

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

## **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA COHESIÓN Y LA FRICCIÓN DE SUELOS RESIDUALES DE MISIONES EN LA RESPUESTA CARGA – DEFORMACIÓN DE UN SISTEMA DE PLACAS ANCLADAS<sup>1</sup>**

**Dos Santos Ayres, Mauricio<sup>2</sup>, Schmidgall, Karen<sup>3</sup>, Bressan, Daniel<sup>4</sup>, Bogado, Gustavo<sup>5</sup>, Ayala, Andrés<sup>6</sup>, Reinert, Hugo<sup>7</sup>.**

<sup>1</sup> Proyecto de Investigación. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina.

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

<sup>4</sup> Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

<sup>5</sup> Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

<sup>6</sup> Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

<sup>7</sup> Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

### **1. INTRODUCCIÓN**

En muros de sostenimiento de suelo resulta de gran utilidad la incorporación de anclajes o tirantes que soporten los esfuerzos traducidos por el suelo. De esta manera se logra disminuir sensiblemente el costo en la construcción del muro, ya que permite, por ejemplo, en el caso de muros a gravedad o de hormigón armado, reducir el volumen de los mismos.

De los distintos modelos de anclaje que pueden emplearse, uno de los más sencillos es el modelo de la placa anclada, que consta de un tendón de acero al cual se le incorpora, en uno de sus extremos, una placa rígida. El otro extremo del tendón está vinculado al muro. Con esta configuración, la placa actúa comprimiendo el suelo que la rodea, mientras que al tendón se le transmiten esfuerzos de tracción, logrando así absorber parte de las solicitaciones que se traducirían al muro.

En un trabajo anterior, denominado “EMPLEO DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS PARA LA EVALUACIÓN DE DEFORMACIONES DE PLACAS ANCLADAS EN SUELOS RESIDUALES DE MISIONES”, utilizando parámetros promedio del suelo misionero, se logró determinar que, para placas cuadradas, los mejores resultados se asocian a tamaño de placa de 30 cm de lado, con relación ‘H/D’ de 4 a 6, siendo ‘H’ la profundidad de fundación, es decir la distancia desde el muro a la placa, y ‘D’ el tamaño de la placa.

Con el fin obtener curvas que representen la respuesta del suelo, teniendo en cuenta la variación de sus parámetros, se realizaron modelaciones en software de elementos finitos del sistema descrito y se evaluaron las deformaciones del suelo para distintas combinaciones de cohesión y fricción.

En el presente trabajo se desarrollan diferentes variantes conforme lo planteado precedentemente, y se evalúan los resultados con el objeto de obtener correlaciones o curvas características que puedan simplificar el cálculo de este modelo estructural.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

## 2. METODOLOGÍA

El modelo planteado responde a la configuración expuesta en la Figura 1(a), dónde en un entorno de suelo natural, se dispone la placa rígida, y sobre ello suelo residual regional compactado. Esta misma configuración fue diseñada mediante modelación digital en el software PLAXIS 2D, que se basa en el método de elementos finitos para el análisis de la deformación y la estabilidad de las estructuras del suelo. Obteniendo así, el comportamiento del suelo frente a un sistema de placa anclada, para los distintos valores que pueden tomar los parámetros que lo definen. Una imagen del modelo se da en la Figura 1(b).

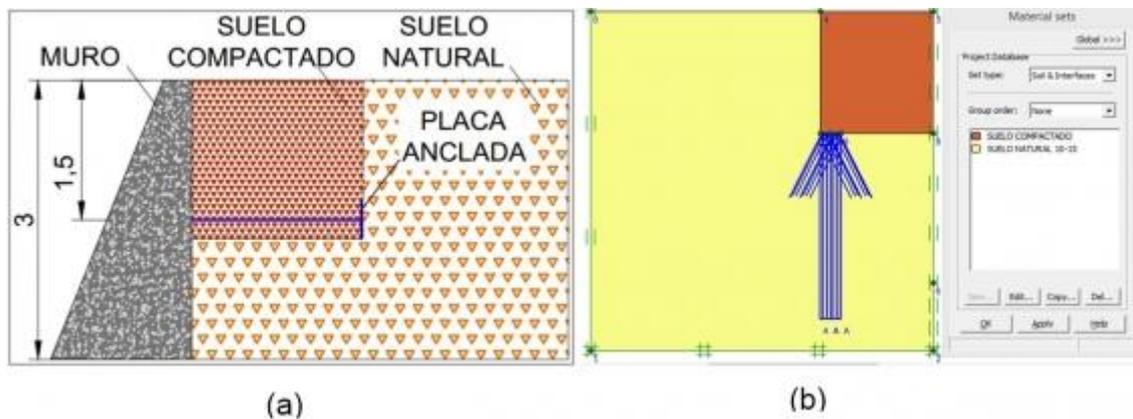


Figura 1: Imágenes del Modelo en estudio.

El tamaño de placa adoptado es de 30cm, según las recomendaciones del trabajo mencionado anteriormente, y la relación  $H/D=6$ , es decir, que la placa está ubicada a 1,80m del muro.

El suelo utilizado en el primer modelo está caracterizado por una cohesión de 60kPa y un ángulo de fricción de  $20^\circ$ . Para esta configuración se modeló el anclaje variando la carga en intervalos de 100kPa, obteniendo la deformación correspondiente a cada valor de carga 'Pu', hasta hallar la carga de rotura definida como aquella para la cual se produce la falla en el suelo o bien las deformaciones son excesivas. Las deformaciones a las que se hace referencia corresponden al desplazamiento del punto medio de la placa. El procedimiento se repitió para las distintas combinaciones de cohesión y fricción que varían según el detalle presentado en la Tabla 1.

## MATERIALES Y CARGAS

Para la definición de los modelos se asumieron los parámetros de referencia detallados en las Tablas 1 y 2, para los suelos y la placa de anclaje metálica, conforme requerimientos del software.

-Suelo: Los parámetros geomecánicos de los suelos empleados en el presente trabajo, corresponden a ensayos realizados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M. de donde se definieron los rangos de variación cohesión y ángulo de fricción adoptados en suelos naturales y compactados. Los valores de referencia se detallan en la Tabla 1.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

Parâmetro	Desig.	Ud.	Suelo Compactado	Suelo Natural
Modelo Material	-	-	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb
Tipo de comportamento	-	-	No Drenado	No Drenado
Peso unitario húmedo	$\gamma_{Wet}$	$kN/m^3$	19.10	17.10
Peso unitario saturado	$\gamma_{Sat}$	$kN/m^3$	20.00	18.50
Módulo de Elasticidad	$E_{ref}$	$kN/m^2$	24000	18000
Módulo de Poisson	$\nu$	-	0.30	0.25
Cohesión	$C_{ref}$	$kN/m^2$	87.00	10, 20, 30, 40, 50 ó 60
Angulo de fricción	$\phi$	$^\circ$	13.50	05, 10, 15 ó 20

Tabla 1: Parámetros geomecánicos empleados en los modelos.

-Placa: Los parámetros mecánicos de la placa se adoptaron de manera tal que tenga la suficiente rigidez para no deformarse, con el fin de analizar solamente las deformaciones del suelo. Para la modelación en software se deben definir las propiedades geométricas y mecánicas de placa. Con las rigideces axial y flexional se define un espesor equivalente que depende de una relación entre las mismas.

Parámetro	Desig.	Ud.	Chapa de aluminio
Modelo Material	-	-	Elástico
Rigidez Axial	EA	$kN/m$	2.00E+11
Rigidez Flexional	EI	$kNm^2/m$	3.00E+07
Módulo de Poisson	$\nu$	-	0.30
Peso	w	$kN/m/m$	0.00
Espesor equivalente	d	m	0.042

Tabla 2: Parámetros geométricos y mecánicos empleados en los modelos.

-Cargas: El sistema propuesto consiste en una carga uniformemente distribuida aplicada sobre la placa, comprimiendo el suelo compactado. Para cada tamaño de placa se realizaron las corridas en software variando las cargas en intervalos de 100 kPa, hasta que se produjera la falla del suelo o bien las deformaciones son excesivas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con las distintas corridas realizadas en el software se obtuvieron los desplazamientos correspondiente al punto indicado sobre la placa. En la Figura 2 se presentan las curvas donde se muestran, para cada valor de cohesión, variando el ángulo de fricción interna, las respuesta deformación versus carga. Cabe destacar que para una mejor interpretación de las curvas se tomó como valor límite de carga, para los distintos rangos de cohesión, al que produce la falla en el suelo menos resistente, que se da con el menor el ángulo de fricción considerado.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

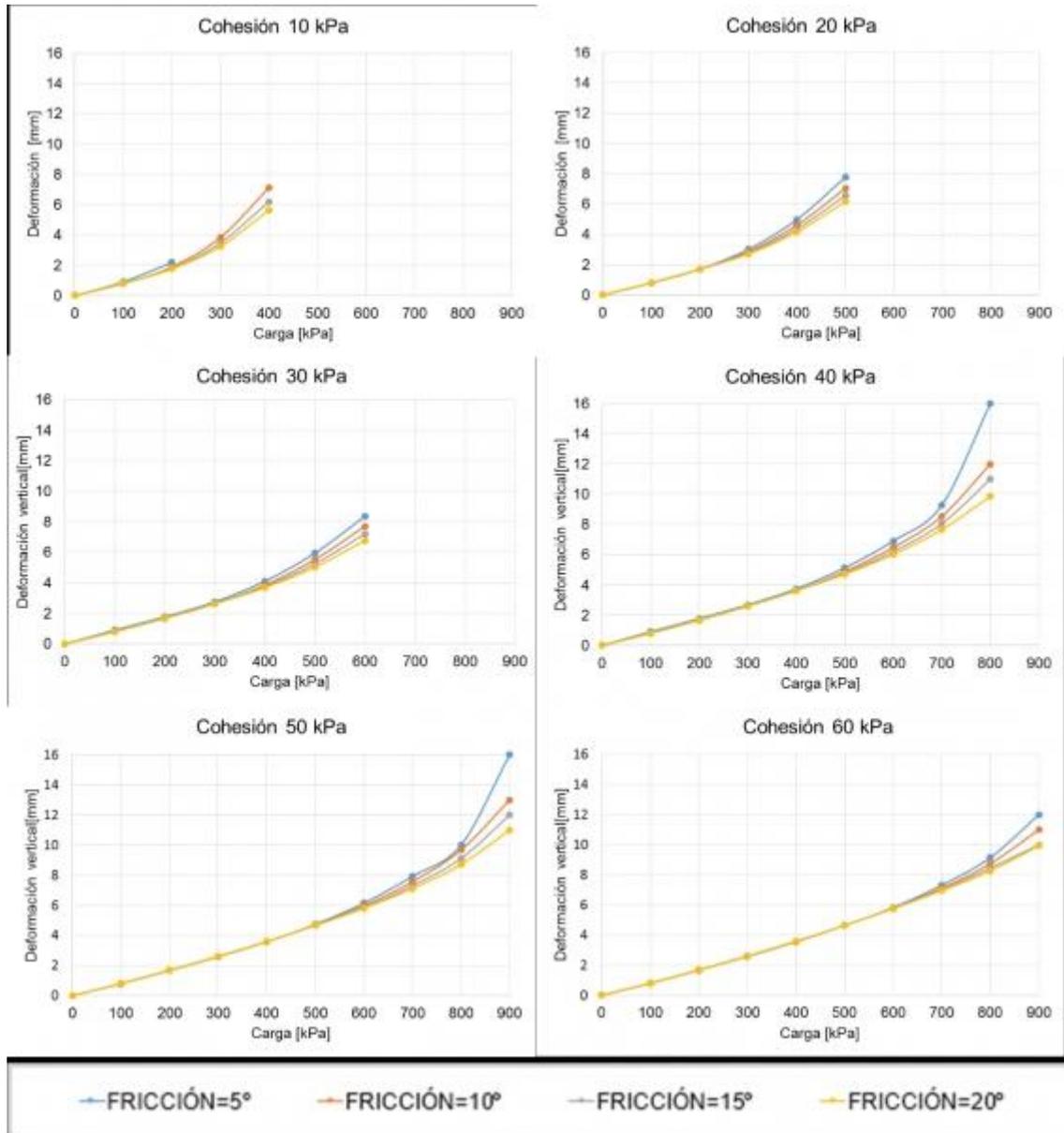


FIGURA 2: Resultados de Carga-Deformação para distintos parâmetros do solo.

Analizando a figura se pode observar que para uma Coesão de 60kPa, as curvas correspondentes a los ângulos de fricção de 05°, 10°, 15° y 20° mantienem uma relação lineal, praticamente superpostas hasta un valor de carga de 600kPa. A partir de ese valor se perde a linealidade, y las curvas comienzan a despegarse hasta producirse la falla para cargas cercanas a 900kPa. El mismo comportamiento se observa para los demás valores de cohesión, es decir 10, 20,

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa

30, 40 y 50kPa, desprendiéndose las curvas para cargas de 100, 200, 300, 400 y 500kPa respectivamente.

La contribución de la fricción se puede apreciar cuando las curvas comienzan a desprenderse, debido a que las deformaciones aumentan a medida que el ángulo de fricción disminuye. Sin embargo el aporte no es significativo ya que para valores extremos la diferencia en las deformaciones es de aproximadamente 2mm.

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis de las curvas presentadas en la Figura 2 deja en evidencia una marcada relación entre la cohesión y la carga para la cual las diferentes curvas, correspondientes a cada valor del ángulo de fricción, comienzan a desprenderse.

Esta relación se verifico en 1/10 ya que, por ejemplo, para una cohesión de 60kPa, la carga es de 600kPa, para cohesión de 50kPa es de 500kPa y así para todos los valores analizados.

Las deformaciones son independientes del ángulo de fricción para cargas menores a las mencionadas según el caso. A partir de ese punto las deformaciones aumentan a medida que el ángulo de fricción disminuye, obteniendo para valores extremos diferencias de 2mm aproximadamente.

Se concluye que el aporte de la fricción no es relevante, en especial para valores de cohesión superiores a los 40kPa.

La relación entre carga y deformación es prácticamente lineal hasta un valor de carga diez veces mayor a la cohesión. Igualmente se pretende poder validar y/o calibrar los presentes modelos con algunos ensayos de campo.

#### 5. PALABRAS CLAVE

Anclajes; Cohesión y Fricción; Suelos Residuales.

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bressan, Daniel A.; Reinert, Hugo O.; Avato, Marcelo E. (2014) Investigación sobre capacidad de Anclajes en Suelos Misioneros. III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes – Nuevos escenarios para la ingeniería en el norte grande. ISBN: 978-950-42-0157-1. Facultad Regional Resistencia. Universidad Tecnológica Nacional. Resistencia. Chaco. Argentina.

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, p. 33-46.

FOOKES, P. G. (2004). Suelos Residuales Tropicales. Hombre Nuevo Editores. Medellín, Colombia. p. 235.

GIDIGASU, M. D. (1976). Laterite Soil Engineering – Pedogenesis and Engineering Principles. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. p. 554.

NAVARRO R.U. (2002) Manual de Anclajes en Obras de Tierras. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. p. 214.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XX Jornada de Pesquisa