

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

## **RESULTADOS DE ENSAYOS DE ANCLAJES EN SUELOS TROPICALES DE MISIONES, ARGENTINA<sup>1</sup>** **RESULTS OF ANCHORS TESTS ON TROPICAL SOILS OF MISIONES, ARGENTINA**

**Hugo Orlando Reinert<sup>2</sup>, Daniel Antonio Bressan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Proyecto de Investigación. Código 16/I109. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina

<sup>2</sup> Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. hugoreinert@gmail.com

<sup>3</sup> Docente Investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. bressanobe@gmail.com

### **Introducción**

En el diseño estructural, la vinculación estructura resistente y suelo presenta la necesidad de utilizar sistemas que transmiten al estrato de suelo solicitaciones de tracción (fundación excéntricas, bases de muros de sostenimiento, anclajes de mástiles y antenas), empleándose en general soluciones mediante sistemas estabilizantes gravitacionales o bien con anclajes diseñados y calculados con parámetros obtenidos de tablas de suelos equivalentes.

El suelo de la Provincia de Misiones, debido a la meteorización de la roca basáltica, presenta algunas características propias y que ameritan ser estudiadas, dado que el comportamiento geomecánico se encuentra influenciado por el propio proceso de formación de los suelos residuales, los cuales en general presentan variaciones en profundidad desde un suelo colorado superficial, a un saprolito, y luego a roca basáltica, definiéndose entre cada una de ellas una zona de transición con características propias (De Salvo, 1990).

Para la determinación de los parámetros de diseño mecánicos y geotécnicos necesarios para el análisis y cálculo de anclajes pasivos realizados en suelos colorados lateríticos, resulta necesario contar con datos de ensayos reales a fin de poder calibrar modelos de cálculo aplicables al suelo de la Región.

En el presente trabajo se llevaron a cabo ensayos en lo que constituye el primer manto de suelo colorado laterítico regional, caracterizado como un limo arcilloso o arcilla limosa de alta plasticidad, conforme la clasificación dada por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Se ejecutaron y ensayaron una serie de 10 anclajes ubicados en un predio cedido por una Empresa Constructora del medio en la Ciudad de Aristóbulo del Valle, Misiones.

Se analizaron dos variantes de diámetro y una de longitud de anclaje, y los resultados constituyen importante insumo para el análisis de magnitud de carga de rotura, niveles de deformación necesarios para la rotura, y la tasa de carga aplicada y su relevancia en los resultados.

### **Metodología**

Conforme lo planificado se realizó una serie de 10 ensayos de anclajes en campo, para lo cual se emplearon desarrollos de implementos tanto de ejecución de los pozos, como asimismo en el diseño de dispositivos de interacción entre el anclaje de hormigón y las celdas de cargas y sistemas de medición.

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

El Hormigón empleado es de tipo H-21 con una resistencia característica de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y el gancho de acero plegado tipo lazo para amarre del gato de extracción es de 12 milímetros de ADN-420. Todas especificaciones cumplimentando los requerimientos del CIRSOC 201.

Para la realización de la extracción de los anclajes se utilizó un equipo de carga diseñado y construido para tal fin, dado que al momento de inicio de las tareas de investigación no se contaba con ningún equipamiento necesario.

En cuanto al procedimiento de ensayo, la central de adquisición toma los datos de carga y desplazamiento. Los datos de cargas son enviados al dispositivo desde la celda de carga que se encuentra entre el sistema hidráulico de carga y el gancho de tiro del anclaje conforme se puede apreciar en las Figuras 1 y 2.

La celda de carga de tracción se encuentra entre las horquillas de tiro del sistema de carga y su capacidad máxima es de 10 toneladas. Para la medición de los desplazamientos se utilizó un comparador digital que envía en tiempo real a la central el desplazamiento del anclaje referido a una regla fija apoyada fuera del círculo de rotura del anclaje.



Figura 1: Equipamiento y ejecución de ensayo de extracción en campo.

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



Figura 2: Detalhe Fijación de Celda y Flexímetro. Resultado extracción anclaje en campo hasta rotura.

### Resultados y Discusión

En la Figura N° 3 y Tabla N°1 se detallan los datos geométricos de los anclajes hormigonados, y los valores de rotura obtenidos tanto de la carga, como de la deformación y la tasa de carga correspondiente.

Como se aprecia en la Tabla N°1 todos los anclajes tienen una profundidad de 1.50 metros, mientras que del anclaje 1 a 5 el diámetro es de 0.20 metros, y del anclaje 6 al 10 el diámetro es de 0.15 metros.

Para el caso del anclaje 1 no se ha podido llevar adelante el ensayo debido que al momento de asistir a la obra para realizar el ensayo, el gancho donde se debía amarrar el gato de extracción, se encontraba cortado, así que se debió descartar el ensayo del anclaje.

En la Figura N° 3 se presenta en forma de grafico carga-desplazamiento los valores registrados con una frecuencia de 0.20 segundos en cada ensayo, lo que permite tener una buena sensibilidad en cuanto al comportamiento de cada elemento ensayado.

Los resultados indican una clara carga máxima de rotura, con una forma de curva característica, con zona inicial que se podría asimilar a una correlación lineal y una segunda zona con carácter de fluencia, es decir una deformación sin incremento de carga y aun con disminución de la carga cuando ésta se continúa evaluando a grandes desplazamientos.

Una primera observación indica que tanto el anclaje 4 como el 10 presentan valores extremos muy superiores a los demás, no habiendo correlación directa entre el diámetro de los mismos y los guarismos obtenidos, dado que el anclaje de mayor diámetro (0.20 metros), presenta menor valor de carga último que el de menor diámetro (0.15 metros).

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

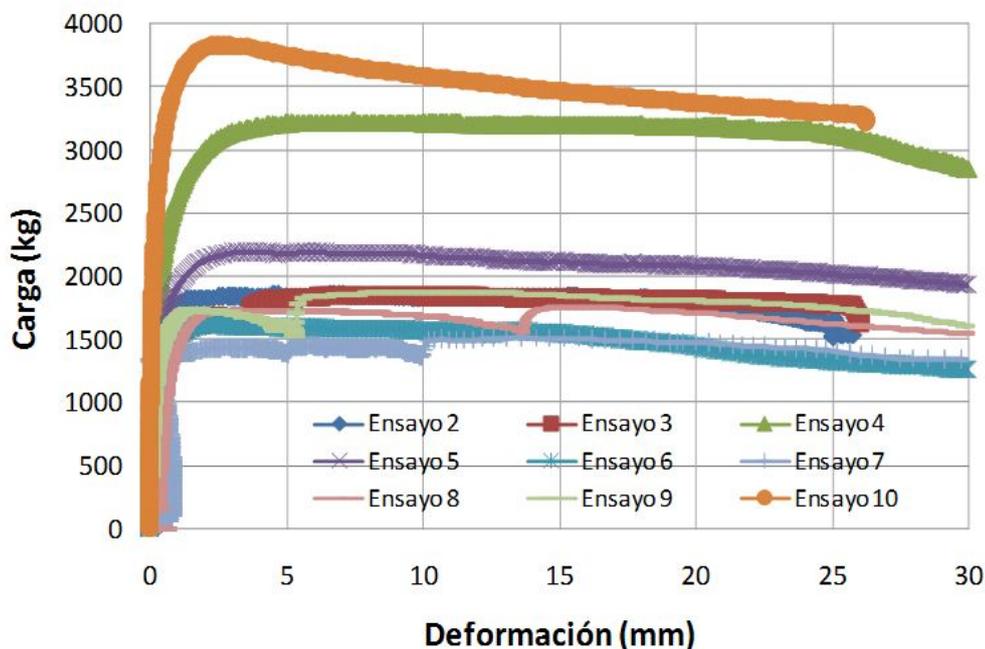


Figura 3: Curvas Carga-deformación obtenidos en ensayos válidos.

Tabla 1: Detalles geométricos y guarismos de rotura para los 10 ensayos desarrollados.

Ensayo N°	Geometría		Guarismos de Rotura		
	Diámetro (m)	Profundidad (m)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Tasa (mm/min)
1	0.20	1.50	-	-	-
2	0.20	1.50	1852.15	9.93	21.42
3	0.20	1.50	1847.28	7.34	40.62
4	0.20	1.50	3223.79	7.53	27.96
5	0.20	1.50	2189.94	3.89	31.56
6	0.15	1.50	1609.20	2.09	13.50
7	0.15	1.50	1513.61	13.62	64.80
8	0.15	1.50	1756.12	16.16	68.52
9	0.15	1.50	1875.00	10.65	67.74
10	0.15	1.50	3827.51	2.72	52.08

Una primera observación indica que tanto el anclaje 4 como el 10 presentan valores extremos muy superiores a los demás, no habiendo correlación directa entre el diámetro de los mismos y los guarismos obtenidos, dado que el anclaje de mayor diámetro (0.20 metros), presenta menor valor de carga último que el de menor diámetro (0.15 metros).

Respecto de los demás ensayos se observa una sensible diferencia entre los valores últimos alcanzados para anclajes de 0.20 metros, y los de 0.15 metros de diámetro, pero sin una clara

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

tendencia o rango marcado.

En cuanto a los desplazamientos o deformaciones de rotura también se observa un rango amplio de variación, y sin tendencia definida, aunque sensiblemente mayores en el caso de los anclajes de 0.15 metros.

Finalmente el valor de velocidad promedio de carga se obtuvo para un entorno de 10 segundos del valor de carga máxima, es decir, promediando las velocidades instantáneas 5 segundos antes y 5 segundos después de la misma. Los guarismos obtenidos indican una importante variación entre los diferentes ensayos, siendo esto una de las dificultades encontradas en el procedimiento de aplicación de carga, dado que el equipamiento desarrollado manifiesta esta limitación.

### **Conclusiones**

Se realizaron diez anclajes en campo con el correspondiente ensayo de nueve de ellos, dado que uno ha sido descartado por imposibilidad de ejecución debido a la rotura del gancho para fijación de la horquilla de aplicación de carga.

Los resultados obtenidos detallan valores de rotura variables sin una tendencia manifiesta entre la consideración de anclajes de 0.20 y 0.15 metros de diámetro, dado que los valores resultan próximos, salvo dos resultados extremos que duplican los valores medios obtenidos.

En cuanto a los desplazamientos o deformaciones de rotura también se observa un rango amplio de variación, y sin tendencia definida, pero con valores últimos sensiblemente mayores en los anclajes de 0.15 metros de diámetro.

Finalmente en cuanto a la tasa de velocidad de carga, la misma presenta un rango de variación importante, debido a la dificultad de control de la misma durante la extracción, con el equipamiento desarrollado.

Como primer registro de datos obtenido en la región, se considera que los resultados son más que satisfactorios, pero se deberán continuar las investigaciones con la realización de un número mayor de ensayos para lograr mejor representatividad y contar con una base de datos más amplia que permita realizar análisis estadísticos.

### **Referencias**

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.

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, 1-10.