



INFORME DE BECA

Becario:	FRANCHINI, Andrea Belén
Director:	REINERT, Hugo Orlando
Co-director:	-----
Unidad Académica:	Facultad de Ingeniería - Oberá
Área temática:	Ingenierías Y Tecnologías
Código del Proyecto	16/ I157
Acreditado:	
Tipo de Beca – Duración:	CONVOCATORIA UNaM 2019- 12 meses
Título del Plan de Trabajo:	Evaluación de la conductividad hidráulica en muestras de suelos a diferentes energías de compactación.

1. Exposición sintética de la labor desarrollada (no más de una página).

La labor realizada consta esencialmente de cuatro etapas, la primera ha sido la lectura de normativas y bibliografía acorde a la investigación, la segunda corresponde a tareas de laboratorio (las cuales serán abordadas en el presente informe), luego se procedió al ordenamiento y procesamiento de datos obtenidos de los ensayos y la última etapa se refiere a la interpretación de resultados y confección de artículos científicos para su divulgación.

Tareas realizadas en Laboratorio:

En una primera instancia, se calibraron los procedimientos para la elaboración de Permeámetros, para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos. Dichos permeámetros se confeccionaron utilizando caños de PVC de 110 mm de diámetro y 100mm de longitud, y en su interior se compactó el suelo elegido en cada caso, luego se colocaron filtros de arena en cada extremo y se cerraron con tapas de PVC acondicionadas con picos para la conexión de mangueras en el banco de ensayos.

Una vez generado un protocolo de ensayos, se optó por trabajar con probetas mellizas para cada tipo de suelo, humedad (según la curva de Densidad-Humedad) y tipo de compactación (Próctor Tipo I y III). Las mismas se colocaron en el banco de ensayos y se llenaron las mangueras de agua. Se realizaron mediciones continuas para documentar el descenso del nivel de agua y así determinar la conductividad hidráulica de cada probeta. Así mismo, cuando las probetas entraron en régimen, se optó por reemplazar en una de cada tipo el agua por lixiviado para determinar el comportamiento hidráulico de éste.

En paralelo con las mediciones de conductividad en los permeámetros, se realizaron ensayos de compresibilidad de algunos puntos moldeados. Los mismos se llevaron a cabo en dos equipos en simultáneo, pudiendo ensayar cuatro moldes por vez, y al igual que en el caso anterior, los ensayos se realizaron en pares, para garantizar la confiabilidad de los resultados



“2020 AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO”

obtenidos. La duración promedio de cada ensayo fue de 24 horas, realizándose seis incrementos de carga (13kPa, 25kPa, 51kPa, 101kPa, 227kPa, 404 kPa) y cuatro saltos en la descarga (-177kPa, -126kPa, -76kPa, -25kPa), evaluándose la deformación del suelo a lo largo del tiempo. Una vez finalizado el ensayo se midió la humedad y la densidad alcanzada en cada muestra.

Finalmente, todos los ensayos y procedimientos realizados fueron cargados en una base de datos para luego ser procesados y organizados, con el fin de presentar los resultados obtenidos en diferentes eventos científicos. En el período de la presente beca se confeccionaron tres artículos científicos que fueron presentados en eventos locales e internacionales, los cuales se detallan en el ítem 5 del presente informe.

2. Objetivos alcanzados (no más de una página).

Los objetivos logrados en esta etapa de la investigación son:

- Se ha desarrollado un procedimiento de confección de permeámetros que satisfacen los requerimientos observados en la ASTM D 5856, 2002b, utilizando materiales y elementos de fácil acceso y replicabilidad.
- Se ha logrado determinar la conductividad hidráulica del suelo mediante ensayos de permeabilidad realizado bajo los lineamientos de las normas (ASTM, D5084).
- Tal como se ha demostrado en *“Evaluación De La Conductividad Hidráulica Saturada De Suelos Residuales Compactados Para Aplicaciones Ambientales”* (TKACHUK et al. 2019), al comparar las muestras analizadas con los límites dados por las normativas internacionales (USEPA, 1995) se concluye que el valor de coeficiente de conductividad hidráulica se encuentra por debajo de los mismos ($k = 1,00E-07$ cm/seg), por lo cual, los suelos analizados son aptos para uso como material base de rellenos sanitarios. Se espera replicar dichos resultados para muestras de suelo de diferentes puntos de la provincia.

3. Métodos y técnicas empleados (no más de dos páginas).

3.1. Métodos para la construcción de permeámetros:

- *Preparación de los moldes:*

Para la construcción de los permeámetros se tuvo en cuenta la normativa ASTM D 5856, 2002b., la cual establece el uso de cilindros de material sólido que permitan la compactación de suelo directamente en el molde sin que éste sufra deformaciones, y a la vez, que garantice la estanqueidad de los mismos. Luego de ensayar diferentes materiales y métodos de armado, se optó por utilizar caños de PVC de 110mm de diámetro y 100mm de longitud, a los cuales se



“2020 AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO”

les generó una superficie rugosa en su interior para que exista fricción con el suelo una vez que haya sido compactado. Así mismo, se prepararon tapas de PVC de 110mm adaptadas con picos de salida recta y a 90°, que luego permitirán la conexión de las mangueras en el banco de ensayo. En total se moldearon 27 probetas, de las muestras que se especifican más adelante, a diferentes humedades y a dos energías de compactación.

- *Preparación del suelo:*

Las muestras de suelo utilizadas han sido caracterizadas en el marco del proyecto de investigación “Estudio del Comportamiento Geomecánico de Suelos Residuales Lateríticos”, cuyas propiedades se detallan a continuación:

Muestra	Descripción	Procedencia	L.L.	L.P.	I.P.	Clasificación	pasa #200	Pe Aparente	Proctor Tipo	Densidad Seca máxima	Humedad óptima
FI010	Suelo laterítico	Parque Termal	49,45	35,15	14,3	ML	0,968	-	I	1,48	29
								-	III	1,51	28
FI011	Suelo laterítico	El Chachi	56,98	44,6	12,4	MH	0,967	-	I	1,39	32,5
								-	III	1,42	31,5

La preparación de las muestras inicia tomando la humedad inicial de la muestra a utilizar, para luego adaptarla a la humedad requerida para el ensayo. Los permeámetros se han realizado tanto para la humedad óptima de la curva Densidad-Humedad (según la muestra y el tipo de compactación), como para puntos de la rama seca y húmeda. En el caso de que humedad base se encuentre por debajo requerida, se deberá adicionar agua paulatinamente hasta alcanzar el punto elegido. En cambio, si la humedad inicial es menor, se deberá secar completamente la muestra y luego adicionar la cantidad de agua necesaria.

Para cada permeámetro de debe preparar aproximadamente 1600gr de suelo pasante Tamiz #4. Debido a que se trabaja con probetas mellizas, se preparan dos puntos de iguales características por vez. Cada vez que se manipula el suelo, se debe dejar estacionar en bolsas cerradas, al menos 24 horas para garantizar la uniformidad de humedad.

- *Moldeo de las probetas:*

El moldeo de las probetas depende del tipo de compactación elegida, y para el caso se han modificado el número de golpes y la cantidad de capas, de tal manera de garantizar la energía por unidad de volumen asociada al tipo de Próctor:

-Próctor tipo I: 4 capas con 28 golpes del pisón en cada una de éstas.

-Próctor tipo III: 3 capas con 39 golpes del pisón en cada una de éstas.

Mediante cálculos en gabinete se determina la cantidad de suelo (en gramos) que se debe colocar en cada capa para lograr una correcta compactación y que el suelo comprenda una altura de 90mm una vez finalizada la misma. Se compacta según cada procedimiento, y se marca la dirección en la que se efectuaron los golpes.



“2020 AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO”

Luego de la compactación, en los extremos de las probetas se genera cierta rugosidad en el suelo y se coloca un filtro de arena de dos granulometrías (mediana y gruesa) hasta enrasar el permeámetro, para evitar la pérdida de suelo. Así mismo, se coloca antes de cerrar una malla de PVC en toda la superficie, y se refuerza en la zona de los picos. Finalmente, se colocan las tapas de PVC (que previamente se les generó cierta rugosidad en las zonas de contacto), y se sella la unión con silicona para evitar filtraciones.

- *Colocación en el banco de ensayos y mediciones:*

Los permeámetros son colocados en un banco de ensayos adaptado para que el flujo sea ascendente, es decir que la manguera se conecta en el inferior de la probeta. Las mangueras se fijan a una altura de 1,5m del banco de ensayos, se coloca una regla milimetrada con el nivel 0 en este punto y se cargan con agua. Las mediciones se realizan dos o tres veces por semana, registrando el descenso de los fluidos, la fecha y la hora y, en caso de que hayan descendido por debajo de la regla, se vuelve a recargar hasta el nivel 0.

- *Procesamiento de datos:*

Los datos son computarizados y procesados en gabinete, registrando el comportamiento del flujo de agua en cada permeámetro. En base a las normativas mencionadas en la bibliografía, se determina el coeficiente de permeabilidad k en cada caso.

3.2. *Métodos utilizados en la realización de ensayos de compresibilidad:*

Si bien este ensayo se realiza en base a muestra inalteradas, debido a que se busca evaluar el comportamiento de muestras compactadas in situ, se optó por moldear el suelo directamente en los moldes, garantizando la correcta energía de compactación según el tipo de Próctor. La preparación de muestras se realizó de la forma detallada en el ítem anterior.

Una vez moldeadas las muestras de suelo, se procedió a colocarlas en el equipo de consolidación, y se les colocó agua para garantizar la saturación de las mismas. Una vez pasadas las 24 horas, se registró la deformación inicial del flexímetro y se procedió al inicio del ensayo. La duración promedio de cada ensayo fue de 24 horas, realizándose seis incrementos de carga (13kPa, 25kPa, 51kPa, 101kPa, 227kPa, 404 kPa) y cuatro saltos en la descarga (-177 kPa, -126 kPa, -76kPa, -25kPa), evaluándose la deformación del suelo a lo largo del tiempo. Una vez finalizado el ensayo se midió la humedad, la deformación y la densidad alcanzada en cada muestra.



4. Bibliografía consultada (no más de una página).

- ASTM D 4318, 1984. “Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils”. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 4, N° 8. pp. 579-589.
- ASTM D 698, 2000. “Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort [12,400 ft-lbf/ ft³ (600 kN-m/m³)]”. D 698, Annual Book of Standards, Vol. 04.08, ASTM Int., West Conshohocken, Pa.
- ASTM D 5856, 2002b. “Standard test method for measurement of hydraulic conductivity of porous material using a rigid-wall, compaction-mold permeameter.”, Annual Book of Standards, Vol. 04.09, ASTM Int., West Conshohocken, Pa.
- ASTM D 854. “Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer”. Annual Book of Standards, Vol. 04.09,
- Benson, C. y Daniel, D., 1990. Influence of clods on hydraulic conductivity of compacted clay. Journal of Geotechnical Engineering. Vol. 116, N° 8: 1231-1248.
- Benson, C., Zhai, H., Wang, W., 1994. Estimating hydraulic conductivity of compacted clay liners. Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 120, N° 2: 366-387.
- Benson, C. y Trast, J., 1995. Hydraulic conductivity of thirteen compacted clays. Clays and Clay Minerals. Vol. 43, N° 6, 669-681.
- Bogado 2014: Variación de las propiedades físicas, mineralógicas y dinámicas de un perfil de meteorización en Oberá, Misiones. Tesis de Maestría en Ciencias de la ingeniería. Universidad Nacional de Córdoba. 148 pag.
- Bogado et. al 2016. Geotechnical properties of residual soils from Notheat Argentina.
- Carro Perez, M. E., y Francisca, F. M. (2013). Arsenic entrapment in reactive columns of residual soils. Journal of Environmental Engineering, 139(6), 788-795. Comisión Europea, 1999
- Daniel, D.E., 1993. Geotechnical Practice for Waste Disposal. Chapman and Hall, London.
- Francisca y Bogado, 2016, Weathering effect on the small strains elastic and electric properties of Argentinean residual soils. Journal of Geomechanics. ASCE (enviado en revision)
- Reinert, H. O. (2007). Caracterización geotécnica de suelos Grises del departamento de Oberá-Misiones. Tesis Maestría en Ciencias de la Ingeniería mención Estructuras y Geotecnia. Córdoba-Argentina.



“2020 AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO”

5. Resultados obtenidos expresada en indicadores de CyT: trabajos publicados, en prensa, presentaciones a reuniones científicas, etc. (colocar referencia a material digital).

PUBLICACIONES:

- **Título:**“*Medición De Conductividad Hidráulica Saturada En Suelos Lateríticos Compactados: Construcción De Equipamientos Y Primeros Avances*”. **Autores:** FRANCHINI, Andrea Belén - Piñeyro, Verónica Alejandra-Tkachuk, Matías Gabriel - Demonari, Fernando Emanuel- Bogado, Gustavo Orlando- Reinert, Hugo Orlando. Publicado en la 9^{na}JIDeTEV (ISSN 2591-4219), llevada a cabo del 27 al 30 de Agosto de 2019.
- **Título:**“*Influencia De La Compactación En La Conductividad Hidráulica Saturada De Suelos Lateríticos Compactados*” **Autores:** Piñeyro, Verónica Alejandra- FRANCHINI, Andrea Belén - Tkachuk, Matías Gabriel - Demonari, Fernando Emanuel- Bogado, Gustavo Orlando- Reinert, Hugo Orlando. Publicado en la 9^{na}JIDeTEV (ISSN 2591-4219), llevada a cabo del 27 al 30 de Agosto de 2019.
- **Título:**“*Evaluación De La Conductividad Hidráulica Saturada De Suelos Residuales Compactados Para Aplicaciones Ambientales*” **Autores:** Matías Gabriel Tkachuk - Piñeyro Verónica Alejandra, Franchini Andrea Belén - Reinert Hugo Orlando - Bogado Gustavo Orlando - Carlos Schvezov. Publicado en la XXIV Jornada de Pesquisa da UNIJUÍ (ISSN: 2318-2385), llevada a cabo del 21 al 24 de Octubre de 2019.

PRESENTACIONES:

- **Título:**“*Medición De Conductividad Hidráulica Saturada En Suelos Lateríticos Compactados: Construcción De Equipamientos Y Primeros Avances*”. **Expositor:** FRANCHINI, Andrea Belén. Presentado en la 9^{na}JIDeTEV, el día 28 de Agosto de 2019.

6. Obstáculos y dificultades halladas durante el desarrollo del plan de trabajo (no más de media página).

Debido a la declaración del Aislamiento Social y Preventivo declarado por el Presidente de la Nación en marzo del corriente año, se debieron suspender las actividades de laboratorio diagramadas para el primer cuatrimestre. Si bien se continuaron realizando tareas de gabinete (procesamiento de datos y análisis de resultados), las condiciones establecidas impidieron la continuidad de las mediciones de ensayos y la generación de datos de muestras nuevas que refuercen los resultados descriptos anteriormente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

SECRETARIA GENERAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

✉ Ruta 12 Km 7,5 - Campus Universitario - 3304 Posadas - Misiones

☎ (0376)4480200 int 127 – (0376)4480459 int 181

Mail: sgcyt@campus.unam.edu.ar

“2020 AÑO DEL GENERAL MANUEL BELGRANO”

7. Avance académico durante el período de beca (exprese en porcentaje): 5,13%

Franchini, Andrea B.

Becario

Evaluación del Director y Co-director

Evaluación del becario: **SATISFACTORIO** NO SATISFACTORIO

La labor desarrollada por la Becaria se considera SATISFACTORIA dado que ha cumplido con las actividades planificadas en la formulación del plan de trabajo al momento de gestión de la beca.

Asimismo, ha demostrado coherencia y capacidad en la resolución de diferentes situaciones que se dieron en el desarrollo de las tareas requeridas.

Los resultados obtenidos son de relevancia para los proyectos geotécnicos regionales y constituyen una base de datos científica muy importante tanto en el ambiente académico, como en el profesional.

Mgter. Ing. Hugo Orlando Reinert

Director de Beca
Departamento de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería



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



Por cuanto: **Andrea Belén Franchini DNI: 37801301; Verónica Alejandra Piñeyro DNI: 36410552; Matías Gabriel Tkachuk DNI: 38040061; Fernando Emanuel Demonari DNI: 37584162; Gustavo Orlando Bogado DNI: 32941001; Hugo Orlando Reinert DNI: 26556965** han participado en las Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción 2019 de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M. realizada desde el 27 de Agosto hasta el 30 de Agosto del año 2019 como **AUTORES** del trabajo: **“MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN SUELOS LATERÍTICOS COMPACTADOS: CONSTRUCCIÓN DE EQUIPAMIENTOS Y PRIMEROS AVANCES”**, se le extiende el presente

CERTIFICADO

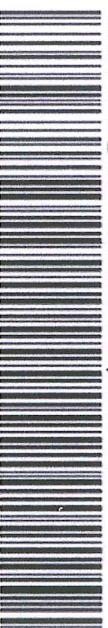
Resolución C.D. N° 018/19

Oberá, Misiones, Agosto 2019

.....
Ing. María Claudia DEKUN
SECRETARIA DE CIENCIA Y TÉCNICA

.....
Ing. Sergio Edgardo KATOGUI
DECANO

CUDAP: FIO_CERT-S01:0001002/2019



Por cuanto: **Verónica Alejandra Piñeyro DNI: 36410552; Andrea Belén Franchini DNI: 37801301; Matías Gabriel Tkachuk DNI: 38040061; Fernando Emanuel Demonari DNI: 37584162; Gustavo Orlando Bogado DNI: 32941001; Hugo Orlando Reinert DNI: 26556965** han participado en las Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción 2019 de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M. realizada desde el 27 de Agosto hasta el 30 de Agosto del año 2019 como **AUTORES** del trabajo: **"INFLUENCIA DE LA COMPACTACIÓN EN LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA DE SUELOS LATERÍTICOS COMPACTADOS"**, se le extiende el presente

CERTIFICADO

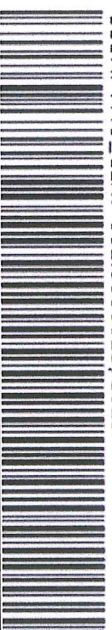
Resolución C.D. N° 018/19

Oberá, Misiones, Agosto 2019

.....
Ing. María Claudia DEKUN
SECRETARIA DE CIENCIA Y TÉCNICA

.....
Ing. Sergio Edgardo KATOGUI
DECANO

CUDAP : FIO_CERT-S01:0000615/2019



Prezado(a) MATÍAS GABRIEL TKACHUK,

Comunicamos que o trabalho intitulado EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA DE SUELOS RESIDUALES COMPACTADOS PARA APLICACIONES AMBIENTALES, de autoria de MATÍAS GABRIEL TKACHUK, PIÑEYRO VERÓNICA ALEJANDRA, FRANCHINI ANDREA BELÉN, REINERT HUGO ORLANDO, BOGADO GUSTAVO ORLANDO, CARLOS SCHVEZOV, inscrito no(a) XXVII Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO, foi **APROVADO** para ser publicado nos anais e apresentado no Salão do Conhecimento na forma de **Pôster**, no Campus Ijuí.

As sessões de pôsteres no Campus Ijuí serão realizadas no(s) dia(s) 21 e 22/10, entre 19h30 e 22h.

As datas e horários poderão sofrer alterações. **Acompanhe a divulgação do cronograma de apresentações** e outras informações no site www.unijui.edu.br/salao e fique atento aos comunicados enviados pelo Comissão Organizadora através de e-mail.

As sessões de pôsteres serão organizadas pela Comissão Organizadora do evento, não sendo possível a escolha de data pelo autor.

Observe atentamente as normas para confecção e apresentação do pôster:

Normas para confecção e apresentação do Pôster

- ❖ Os resumos expandidos aprovados deverão ser apresentados na forma de pôster, em sessões organizadas por área de conhecimento, conforme cronograma disponibilizado no site do evento.
- ❖ **No pôster deve constar, obrigatoriamente:**
 - título do trabalho (exatamente conforme inscrito);
 - evento no qual está apresentando (XX Jornada de Extensão; ou XXVII Seminário de Iniciação Científica; ou IX Seminário de Inovação e Tecnologia);
 - área de conhecimento do trabalho;
 - nomes dos autores;
 - departamento/ instituição de vínculo dos autores;
 - referência/identificação do trabalho;
 - agência de fomento (se houver).
 - Logo do evento para utilização na apresentação: Clique [AQUI](#) para fazer o download.
- ❖ Os resultados poderão ser ilustrados com fotos, gráficos e tabelas.
- ❖ As informações devem ser organizadas de modo que as ideias centrais do trabalho sejam facilmente apreendidas.
- ❖ Pelo menos um dos autores do trabalho deverá permanecer junto ao pôster, durante todo o tempo da Sessão, para responder às questões do avaliador e demais visitantes interessados.
- ❖ O tempo disponível para apresentação será de até 10 (dez) minutos para exposição do autor e até cinco (5) minutos para interação/questionamentos do avaliador.
- ❖ **Os pôsteres serão avaliados por membros da Comissão Científica do evento quanto:**
 - ao conteúdo;

Por cuanto: **Andrea Belén Franchini DNI: 37801301** ha participado en las Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción 2019 de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M. realizada desde el 27 de Agosto hasta el 30 de Agosto del año 2019 como **EXPOSITOR** del trabajo: **"MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN SUELOS LATERÍTICOS COMPACTADOS: CONSTRUCCIÓN DE EQUIPAMIENTOS Y PRIMEROS AVANCES"**, se le extiende el presente

CERTIFICADO

Resolución C.D. N° 018/19

Oberá, Misiones, Agosto 2019

.....

Ing. **Maria Claudia DEKUN**
SECRETARIA DE CIENCIA Y TÉCNICA

.....

Ing. **Sergio Edgardo KATOGUI**
DECANO

CUDAP : FIO_CERT-S01:0001003/2019

