limo de Alta Plasticidad

Como se puede observar de la tabla, los resultados de las muestras FI001, FI007, FI008, FI011, FI013 y FI017 presentan varias similitudes tanto en su granulometría, como en los Límites de Atterberg, perteneciendo todas a según S.U.C.S. a “limos de alta plasticidad” (MH) lo cual da pie a sus propiedades similares.

De igual manera podríamos agrupar a las muestras FIO09 y FI014, clasificados como “Limos de baja plasticidad” (ML) con parámetros similares, presentando poca variación en sus características.

Para poder visualizar lo indicado, se muestra en la Figura 1 la dispersión de los parámetros, concretamente se representa el índice de plasticidad.

En la figura se observa como las muestras definidas “ML” similares en Índice de plasticidad tienden a agruparse cercamos entre sí, de igual manera los “MH”. Con esto además se puede apreciar que el conjunto de datos tiene a un valor cercano a 18,3 aproximadamente. Encontrándose más dispersa la muestra FI013, proveniente de la Ciudad de Oberá.

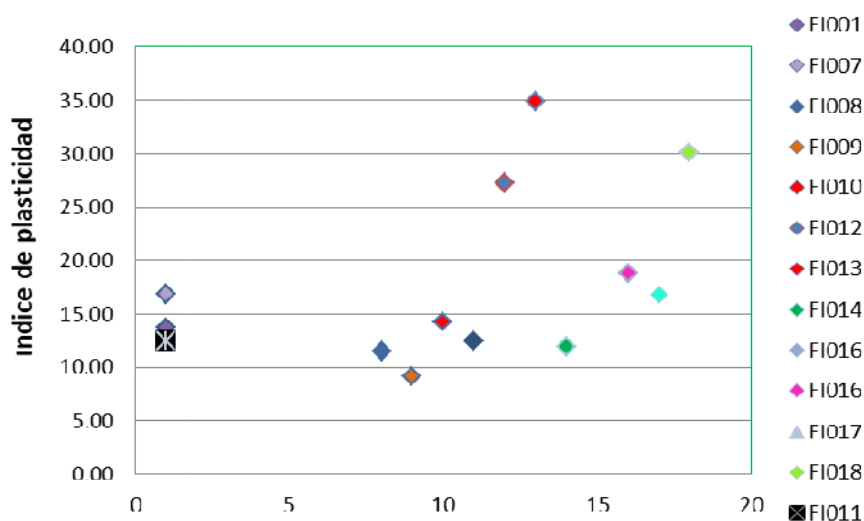


Figura 1. Representación del Índice de Plasticidad por muestra.

Por otra parte se presentara en la Tabla 3, los resultados obtenidos de Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento para las muestras ensayadas conforme humedad de moldeo de Próctor Normal (Tipo I).

Tabla 3. Valor Soporte Relativo y Potencial de hinchamiento (Próctor Tipo I)

	Muestra	Golpes por capa				Golpes por capa		
		12	25	56		12	25	56
Valor Soporte e Relativo	FI001	12.68	13.42	9.27	Potencial de Hinchamiento	0.18	0.11	0.05
	FI007	7.64	17.87	11.86		0.92	0.43	0.08
	FI008	12.38	13.79	8.97		0.24	0.09	0.04
	FI009	5.71	5.34	3.41		0.35	0.22	0.19
	FI010	6.67	6.15	5.64		0.05	0.05	0.03
	FI011	14.83	16.46	8.16		0.1	0.09	0.01
	FI012	8.90	10.45	7.79		0.16	0.1	0.11
	FI013	8.90	7.79	7.04		0.01	0.08	0.05
	FI014	7.49	6.67	7.12		0.05	0.05	0.03
	FI016	3.41	8.23	6.38		0.37	0.29	0.17
	FI017	8.90	4.89	5.04		0.61	0.43	0.35
	FI018	4.00	5.63	3.19		0.01	0.01	0
	FI019	9.49	4.82	2.82		0.01	0.02	0.01
	F021	1.16	9.27	6.60		0.01	0.01	0.01
	F022	1.1	5.56	3.93		0.01	0.01	0.01

Al observar la tabla se puede ver que en varios casos el valor soporte más alto corresponde a la energía asociada a los 25 golpes, comparando con los otros dos restantes, es decir a 12 y 56 golpes. Esto se puede asimilar de mejor manera en la Figura 2, donde la gráfica que presenta mayores picos responde a valor soporte de referencia para 25 golpes por capa de compactación.

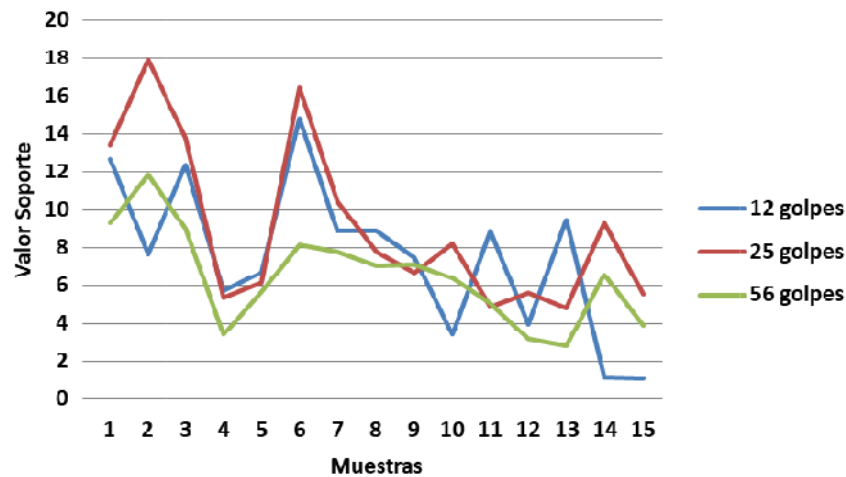


Figura 2. Valor soporte relativo en función a la cantidad de Energía aplicada. (Ensayo tipo I)

En la Tabla 4 se dan los resultados obtenidos en Valor soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento para las muestras trabajadas conformes humedad de molde de Próctor Normal Alternativa B (Tipo III).

Tabla 4. Valor Soporte Relativo y Potencial de hinchamiento (Próctor Tipo III)

	Muestra	Golpes por capa				Golpes por capa		
		12	25	56		12	25	56
Valor Soporte e Relativo	FI001	14.53	10.53	8.45	Potencial de Hinchamiento	0.12	0.1	0.01
	FI007	6.6	14.31	17.57		0.4	0.25	0.18
	FI008	9.43	20.44	25.1		0.25	0.11	0.07
	FI009	7.49	7.86	5.56		0.16	0.43	0.16
	FI010	16.13	11.12	8.71		0.09	0.07	0.07
	FI011	15.27	11.86	13.12		0.17	0.13	0.09
	FI012	8.82	6.23	6.67		0.12	0.1	0.26
	FI013	10.38	6.3	11.49		0.01	0.11	0.09
	FI014	9.42	6.23	4.75		0.1	0.08	0.07
	FI016	8.45	8.45	7.34		0.37	0.29	0.17
	FI017	9.05	7.93	5.78		0.14	0.35	0.3
	FI018	4.96	5.49	1.93		0	0.01	0
	FI019	8.23	5.04	3.41		0	0	0
	F021	4.89	1.63	6.60		0.01	0.01	0.01
F022	1.48	6.52	4	0.01	0.01	0		

A comparación de los valores de la Tabla 3 que los valores de Soporte eran mayores para 25 golpes, en la Tabla 4 los de mayor valor soporte son los asociados a menor energía de compactación, es decir los de 12 golpes, exceptuando esto en pocas muestras. Para ser aun más representativo, lo dicho se puede observar en la Figura 3.

Estos resultados, al igual que en el caso anterior, son llamativos, dado que la lógica indicaría que a mayor energía aplicada (56 golpes) debiera de ser mejor el desempeño del suelo en cuanto a valor

soporte. La explicación aquí se podría dar en el hecho que la humedad de moldeo (la óptima determinada) responde a una energía de compactación cercana a los 25 golpes en el primer caso y a los 12 golpes en el segundo.

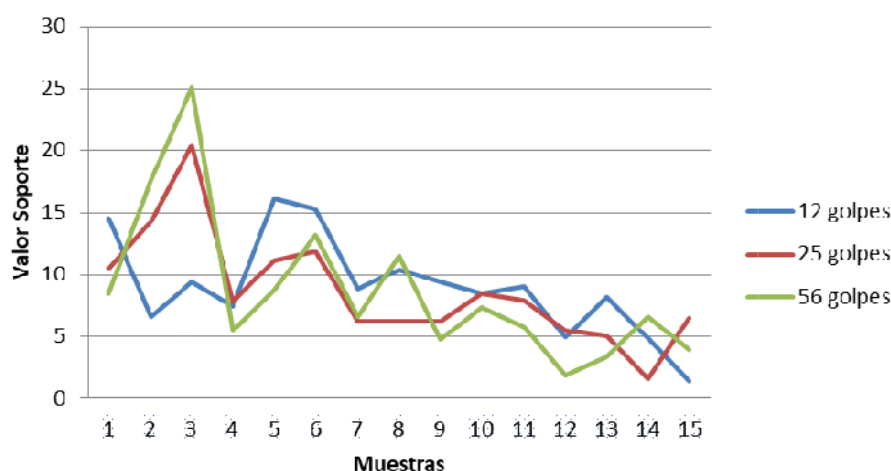


Figura 3. Valor soporte relativo en función a la cantidad de Energía aplicada. (Ensayo tipo III)

Respecto al potencial de hinchamiento, se puede apreciar que por ambas metodologías de compactación de referencia, Próctor Tipo I o Tipo III, los resultados son buenos, dado que en su mayor parte no superan los 0.50 %, en este valor es bueno para su uso en obras por ejemplo de control por la Dirección Provincial de Vialidad, la cual por lo general en sus pliegos admite hasta 3% de hinchamiento.

La comparación de las magnitudes obtenidas entre el Próctor Tipo I y Tipo III, denota una leve tendencia a mejor desempeño con el Tipo III, es decir mayor energía aplicada, y en consecuencia menor relación de vacíos en las probeta resultante.

#### 4. Conclusiones

Analizando los resultados obtenidos y presentados, con muestras obtenidas de diferentes partes de la Provincia, se pueden realizar las siguientes afirmaciones:

- Los valores de Límites de Atterberg pertenecientes a una misma zona y definidos según el S.U.C.S tienden a mostrar valores similares.
- Las clasificaciones de referencia para los suelos en estudio son MH (limos de alta plasticidad), o ML (limos de baja plasticidad).
- Se han presentado los resultados de valor soporte relativo, destacando diferencias conforme el método de compactación empleado, Próctor Tipo I o Tipo III.
- Se ha llegado a cuantificar el valor soporte de las muestras, viendo en estas una importante variación entre los extremos del valor promedio, obteniendo los mayores en los de tipo I para 25 golpes, y para los del tipo III con 12 golpes de compactación por capa. Ambas referencias son a humedad de moldeo del Próctor indicado.
- El potencial de hinchamiento obtenido es en general bajo, con valores menores de 0.50 %, indicando la aceptación de su uso para por ejemplo sub-rasantes de caminos, conforme las especificaciones generalmente limitadas en un valor máximo de 3%.

Como observación final, es importante dejar sentado que no se han podido ampliar en el último año el número de sitios en estudio, debido a la situación epidemiológica de COVID-19, siendo objeto del proyecto, retomar las actividades para poder contar con mayor número de sitios estudiados, a fin de verificar las tendencias de los resultados presentados a la fecha.

## **5. Agradecimientos**

Se agradece la colaboración en laboratorio de todos los integrantes adscriptos de investigación “Estudio del comportamiento Geo-mecánico de Suelos Residuales Lateríticos compactados”, código 16/I145, del proyecto 16/I1155IDP “Caracterización Geo-mecánica de suelos residuales compactados de Misiones”, y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, por el financiamiento de las Becas de Investigación del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, Nicolas Ivan Guidura.

## **6. Referencias:**

1. 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.
2. Norma IRAM 10507 “Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda”. 1986.
3. Norma IRAM 10509 “Clasificación de los suelos con propósito ingenieriles”. 1986.
4. Norma IRAM 10511 “Método de ensayo de compactación en laboratorio”- 1972
5. Norma IRAM 10520 “Método de determinación del Valor Soporte Relativo e Hinchamiento de los Suelos”. 1971.
6. Ramirez Guido A., Freiberg Marcos R., Fernández Ángel O., Guidura Nicoas I., Semañuk Mario A., Reinert Hugo O., Pintos Nicolas A., Bogado Gustavo O., Bressan Daniel A. Evaluación del Valor Soporte y Potencial de Hinchamiento de Suelos Residuales Lateríticos Compactados. XI Jornada de Investigación Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la producción.
7. Semañuk Mario A., Horn Jonatan R., Gutkoski Florencia I., Aguirre Analia A., Drewes Ingrid B., Pintos Nicolas A., Reinert Hugo O., Bogado Gustavo O., Bressan Daniel A. Relación entre Resultados de Ensayos de Compactación y Propiedades Geotécnicas Índice de Suelos Residuales de Misiones, Argentina. XI Jornada de Investigación Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la producción.
8. Morgenstern Melina E. a, , Tkachuk Matías G. b, Demonari Fernando E. c, Basile Alejandro M.d, Semañuk Mario A.e, Drewes Ingrid Bf, Bogado Gustavo O.g, Bressan Daniel A. Relación Entre Resultados de Ensayos de Compactación y Propiedades Geotécnicas Índices de Suelos Residuales de Misiones, Argentina. VIII Jornada de Investigación Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la producción.