

Relación entre Resultados de Ensayos de Compactación y Propiedades Geotécnicas Índices de Suelos Residuales de Misiones, Argentina

Semañuk Mario A.^a, Horn Jonatan R.^b, Gutkoski Florencia I.^b, Aguirre Analía A.^b, Drewes Ingrid B.^a, Pintos Nicolás A.^c, Reinert Hugo O.^c, Bogado Gustavo O.^c

^a Integrante del Proyecto, Becario de Grado, Estudiante de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

^b Integrante del Proyecto, Adscripto, Estudiante de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

^c Integrante del Proyecto, Ingeniero Civil, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: msem1994@gmail.com, wwwyhyona@gmail.com, florenciairinag@gmail.com,
analíaayelen.aguirre@gmail.com, ingridbdrewes@gmail.com, nicolasagustinpintos@gmail.com,
hugoreinert@gmail.com, gustavobogado@fio.unam.edu.ar

Resumen

Los suelos residuales compactados, demuestran un buen desempeño en diversas obras civiles, contrario a lo expuesto según su clasificación en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Por esto, el proyecto “Estudio de comportamiento geomecánico de suelos residuales compactados” (código 16/I145) de la Facultad de Ingeniería de Oberá, propone elaborar un registro de las propiedades geomecánicas de los suelos residuales compactados de la provincia. En el marco de este proyecto, se propone analizar correlaciones entre parámetros de compactación y propiedades geotécnicas índices. Las propiedades estudiadas fueron: límites de Atterberg (IRAM 10501-2007), granulometría por tamizado vía húmeda (IRAM 10507-1986), Clasificación de Suelos (IRAM 10509-1982) y Determinación de la densidad relativa de los suelos (IRAM 10503). Además, se realizaron ensayos de compactación en sus dos variantes “Método Normal” y “Método Normal, alternativa B” (IRAM 10511-1972). Según el SUCS, los suelos ensayados se clasifican como limos de alta o baja plasticidad. Con respecto a la correlación entre propiedades índices y los parámetros de compactación (humedad óptima y densidad seca máxima) los guarismos obtenidos, demuestran correspondencias adecuadas para este material, siendo parte del objetivo del proyecto continuar ampliando las muestras estudiadas para afinar los ajustes o tendencias obtenidas.

Palabras Clave – Compactación, Densidad seca máxima, Humedad óptima, Límite líquido, Pasante tamiz 200, Propiedades índice.

1. Introducción

En la mayoría de las obras civiles de la región, resulta necesario el empleo de suelos residuales lateríticos como un material fundamental en diferentes etapas de proyecto (sustentación y/o fundación, rellenos, etc.), por lo cual contar con datos de parámetros geotécnicos, para evaluar el comportamiento y la resistencia de estos es de suma importancia.

Al revisar la clasificación Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el Highway Reserch Board (HRB), se obtiene que los suelos de la zona clasifican como limos de alta o baja plasticidad, no aptos para su utilización en bases o sub-bases de camino o pavimentos.

La experiencia en la utilización de los suelos compactados y en particular de los suelos residuales de la zona muestra un adecuado desempeño que no se correspondería con el comportamiento que se estima según su clasificación.

Es por esto que la Facultad de Ingeniería de Oberá propone estudiar los suelos de la provincia de Misiones, con el proyecto “Estudio de comportamiento geomecánico de suelos residuales compactados” (código 16/I145) para generar un registro de las propiedades geomecánicas del suelo en estado compactado (Bogado G. O. et al., 2017 ^[1]; De Salvo O. E., 1990 ^[2]; Morgenstern, M. E. et al., 2017 ^[3] ^[4]; Morgenstern, M. E. et al., 2018 ^[5])

Este trabajo es una ampliación del trabajo “Relación Entre Resultados de Ensayos de Compactación y Propiedades Geotécnicas Índices de Suelos Residuales de Misiones, Argentina”. (Morgenstern, M. E. et al., 2018 ^[6]), donde se estudiaron mediante ensayos de laboratorio bajo la normas IRAM, las propiedades índices y los parámetros de compactación a dos energías de compactación (Método normal y método normal alternativa B - Norma IRAM 10511-1972), obteniéndose correlaciones entre densidad seca máxima (DSmax) y humedad óptima (HO) junto a propiedades índice, conforme los ensayos de compactación en cada caso.

2. Metodología

Las muestras analizadas resultan propias de servicios realizados por la Facultad de Ingeniería a empresas externas al Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC), o bien son buscados en el campo por los integrantes del Proyecto de Investigación, siendo estas últimas en líneas generales tomadas en el entorno de la Ciudad de Oberá. Asimismo, dado la participación de uno de los integrantes del proyecto como personal permanente de la Consultora privada, Grupo Consultor Mesopotámico, se cuenta con autorización y colaboración de datos de muestras propias de la misma, las cuales son también parte de las muestras empleadas en el trabajo.

En la Tabla 1 se dan los sitios de los cuales provienen las diferentes muestras, así también como su designación, la cual responde a si se ha incorporado de origen por la Facultad de Ingeniería (FI) o bien por Grupo Consultor Mesopotámico (GCM).

Con las muestras obtenidas, se realiza en primera instancia los ensayos de caracterización correspondientes, Límites de Atterberg (IRAM 10501-2007) ^[7], Granulometría por tamizado vía húmeda (IRAM 10507-1986) ^[8], Clasificación de Suelos (IRAM 10509-1982) ^[9] y Determinación de la Densidad Relativa de los suelos (IRAM 10503-2007) ^[10].

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 80 %, constituyendo en consecuencia suelos finos.

Asimismo, para la ejecución de los ensayos Próctor respectivos, el suelo es previamente secado al aire 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, lo cual consiste en preparar cinco muestras de suelo variando el contenido de agua para moldeo.

En cuanto al ensayo de compactación, se tomó como referencia la Norma IRAM 10511-1972 ^[11] “Método de ensayo de compactación en laboratorio”, y se efectuaron los correspondientes ensayos

de compactación aplicando dos diferentes tipos de energía de compactación tal como lo indican el “Método normal”(o Tipo 1) y “Método normal, alternativa B” (o Tipo 3).

Tabla 1: Designación y ubicación de muestras ensayadas

Designación	Ubicación Aproximada	Municipio
FI001	Leandro N. Alem	Leandro N. Alem
FI003	Ruta Provincial N°5, Estación Transformadora	Panambí
FI005	Ruta Nacional N°14, Estación Transformadora	Oberá
FI006	Ruta Nacional N°14, Pasando Guaraní	Guaraní
FI007	Esquina calle Jujuy y Berutti	Oberá
FI008	Calle Carhué casi Ushuaia	Oberá
FI010	Ruta Nacional N°14, Predio DINI	Oberá
FI011	El Chachi. Calle Santo Chaves	Oberá
FI012	Ruta Nacional N°14, Pasando Termas	Oberá
FI013	Parque de las Naciones, Humboldt	Oberá
FI014	Lazarte, It. Guazú	Posadas
FI015	Ruta Nacional N°14, casi calle Montevideo	Oberá
FI016	Av. Picada Vieja y A° Uruguay	Oberá
FI017	Calle Canal Torto	Oberá
FI018	Asunción y Cosquin	Oberá
FI019	Cañado entre Lima y Asunción	Oberá
GCM002	Mz N° 135 PROCREAR, It. Guazú	Posadas
GCM003	Yacimiento Vaccel, Santa Ana	Santa Ana
GCM004	Calle los Canarios, It. Guazú	Posadas
GCM006	Esc. N° 43 Itaembé Miní	Posadas
GCM007	Control de Rentas	Azara
GCM008	Calle Gotchald	Garupá
GCM009	Dirección de Tránsito	Posadas
GCM010	Control de Rentas	Azara
GCM011	Av los Jilgueros, It. Guazú	Posadas
GCM012	Calle Azaleas, It. Guazú (DUCON)	Posadas
GCM014	Sector 3.B.3 Mz 487, It. Guazú	Posadas

En la Tabla 2 se muestran las prescripciones normativas para los ensayos de compactación llevados a cabo.

Tabla 2: Prescripciones del ensayo de compactación

IRAM 10511	Molde		Pisón		N° de capas	N° de golpes por capa
	Capacidad	Diámetro	Diámetro	Masa		
Método normal (T1)	0,94 dm ³	101+1 mm	50 mm	2500 gr	3	25
Método normal, alternativa B (T3)	0,94 dm ³	101+1 mm	50 mm	2500 gr	3	35

3. Presentación y Análisis de Resultados

En la Tabla 3 se dan los resultados de los ensayos de Granulometría, Clasificación según SUCS, los Límites de Atterberg (Limite Líquido (LL), Limite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP)) y los guarismos de compactación, es decir, Humedad Óptima (HO) y Densidad Seca Máxima (DSmax) de Proctor Normal (T1) y Próctor Normal Alternativa B (T3).

Tabla 3: Resultados de Granulometría, Clasificación SUCS, Límites de Atterberg, Proctor Método Normal y Método Normal Alternativo B

Muestra		FI001	FI003	FI005	FI006	FI007	FI008	FI010	FI011	FI012
Granulometría (Pasante) [%]	#4	100.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00	99.10	100.00
	#10	100.00	100.00	100.00	-	100.00	99.59	99.59	98.51	99.85
	#40	99.04	96.15	98.56	-	99.60	97.94	98.78	97.91	99.85
	#100	96.15	93.58	95.25	-	96.99	95.05	97.56	97.31	99.55
	#200	94.95	92.72	93.81	97.09	96.59	94.23	96.75	96.72	99.25
Clasificación SUCS		MH	MH	MH	MH	MH	MH	ML	MH	MH
Límites de Atterberg	LL	54.20	53.01	50.80	66.16	66.28	57.33	49.45	56.98	79.15
	LP	40.52	35.16	38.10	44.80	49.51	45.76	35.15	44.60	51.91
	IP	13.69	17.85	12.70	21.36	16.76	11.57	14.30	12.37	27.24
HO T1 [%]		30.50	28.40	29.40	25.66	32.70	34.50	29.00	32.50	37.00
DSmax T1 [KN/m ³]		14.62	14.80	15.30	15.69	14.00	13.70	14.80	13.94	13.42
HO T3 [%]		30.00	28.01	28.31	23.80	32.00	33.00	28.00	31.50	35.00
DSmax T3 [KN/m ³]		15.15	15.32	15.71	15.93	14.50	13.90	15.10	14.20	13.84

Muestra		FI013	FI014	FI015	FI016	FI017	FI018	FI019	GCM002	GCM003
Granulometría (Pasante) [%]	#4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	#10	99.93	98.56	99.64	99.80	99.76	100.00	100.00	97.90	98.90
	#40	99.58	97.11	99.29	99.20	98.92	100.00	99.85	94.60	96.40
	#100	98.46	96.47	98.39	98.00	97.36	99.01	97.88	91.80	91.80
	#200	99.02	88.28	96.25	97.00	96.76	98.21	96.81	87.90	88.40
Clasificación SUCS		MH	ML	MH						
Límites de Atterberg	LL	76.18	47.46	56.31	63.06	55.17	61.25	50.87	50.00	60.00
	LP	41.27	35.55	43.51	44.22	38.37	31.15	37.91	36.00	44.00
	IP	34.91	11.92	12.80	18.84	16.80	30.10	12.96	14.00	16.00
HO T1 [%]		31.50	27.50	31.17	33.00	31.70	-	31.60	26.40	32.93
DSmax T1 [KN/m ³]		14.34	15.20	14.26	13.95	14.05	-	14.23	15.06	14.39
HO T3 [%]		31.00	26.00	30.50	31.23	31.08	29.00	29.20	-	-
DSmax T3 [KN/m ³]		15.15	15.50	14.40	14.59	14.56	14.82	14.58	-	-

Tabla 3 cont.: Resultados de Granulometría, Clasificación SUCS, Límites de Atterberg, Proctor Método Normal y Método Normal Alternativo B

Muestra		GCM004	GCM006	GCM007	GCM008	GCM009	GCM010	GCM011	GCM012	GCM014
Granulometría (Pasante) [%]	#4	99.90	100.00	97.90	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.50
	#10	98.10	96.50	96.90	98.70	98.30	99.00	97.60	98.00	95.20
	#40	95.10	92.80	94.70	93.00	96.30	96.10	94.70	95.10	92.30
	#100	92.00	88.80	91.00	90.70	94.80	93.20	92.10	92.50	88.70
	#200	88.80	84.90	89.10	89.30	92.50	92.00	89.40	89.90	84.80
Clasificación SUCS		MH	ML							
Límites de Atterberg	LL	51.00	57.00	67.00	58.00	52.00	53.00	58.00	54.00	45.00
	LP	35.00	38.00	47.00	37.00	33.00	38.00	34.00	38.00	33.80
	IP	16.00	19.00	20.00	21.00	19.00	15.00	24.00	16.00	11.20
HO T1 [%]		25.53	24.29	28.56	29.52	27.28	30.38	-	27.00	27.17
DSmax T1 [KN/m ³]		16.05	15.92	14.72	14.86	14.82	14.75	-	15.16	15.61
HO T3 [%]		-	-	-	-	-	-	25.60	-	-
DSmax T3 [KN/m ³]		-	-	-	-	-	-	16.05	-	-

En la Tabla 4 se presentan, los resultados de Densidad Relativa el cual se determinó en 21 muestras, continuándose con el desarrollo de los ensayos en las demás. Con respecto a la Relación de Vacíos Mínima, se determinó utilizando el dato de Densidad Relativa y la humedad de moldeo de los distintos ensayos Proctor, tanto Normal como Alternativa B.

El análisis de los resultados obtenidos para el Peso Específico Aparente, indica valores de referencia mínimos de 2.765, mientras que el valor máximo obtenido resulto de 2.922, estableciéndose como media un valor de 2.843, lo cual si bien denota diferencias, las mismas resultan razonables al propio proceso de formación de estos suelos, caracterizados por la descomposición in situ del material primario, el basalto.

Respecto de la relación de vacíos mínima obtenida, en general se da lo esperado, en el sentido que para el caso del Próctor Normal Alternativa B, se alcanzan valores más reducidos que para el caso de Normal. En cuanto a los valores extremos, sucede lo mismo, destacándose que en algunos suelos la relación de vacíos mínima no llega a ser menor que la unidad, mientras que el mínimo obtenido resulto de 0.761 y 0.754 según el tipo de Próctor desarrollado. Esto muestra que por más

que los suelos presenten clasificaciones semejantes, no tienen un comportamiento idéntico en cuanto a sus propiedades al compactarlo.

Tabla 4: Resultados de Densidad Relativa, Relación de Vacíos Mínima de Proctor Normal (T1) y Relación de Vacíos Mínima de Proctor Alternativa B (T3)

Muestra	Densidad Relativa	Rel. de Vacíos Mínima T1	Rel. de Vacíos Mínima T3
FI007	2.920	1.086	1.017
FI008	2.900	1.116	1.083
FI010	2.776	0.875	0.838
FI011	2.776	0.991	0.955
FI012	2.828	1.105	1.046
FI013	2.827	0.971	0.866
FI014	2.893	0.906	0.869
FI015	2.838	0.999	0.971
FI016	2.873	1.067	0.967
FI017	2.849	1.035	0.951
GCM002	2.922	0.940	-
GCM003	2.877	0.999	-
GCM004	2.827	0.761	-
GCM006	2.837	0.782	-
GCM007	2.868	0.948	-
GCM008	2.848	0.917	-
GCM009	2.765	0.866	-
GCM010	2.793	0.894	-
GCM011	2.799	-	0.754
GCM012	2.798	0.859	-
GCM014	2.888	0.850	-

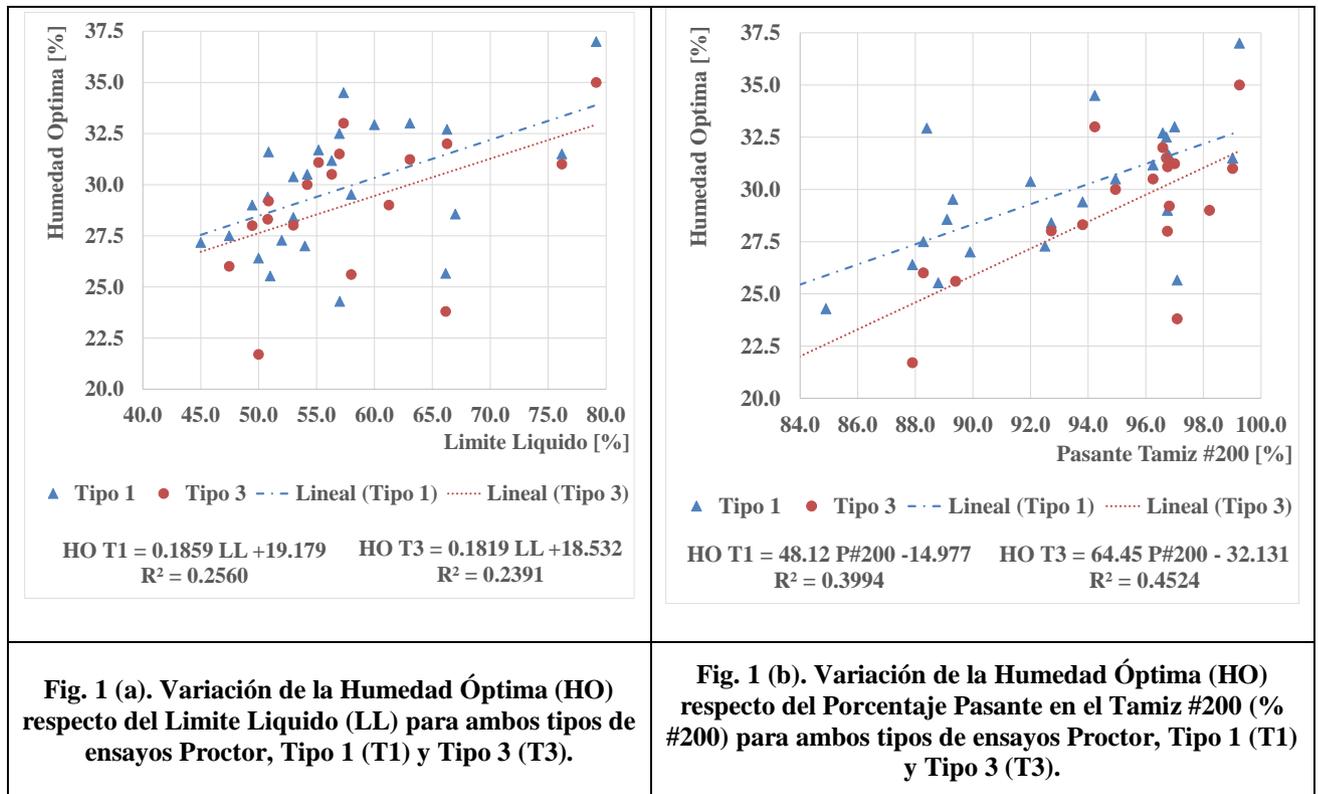
En las Figuras 1(a) y 1(b) se presentan resultados de la correlación propuesta para el caso de propiedades índice con los datos característicos del ensayo de compactación, esto es, la variación de la Humedad Óptima con el Límite Líquido y con el pasante Tamiz 200 para ambos tipos de ensayo Próctor llevados a cabo.

La observación de las mismas, indica que la humedad óptima de compactación aumenta con el respectivo crecimiento de los valores característicos de Limite Líquido y Pasante #200, es decir, con el incremento en el contenido de finos de la muestra. En ambas propuestas de correlación, se plantearon ajustes de tipo Lineal, dado que resulta la tendencia de mejor ajuste.

Para el caso de Humedad Óptima vs Límite Líquido, el R^2 resulta algo bajo, con valores de referencia de 0.256 y 0.239 para Próctor Tipo 1 y Tipo 3 respectivamente; mientras que para el caso

de Humedad Óptima vs pasante tamiz 200, el R^2 resulta algo superior, aunque continua siendo bajo el ajuste, con valores de 0.399 y 0.452 para cada tipo de Próctor.

Si bien estos ajustes podrían considerarse como malos, atendiendo a la falta de información referente a los suelos regionales, los mismos resultan de mucha utilidad para describir el comportamiento y para el registro de guarismos de referencia en estos suelos.

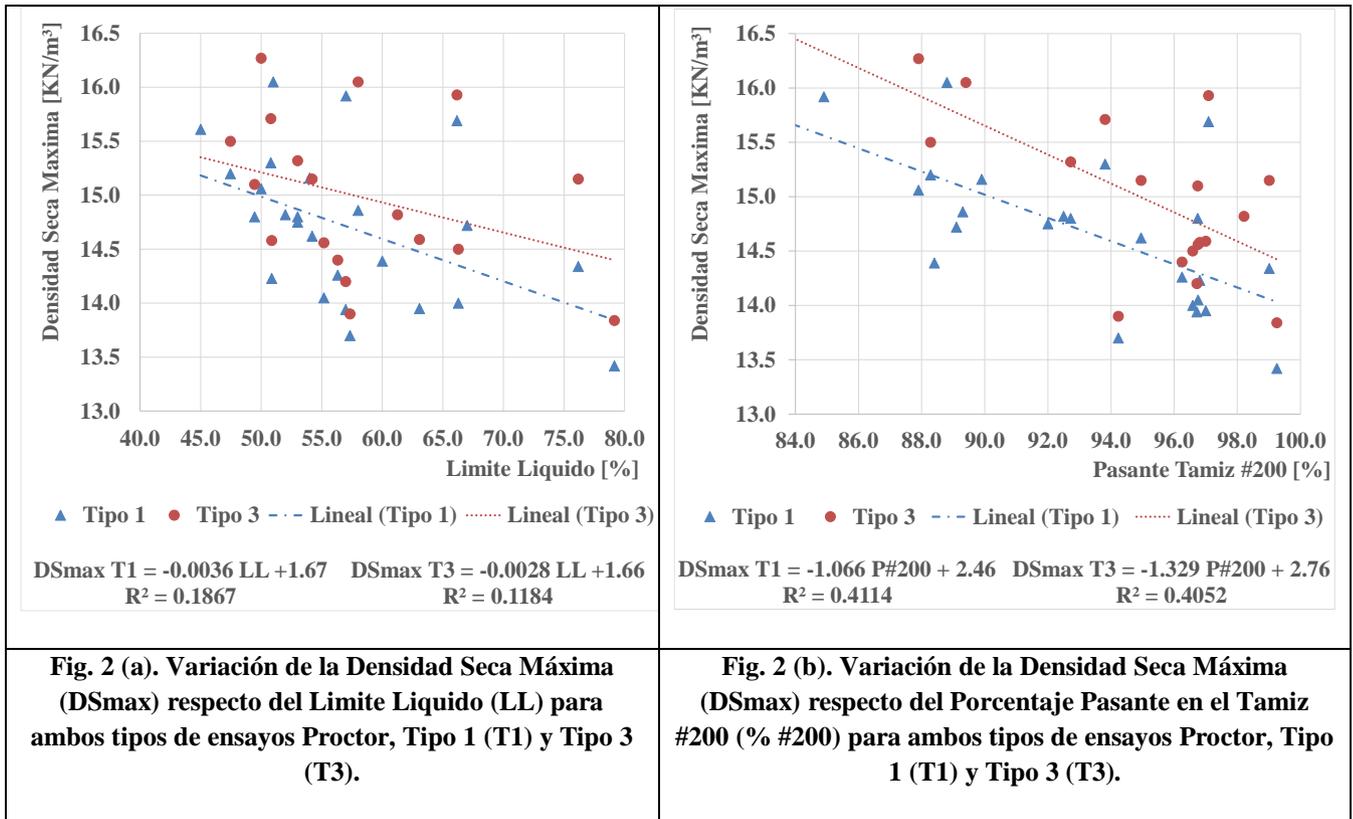


En las Figuras 2(a) y 2(b) se presentan resultados de la correlación propuesta para el caso de propiedades índice con los datos característicos del ensayo de compactación, esto es, la variación de la Densidad Seca Máxima con el Límite Líquido y con el pasante Tamiz 200 para ambos tipos de ensayo Próctor llevados a cabo.

La observación de las mismas, indica que la Densidad Seca Máxima alcanzada disminuye con el respectivo crecimiento de los valores característicos de Limite Liquido y Pasante #200, es decir, con el incremento en el contenido de finos de la muestra. En ambas propuestas de correlación, se plantearon ajustes de tipo Lineal, dado que resulta la tendencia de mejor ajuste.

Para el caso de Densidad Seca Máxima vs Límite Líquido, el R^2 resulta algo bajo, con valores de referencia de 0.186 y 0.118 para Próctor Tipo 1 y Tipo 3 respectivamente; mientras que para el caso

de Humedad Óptima vs pasante tamiz 200, el R^2 resulta algo superior, aunque continua siendo bajo el ajuste, con valores de 0.411 y 0.405 para cada tipo de Próctor.

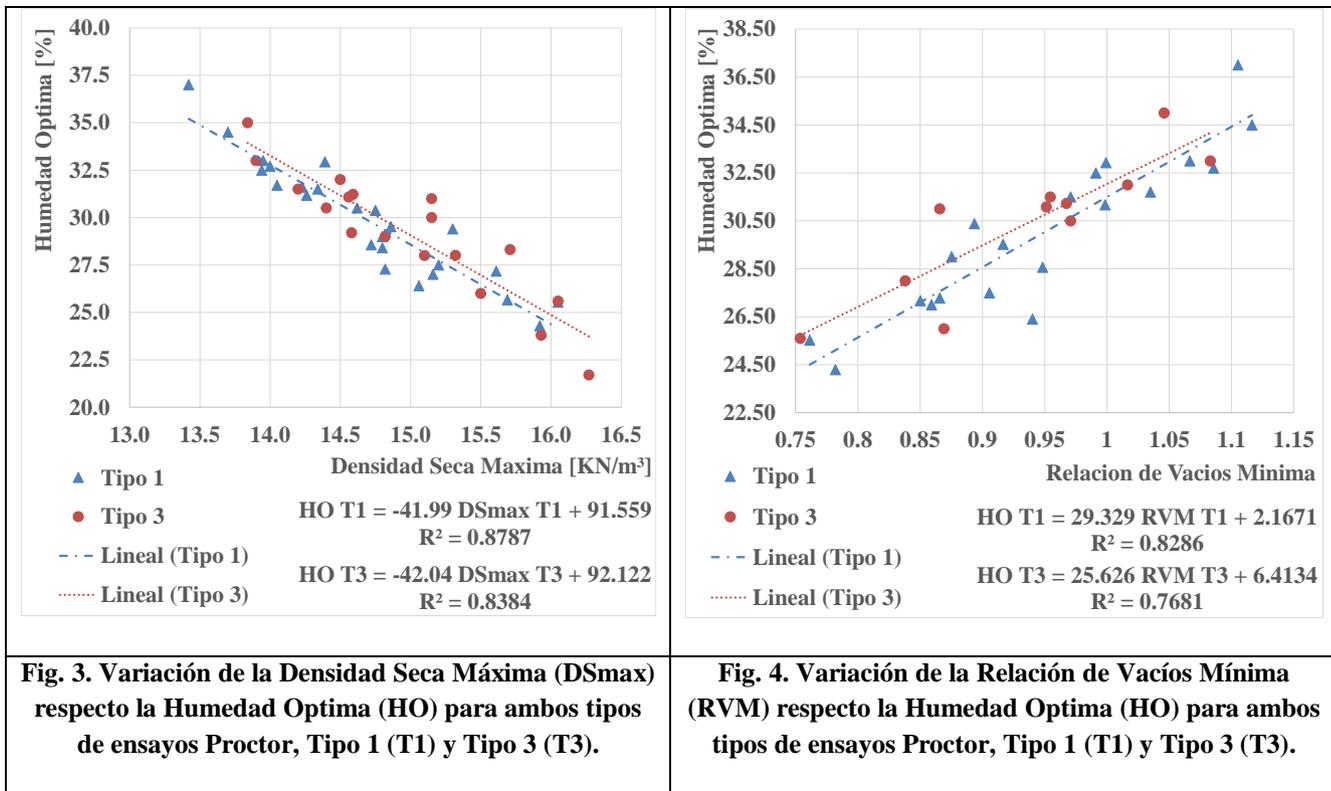


En la Figura 3 se plantea la correlación entre la Densidad Seca Máxima y la Humedad Óptima para ambos tipos de ensayo, lo que muestra un ajuste de tipo lineal con referencias de R^2 muy superiores a el correspondiente a las propiedades índice estudiadas, alcanzándose valores de 0.878 y 0.838 conforme el tipo de ensayo evaluado.

En ambos casos se cumple el criterio de que para menores valores de Humedad Óptima de referencia, mayor es el valor de Densidad Seca Máxima alcanzado.

En la Figura 4 se presenta la variación y tendencia de la Relación de Vacíos Mínima con respecto a la Humedad Óptima, observando la situación inversa a la Densidad Seca Máxima, esto es, a mayor densidad seca alcanzada, menor relación de vacios, lo cual en cierta medida es lo esperado para los suelos en estudio.

Esto último se cumple para ambos casos de moldeo realizados, es decir con Próctor Normal y Modificado Alternativa B. Los ajustes de tendencia lineal arrojan ajustes buenos, con valores de R^2 de 0.828 y 0.768 según el caso.



4. Conclusiones

En el presente trabajo se dan resultados de un número importante de ensayos de laboratorio llevados a cabo por el equipo de investigación del área de suelos del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones.

Se presentaron resultados de distribución granulométrica (#4, #10, #40, #100, #200), Límites de Consistencia (Limite Líquido, Limite Plástico), Clasificación de suelos en el Sistema Unificado, y resultados de ensayo Próctor Normal (T1) y Normal Alternativa B (T3), caracterizados como Humedad Óptima y Densidad Seca Máxima, para un total de veintisiete muestras de suelo de la región.

Se definió en las Figuras presentadas, que la variación de los parámetros de compactación (humedad óptima y densidad seca máxima) respecto del límite líquido y del contenido de finos (pasante #200) es inversa. Al aumentar la cantidad de partículas finas, se eleva la superficie específica a lubricar, incrementando la demanda de agua (Figura 1(a) y 1(b)), disminuyendo en consecuencia la densidad seca máxima obtenida (Figuras 2(a) y 2(b)).

Por otro lado, el análisis de las Figuras 3 y 4 se observa que el aumento de la humedad óptima trae reflejado un consecuente aumento de la relación de vacíos mínima, lo que indica un mayor volumen de vacíos en la estructura interna, y en consecuencia una disminución en la densidad seca máxima obtenida.

Conforme los resultados presentados, y las gráficas de análisis de tendencias, se han empleado tendencias de tipo lineal, evaluando los ajustes conforme el valor manifestado por R^2 para cada una de las correlaciones propuestas. En algunos casos se han logrado buenos ajustes, siendo más deficientes en el caso de emplear como una de las variables el Límite Líquido del suelo, en cuyos casos los ajustes no son muy buenos.

Si bien las aplicaciones de los resultados son reducidas en esta instancia, el registro de una cantidad como la detallada de rutinas de ensayo en los suelos residuales regionales, resulta una importante referencia de base para la continuidad de los estudios, a los fines de confirmar o modificar las correlaciones propuestas en el presente trabajo.

Como requerimiento de proyecto, se plante a la necesidad de continuar ampliando los registros de datos respecto de los suelos residuales compactados obtenidos en la Provincia de Misiones.

5. Agradecimientos.

Se agradece la colaboración en laboratorio de todos los integrantes adscriptos al proyecto de investigación “Estudio del Comportamiento Geomecánico de Suelos Residuales Lateríticos Compactados”, Código 16/I145 y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, por el financiamiento de las Becas de Iniciación a la Investigación del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, Semañuk, Mario A. en el marco del mismo proyecto. Además, se agradece la colaboración del Grupo Consultor Mesopotámico (GCM) por los aportes realizados ya sea en muestras de suelos como resultados de ensayos.

6. Referencia

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

² De Salvo, O. E. (1990), 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.

³ Morgenstern, M. E., Tkachuk, M. G., Demonari, F. E., Basile, A. M., Drewes, I. B., Bogado, G. O., Pintos, N. A. Análisis de la energía de compactación en suelos tropicales de Misiones, Argentina. *Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción 2017 de la Facultad de Ingeniería de la UNaM.*

⁴ Morgenstern, M. E., Tkachuk, M. G., Demonari, F. E., Basile, A. M., Bogado, G. O., Bressan, D. A. Influencia de la energía de compactación en suelos residuales de Misiones, Argentina. *XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO. Salão do Conhecimento. UNIJUI 2017.*

⁵ Morgenstern, M. E., Tkachuk, M. G., Demonari, F. E., Basile, A. M., Bogado, G. O., Bressan, D. A. Correlación entre propiedades índices y parámetros de compactación en suelos residuales de Misiones, Argentina. XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO. Salão do Conhecimento. UNIJUI 2018.

⁶ Morgenstern, M. E., Tkachuk, M. G., Demonari, F. E., Basile, A. M., Bogado, G. O., Bressan, D. A. Relación entre resultados de ensayos de compactación y propiedades geotécnicas índices de suelos residuales de Misiones, Argentina. Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción 2018 de la Facultad de Ingeniería de la UNaM.

⁷ 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.

⁸ Norma IRAM 10507 “Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda”, 1986.

⁹ Norma IRAM 10509 “Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles”, 1982.

¹⁰ Norma IRAM 10503 “Método de determinación de la densidad relativa de los sólidos y de la densidad de los sólidos de un suelo” 2007.

¹¹ Norma IRAM 10511 “Método de ensayo de compactación en laboratorio”, 1972