

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

**EVALUACIÓN DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN EN RAMA SECA Y HÚMEDA DE ENSAYOS PROCTOR NORMAL<sup>1</sup>**  
**EVALUATION OF COHESION AND ANGLE OF FRICTION IN DRY AND RAW RANGE OF TRIALS NORMAL PROCTOR**

**Drewes Ingrid Beatriz<sup>2</sup>, Semañuk Mario Alberto<sup>3</sup>, Reinehr María Tania<sup>4</sup>, Piñeyro Alejandra Veronica<sup>5</sup>, Reinert Hugo Orlando<sup>6</sup>, Pintos Nicolás Agustín<sup>7</sup>**

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

<sup>2</sup> Becario de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. [ingridbdrewes@gmail.com.ar](mailto:ingridbdrewes@gmail.com.ar)

<sup>3</sup> Estudiantes. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. [msem1994@gmail.com.ar](mailto:msem1994@gmail.com.ar)

<sup>4</sup> Estudiantes. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. [taniareinehr@gmail.com](mailto:taniareinehr@gmail.com)

<sup>5</sup> Estudiantes. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. [veronica.alejandra.93@gmail.com.ar](mailto:veronica.alejandra.93@gmail.com.ar)

<sup>6</sup> Docente Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. [reinert@fio.unam.edu.ar](mailto:reinert@fio.unam.edu.ar)

<sup>7</sup> Docente Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. [nicolasagustinpintos@gmail.com.ar](mailto:nicolasagustinpintos@gmail.com.ar)

### **Introducción**

Actualmente las normas de nivel nacional, no contemplan la particularidad de los suelos residuales presentes en nuestra región (provenientes de la meteorización del basalto), dado que los mismos no están distribuidos en toda la extensión de la República Argentina si no que se encuentran en una ubicación geográfica específica que comprende solamente la Provincia de Misiones y parte de Corrientes, además de las zonas próximas en el vecino país de Brasil y Paraguay.

Los proyectos de ingeniería generalmente requieren el empleo de suelos compactados, para lo cual es de interés su caracterización, contar con datos de parámetros geomecánicos, propiedades físicas y mecánicas luego de la compactación, todos datos útiles para predecir su comportamiento como soporte de cargas y evaluar su resistencia.

La experiencia en la utilización de estos suelos en obras civiles muestran una adecuada conducta que no se corresponde con el comportamiento que se estima clasificando a este suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y el Highway Research Board (HRB). Esto puede ser objetado por resultados de muchos estudios geotécnicos realizados de carácter privado, en laboratorios de organismos gubernamentales, y en Universidades del MERCOSUR, pero de dichos estudios no deriva un registro de este comportamiento ni de las propiedades características de nuestros suelos.

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

En el presente trabajo se llevan a cabo, además de los ensayos de caracterización de propiedades índice de los suelos en estado natural, ensayos triaxiales no consolidados no drenados a humedad de moldeo conforme a los puntos del ensayo Próctor normal, definiéndose en cada caso la obtención de un valor de cohesión y de ángulo de fricción interna que nos permita establecer conclusiones, que puedan permitir encontrar el tratamiento adecuado de acuerdo a la finalidad de las obras y la optimización de su uso.

### Metodología

El estudio de los parámetros resistentes del suelo se desarrolló partiendo de las probetas resultantes del moldeo de puntos del ensayo Próctor normal, correspondientes a muestras de suelo entregadas por empresas externas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la localidad de Oberá. Se extrajeron de diferentes sitios localizados en las regiones sur y centro de la provincia de Misiones.

A la fecha se han iniciado los ensayos de muestras de diez sitios, detallándose en la Tabla N°1 las ubicaciones de cuatro de ellas, dado que son las que se han podido completar las rutinas de caracterización.

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

Designación	Localidad	Tipo de Obra
FI001	Leandro N. Alem	Industria
FI003	Panambí	Estación transformadora
FI009	Posadas	Obra vial
FI010	Posadas	Obra vial

Cada rutina de ensayo envuelve la caracterización y clasificación de la muestra de suelo, compuesta por los ensayos de granulometría mediante tamizado por vía húmeda (IRAM 10507), límites de Atterberg (IRAM 10501) y Clasificación de Suelos (IRAM 10509 "SUCS"), sus ensayos Proctor normal (IRAM 10511) y su posterior ensayo en cámara triaxial (IRAM 10529), incluyendo el remoldeo de puntos necesarios.

Las probetas resultantes de proctor se tallan e inmediatamente después se ensayan, no permitiéndose su almacenamiento en cámara húmeda luego del tallado, a fin de reducir el potencial cambio en el contenido de humedad. El ensayo utilizado, en cámara triaxial en condición no consolidada no drenada a carga escalonada, sigue los lineamientos que establece la norma IRAM correspondiente pero difiere de ella en cuanto a los siguientes puntos:

- El ensayo se realiza a la humedad correspondiente a cada punto del ensayo Próctor, tanto en la rama seca como en la húmeda, y no en condición saturada, ya que se busca estudiar la variación de los parámetros geomecánicos en relación a dichas humedades.
- No se utilizan tres probetas, si no una sola, realizando sobre esta el escalonamiento de carga. Eliminando la variación de humedad correspondiente a cada punto Próctor que se presentaría en caso de realizar tres probetas.

El proceso termina con la recolección de datos obtenidos de los ensayos mencionados y su posterior análisis para obtener así los valores buscados de los parámetros resistentes (ángulo de fricción interna y cohesión).

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

**Resultado y Discusión**

En la tabla N°2 se observan los resultados de los limites de Atterberg, Granulometría y Clasificación realizados a los suelos estudiados. Se obtuvieron pasantes tamiz 200 superiores al 50 %, constituyendo por lo tanto suelos finos.

Tabla N°2: Resultados de ensayos según Norma IRAM 10501 (Límites de Atterberg).

Designación	Límite líquido [%]	Límite plástico [%]	Índice de plasticidad [%]	Pasa Tamiz #200 [%]	Clasificación SUCS	
FI001	54,20	40,50	13,70	94,95	MH	Suelo Colorado
FI003	53,00	35,20	17,80	92,72	MH	Suelo Colorado
FI009	33,00	21,00	12,00	65,88	CL	Suelo Colorado con Saprolito
FI010	58,00	37,00	21,00	89,26	MH	Suelo Colorado

Las Figuras 1 a 4 presentan las graficas de Cohesión y Densidad seca, y Angulo de fricción interna y Densidad seca, ambas en función de la Humedad, de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos en cámara triaxial y Próctor correspondientes.

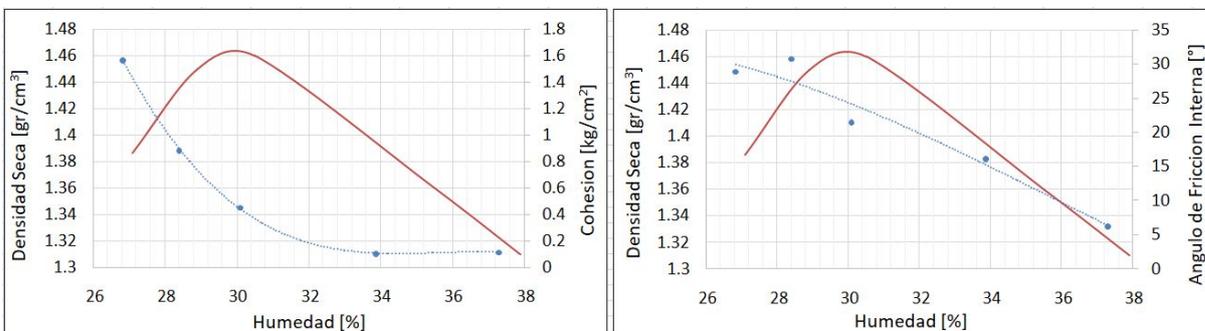


Figura N°1: Graficas correspondientes a la muestra FI001 (Localidad de Leandro N. Alem)

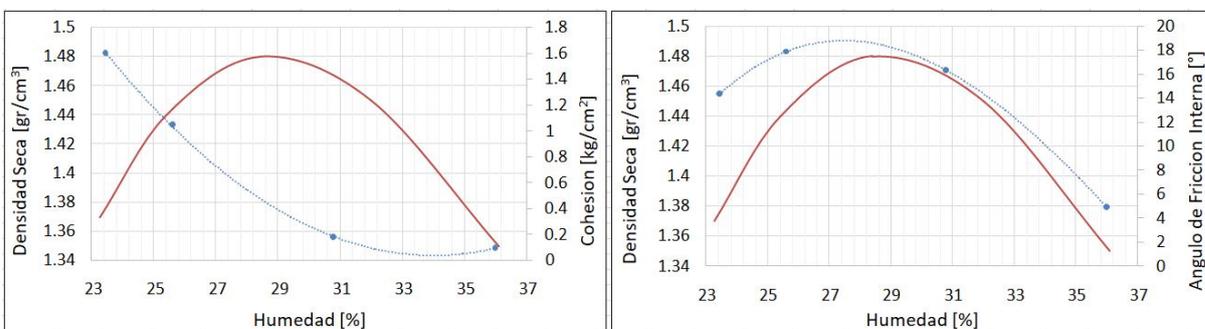


Figura N°2: Graficas correspondientes a la muestra FI003 (Localidad de Panambí)

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

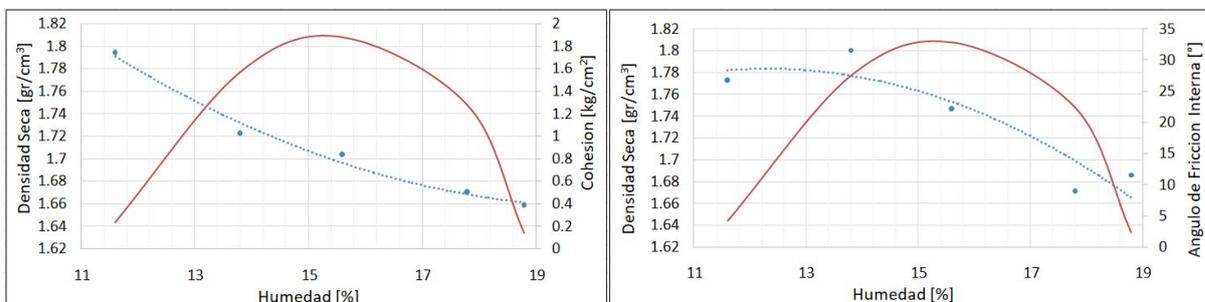


Figura N°3: Graficas correspondientes a la muestra FI009 (Localidad de Posadas)

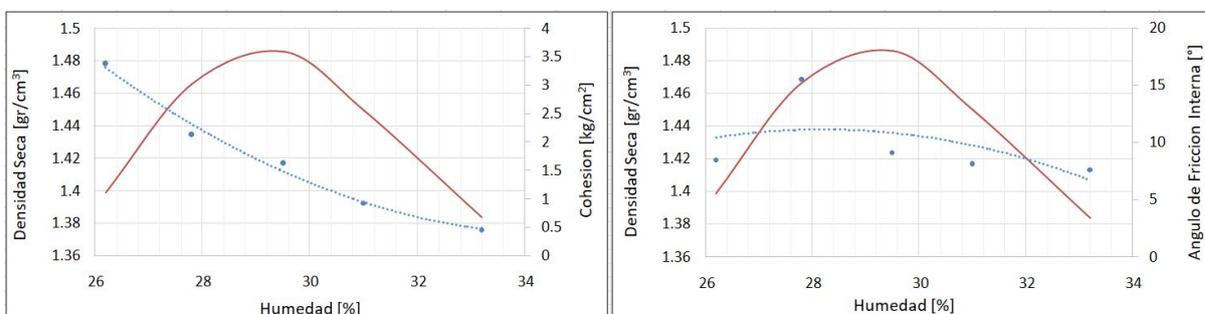


Figura N°4: Graficas correspondientes a la muestra FI010 (Localidad de Posadas)

En la Tabla N° 3, se presentan a modo de resumen los valores característicos obtenidos del ensayo Próctor y los parámetros resistentes de los suelos analizados.

Tabla N°3: Tabla resumen de valores característicos.

Designación	Humedad optima [%]	Densidad seca máx. [gr/cm <sup>3</sup> ]	Cohesión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Angulo de fricción interna [°]
FI001	30,50	1,460	0,45	21,43
FI003	28,40	1,480	0,46	18,80
FI009	15,20	1,810	0,85	23,80
FI010	29,30	1,487	1,52	11,00

En las figuras se puede observar que la cohesión manifiesta una clara tendencia al decrecimiento conforme aumenta el contenido de humedad del suelo. Aún no se puede afirmar de acuerdo a qué función matemática está dado dicho comportamiento, debido a la escasas de rutinas de ensayo completadas hasta el momento, y la falta de antecedentes de estudios de este tipo.

Respecto del ángulo de fricción interna, las primeras observaciones indican que en la rama seca habría un leve crecimiento del guarismo correspondiente, y a partir de superar el valor de densidad seca máxima y pasar a la rama húmeda de la gráfica, la tendencia es al decrecimiento de mismo.

Tanto para la cohesión como para el ángulo de fricción interna, las tendencias mostradas no se

**Evento:** XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

podría considerar como definitivas, dado que este tipo de suelos requiere de numerosos estudios antes de poder afirmar una tendencia representativa que pueda aplicarse posteriormente en los trabajos de campo.

### **Conclusiones**

Se presentan resultados de variación de los guarismos de cohesión y ángulo de fricción de suelos colorados compactados de cuatro sitios en los cuales se cuenta con la rutina de caracterización completa.

Los resultados indican una tendencia a disminución de los valores de cohesión con el aumento del contenido de humedad de moldeo, sin la definición de alguna función matemática que represente este comportamiento.

En cuanto al ángulo de fricción interna, no existe tendencia marcada, pero al menos en los ensayos presentados, se observa un leve aumento del mismo hasta la humedad óptima, para luego descender con el aumento de humedad de moldeo.

Estas observaciones deberán ser confirmadas con el incremento del número de rutinas de ensayos a fin de confirmar y/o modificar lo presentado en el trabajo conforme los ensayos con que se cuenta.

**Palabras Clave:** Próctor, Triaxial, Cohesión, Ángulo de Fricción Interna.

### **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. (2017). 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 IRAM 10511 " Método de ensayo de compactación en laboratorio " - 1972.

Norma IRAM 10529 " Método de ensayo de compresión triaxil en suelos cohesivos sobre probetas no consolidadas ni drenadas " - 1985.