



Mapa geotécnico de la ciudad de Treinta y Tres, Uruguay

Geotechnical map of Treinta y Tres city, Uruguay

Ferrizo, Héctor ¹ ✉ - Abre, Paulina ¹ - Blanco, Gonzalo ¹ - López, Valentina ¹

Recibido: 05 de julio de 2018 • Aceptado: 10 de diciembre de 2018

Resumen

Este trabajo pretende unificar los conocimientos geológicos y geotécnicos del subsuelo urbano de la ciudad de Treinta y Tres, ubicada al este de Uruguay, a partir de la recopilación y almacenamiento de datos de campo, en forma digital, en un Sistema de Información Geográfica, utilizando el software libre Qgis. Los usos de estos mapas son variados, desde la planificación de proyectos de ingeniería hasta el ordenamiento territorial de la ciudad.

El subsuelo de la ciudad de Treinta y Tres, geotécnicamente se corresponde con cuatro unidades formacionales no consolidadas, superficiales y una unidad rocosa.

Cada unidad presenta sus rasgos físicos propios, y se las clasificó según el material presente, la profundidad del suelo orgánico, presencia de agua y la excavabilidad referente. Se logró incorporar un importante volumen de información, generando una cartografía precisa y de fácil manejo, de modo que sirva como soporte y consulta para futuros trabajos de ingeniería que se lleven a cabo en suelo de la ciudad. El SIG generado permite, además, incorporar fácilmente nuevos datos que puedan obtenerse en futuras investigaciones.

Palabras claves: geotécnico; Sistema de Información Geográfica; excavabilidad; Treinta y Tres.

Abstract

This work aims to unify the geological and geotechnical knowledge of the urban subsoil of the city of Treinta y Tres, located in the east of Uruguay, from the collection and storage of field data, in digital form, in a Geographical Information System, using the free software Qgis. The uses of these maps are varied, from the planning of engineering projects to the territorial ordering of the city.

The subsoil of the city of Treinta y Tres, geotechnically corresponds to four unconsolidated, superficial formational units and a rocky unit.

Each unit presents its own physical features, and classified according to the material present, the depth of the organic soil, presence of water and the ability to excavate the material. It was possible to incorporate an important volume of information, generating an accurate and easy to use cartography, so that it serves as support and consultation for future engineering works that are carried out in the city's soil. The generated GIS also allows to easily incorporate new data that can be obtained in future research.

1. Centro Universitario Regional Este, Sede Treinta y Tres (UdelaR),
Ruta 8, km 282, Treinta y Tres, Uruguay.

✉ hferrizo@hotmail.com

Keywords: geotechnical; Geographic Information System; excavability; Treinta y Tres.

INTRODUCCIÓN

Los estudios geotécnicos determinan el comportamiento y las características del terreno, a partir del estudio de las propiedades mecánicas de los materiales depositados o conformados por la alteración de la roca madre. Los parámetros geotécnicos del subsuelo, raramente se consideran durante los trabajos que se realizan para ubicar una obra o para la planificación territorial de una ciudad en Uruguay.

En este trabajo, se presenta la carta geotécnica de la ciudad de Treinta y Tres, la metodología utilizada en la obtención de la información y los resultados finales. La idea surgió al momento de disponer de numerosas excavaciones, que por distintos motivos de obras, se fueron realizando durante un período de más de 2 años, en lo que corresponde a la planta urbana de la ciudad. Para construir esta base de datos se realizó fotointerpretación, observaciones de campo tomadas en calicatas, datos de pozos semisurgentes aportados por las empresas de perforación, cartografía y georreferenciación de la información obtenida.

Como base de información se confeccionó un mapa geológico, para representar las litologías presentes en el área de estudio.

Desde el punto de vista geotécnico se caracterizaron los materiales, agrupándolos según sus características físicas, presencia de nivel freático y comportamiento frente a la excavabilidad. La evaluación y diagnóstico de estas propiedades, y su

consiguiente procesamiento y análisis en un Sistema de Información Geográfica (SIG), culminó en un mapa geotécnico básico, que es una herramienta de gran ayuda a la hora de tomar decisiones para proyectos futuros.

La ciudad de Treinta y Tres es la capital del departamento del mismo nombre, situado en el sector centro este del territorio uruguayo (Figura 1). Se ubica en la margen izquierda del río Olimar en su confluencia con el arroyo Yermal. La población es de aproximadamente 30000 habitantes. Desde el punto de vista geomorfológico Treinta y Tres y su entorno, están ubicados sobre planicies con suaves ondulaciones, que no sobrepasan los 65 metros de altitud.

En cuanto a la infraestructura vial, varias rutas se entrecruzan en este lugar, siendo la más importante la ruta nacional N° 8.

Al ser el área estudiada una zona residencial, densamente poblada, el trabajo comenzó al observar que por diferentes obras de ingeniería, quedaban descubiertos afloramientos de los materiales del subsuelo, generando importante cantidad de datos, aprovechables solo durante el lapso de la obra, los cuales, nos brindan abundante conocimiento del subsuelo de la ciudad.

Así y con el paso del tiempo, se recogieron todos los datos posibles de cada lugar expuesto y se plasmó en una cartografía a escala 1: 25.000.

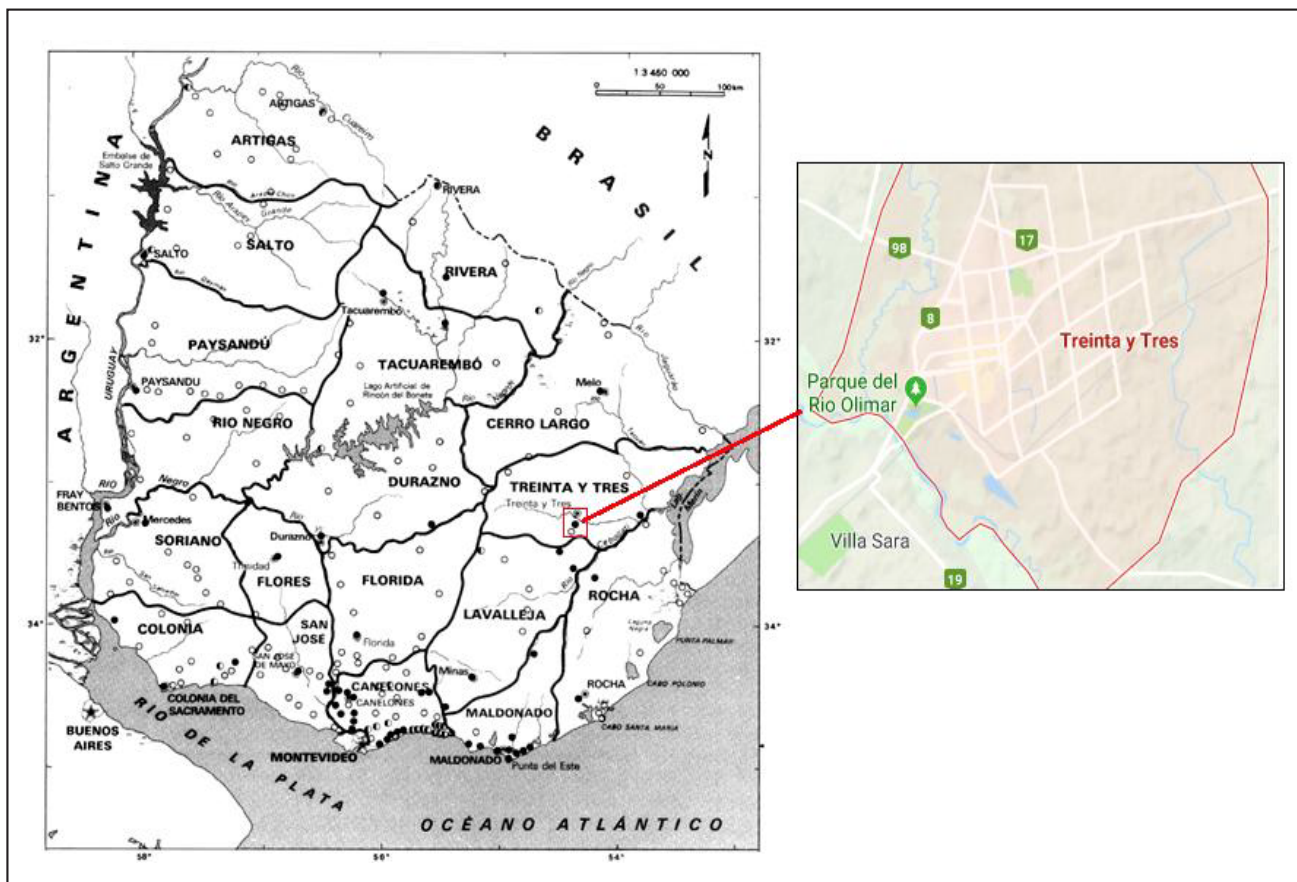


Figura 1. Ubicación de la ciudad de Treinta y Tres, en el mapa político de Uruguay.

METODOLOGÍA

La metodología empleada consistió en trabajos de campo y seguimiento de obras en ejecución, con un conjunto de puntos de observación del terreno, y su almacenamiento y gestión de datos a través de un Sistema de Información Geográfica, implementado con el software libre Qgis (Figura 2).

En este software se hizo la entrada de los datos de campo, tales como: geología de detalle, tablas, capas, perfiles, fotos, etc., creando una base de datos para su posterior manejo, vincular la información de la distribución y espesor de las unidades geológicas y propiedades geotécnicas e hidrogeológicas de cada unidad, estableciendo esto como criterio de identificación y mapeo geotécnico.

La concreción de este trabajo, fue alcanzada de acuerdo a las siguientes fases:

- Ubicación y relevamiento de las calicatas, excavaciones o pozos que se realizaron en diferentes obras de la ciudad.
- Ubicación geográfica de puntos en Google Earth.
- Descripción de la columna litológica, caracterización del terreno y condiciones hidrogeológicas.
- Descripción y toma de muestras suficientemente representativas de algunos de los niveles identificados.
- Toma de fotografías.
- Creación de una base de datos en Qgis.
- Fotointerpretación, sobre un mosaico de fotos aéreas a escala 1:20.000, a efectos de definir las unidades geológicas y estructuras presentes en la zona de estudio.
- Utilización de la Carta Geológica de Uruguay a escala 1:500.000.

- Datos aportados por empresas de perforaciones de pozos semisurgentes.
- Datos aportados por personas adultas, las cuales conocen el terreno o incluso llegaron a trabajar en algunas canteras de extracción de materiales.
- Mapeo de puntos con características geológicas-geotécnicas similares.
- Creación de capas raster y vectoriales en el Qgis.
- Nuevos datos a la base Qgis.
- Obtención del mapa geotécnico a escala 1: 25.000.

Así mismo, se ha prestado atención a las características de excavabilidad y estabilidad de las paredes en cada pozo o zanja, al igual que a la posible aparición de humedad indicativa de la proximidad del nivel freático.

Fueron observados y descritos más de 40 puntos directos, además de consultas bibliográficas y aportes de vecinos y empleados de empresas de perforación para agua, mediante comunicación personal.

Finalmente, con toda la información espacial georreferenciada dispuestas en capas o layers se interpretó y generó un mapa geológico-geotécnico de la ciudad de Treinta y Tres, y sus alrededores.

TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo consistió en recoger información en los 42 puntos observados, distribuidos en la región urbana y sub urbana de Treinta y Tres. Por otro lado se visitaron cortes geológicos ubicados en el trazado de la vía férrea, canteras antiguas y recientes y afloramientos en campos alrededor de la ciudad.

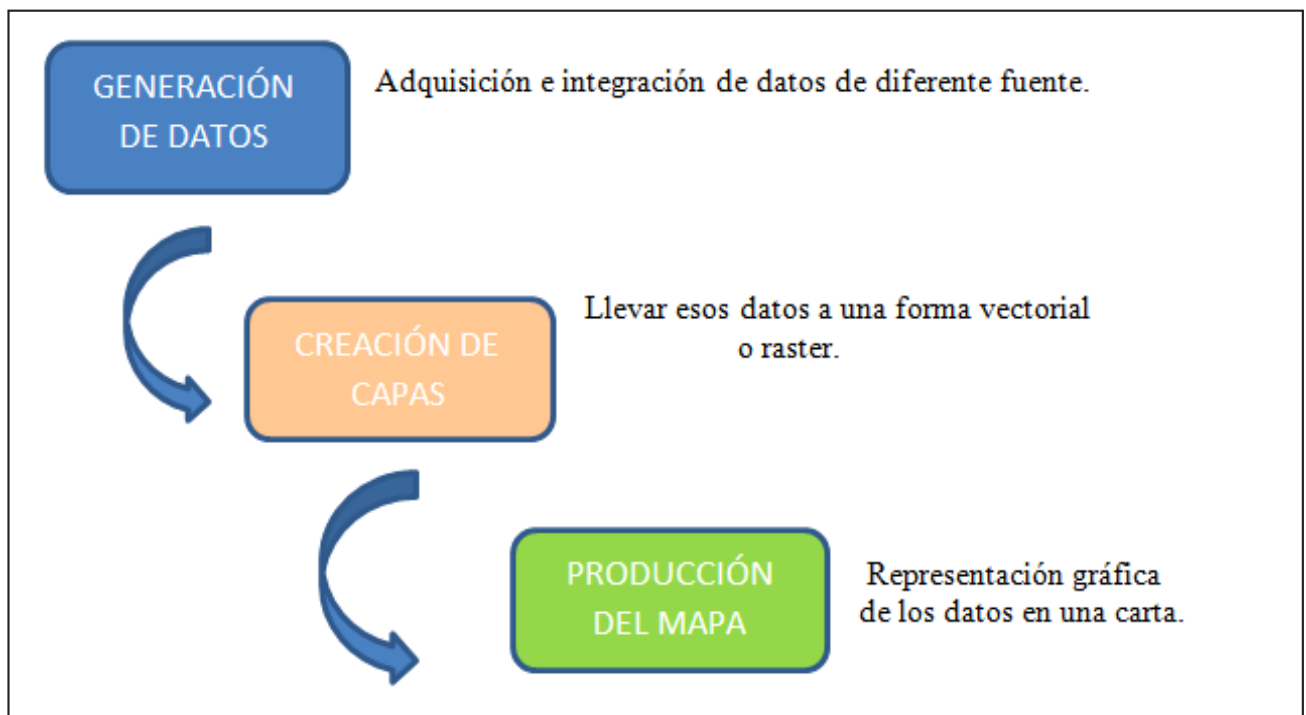


Figura 2. Proceso de la cartografía geotécnica en el software Qgis.

Se procedió a describir el material, medir profundidades, ver el tipo de dureza presente, observar presencia de agua, extraer muestras y georreferenciar los puntos.

El procesamiento de la información geológico-geotécnica recabada en campo, como características litológicas, dureza y presencia de agua, permitieron obtener las unidades geotécnicas o dominios geomecánicos. Para lograr mapear estas unidades, además de las consideraciones en los puntos de observación se utilizaron técnicas cartográficas y de interpretación del terreno en base a su fisonomía por curvas de nivel.

ENTORNO GEOLÓGICO

El área de estudio se encuentra en el borde oeste de una cuenca Mesozoica-Cenozoica, denominada Fosa Tectónica de la Laguna Merín. En esta área afloran rocas de la megacizalla de Sierra Ballena, rocas del basamento cristalino (Terreno Cuchilla Dionisio), y basaltos productos de derrames de la mencionada cuenca. Parcialmente estos materiales están cubiertos por depósitos cuaternarios de origen continental (*Bossi et al., 1998b*).

El Terreno Cuchilla Dionisio, de edad precámbrica, se compone de ortogneises y granitos. Los ortogneises presentan textura protomilonítica, son bandeados a muscovita y biotita, con porfiroclastos de ortosa, con cuarzo y mica. Las foliaciones mineral presente en estas rocas, van desde N20° a N 35°, con buzamientos subverticales. Asociada aparece la intrusión del granito Cuchilla Dionisio, el cual tiene textura porfírica y está compuesto por ortosa, plagioclasa, cuarzo y biotita (*Bossi y Gauthier, 2014*). La Zona de Cizalla de Sierra Ballena (*Gómez Rifas, 1995*), corresponde a una megaestructura de colisión entre los Terrenos Cuchilla Dionisio y Nico Pérez, generando una potente zona de cizalla de rumbo N20E, con presencia de milonitas y protomilonitas. Según la litología original, pueden variar de coloración, siendo las de origen granítico de colores claros y los pórfidos de coloración gris oscuro a negro. La foliación de las milonitas muestra rumbo N20°, predominantemente vertical. Al N de la zona mapeada afloran basaltos de edad cretácica, con textura amigdaliode y masivos, de coloraciones verdes a amarrotadas, correspondientes a derrames de la Fosa de la Laguna Merín (*Bossi & Schipilov, 1998*). A excepción de algunas áreas en donde afloran basaltos y milonitas, el resto del terreno está cubierto por una capa de sedimentos recientes, principalmente sobre las rocas gneisicas y el granito mencionado.

UNIDADES GEOTÉCNICAS

Una unidad geotécnica es el conjunto de materiales con comportamiento y propiedades geotécnicas similares. Las principales observaciones fueron descripciones litológicas, textura del material, dureza, presencia de agua. A partir de las litologías presentes y de las características de los materiales observados en terreno, se definieron las unidades geotécnicas; luego, en base a fotointerpretación se extrapolaron los datos al resto del área para determinar su distribución espacial. Se delimitaron cinco unidades geotécnicas de acuerdo al tipo de material y según la profundidad que presentan. Corresponden a cuatro unidades superficiales de material no consolidado, compuestas de suelos sedimentosos y una unidad rocosa (Tabla 1).

Se verifica que el mayor porcentaje del área total estudiada está compuesta por material superficial no consolidado. Hay 16 km² de terrenos cubierto por materiales superficiales

no consolidados y 2 km² en donde la roca está aflorando o subaflorando.

Caracterización geológico-geotécnica

En cuanto a la caracterización geológica de los materiales con visión geotécnica, se estudiaron los siguientes factores: tipo de roca (ígneas, sedimentaria o metamórfica); fracturación (las discontinuidades facilitan el ripado); meteorización (rocas alteradas son de más fácil excavabilidad que las menos meteorizadas) y la fábrica (rocas de granos gruesos se excavan más fácilmente que las de grano fino).

Excavabilidad

La excavabilidad se define como la facilidad que presenta un terreno para ser excavado.

Por el tipo de trabajo y su forma de crearlo, se optó por definir parámetros de excavabilidad, utilizando el criterio establecido en la Carta Geotécnica de la Región Metropolitana de Montevideo (*Goso et al., 1997*). Según estos autores, el grado de excavabilidad varía de E1 a E3 según el siguiente criterio:

- E1: Son materiales friables a medianamente friables, penetrables por la pala americana, y/o excavables a pico y pala sin auxilio de elementos escarificantes y fácilmente movibles por medios mecánicos.
- E2: Se incluyen en esta categoría los materiales medianamente friables a medianamente tenaces, los cuales pueden ser excavados a pico y pala, pero que eventualmente pueden endurecerse y tienen que ser movidos con elementos mecánicos o escarificación leve.
- E3: Entran en esta categoría, aquellos materiales medianamente tenaces a muy tenaces, que solo son penetrables mediante perforación rotopercutiva, martillos hidráulicos o explosivos.

La excavabilidad se pudo estimar en base a las metodologías empleadas y al tipo de maquinaria utilizada en el terreno, para el desarrollo de las distintas obras que fueron seguidas durante la etapa de toma de datos del presente trabajo.

Hidrogeología

El subsuelo de la ciudad de Treinta y Tres, en términos generales presenta buen almacenamiento de aguas subterráneas, debido a su baja topografía, a la presencia de acuíferos fisurados y/o porosos, y a su entorno rodeado de cauces de agua. Es por ello que la humedad es permanente en la mayoría de las edificaciones de la ciudad. En referencia al estudio, el nivel freático corresponde a los niveles que alcanza el agua superficialmente en los huecos de observación. Asociado a este concepto está la permeabilidad que refiere a la capacidad de pasaje del agua en un terreno, y fue la propiedad observada en los materiales. La presencia de agua en el terreno, provoca alteraciones en las propiedades de los materiales, lo que resulta de mucha importancia en el momento de planificar una obra. Además de estas alteraciones, el agua puede causar flujos internos y fluidificación de materiales, con el consiguiente riesgo de movimientos en el terreno, catalogado como un riesgo geológico importante. Se detectaron zonas con condiciones de infiltración, que corresponden al nivel piezométrico de la zona, y en algunos casos una rápida inundación de la zona de trabajo. En los lugares observados, en general, el nivel freático se localiza entre 2 a 4 metros de profundidad.

UNIDAD ROCOSA

Caracterización geológico-geotécnica

En el caso de estudio, el macizo rocoso corresponde una amplia zona regional de fajas milonitizadas, con intrusiones graníticas, de rumbo NE, y de basaltos dispuestos en cuencas con eje alargado E-W.

De forma general, las milonitas, por su tamaño de grano y composición, son rocas de alta dureza, pero proclives a alterarse por los planos de cizallamiento que produce una foliación particular. En el área estudiada las foliaciones son subverticales, con orientaciones N 020°. Su composición es del tipo granítica, con porfiroclastos de feldespatos, en una matriz de cuarzo y moscovita. La alteración que presentan es superficial, como una delgada capa paralela a la superficie, aunque localmente puede existir una alteración más profunda en zonas afectadas por discontinuidades, pero los niveles de alteración no sobrepasan los 0,50 m de espesor. Los basaltos son de coloraciones verde amarillentas, localmente vacuolares, presentan bajo grado de alteración o se encuentran no alterados, siendo su textura masiva, generando afloramientos rasos.

En cuanto a las características geotécnicas descritas en trabajos de empresas particulares, se puede deducir que este tipo de material, presenta alta tenacidad y resistencia, con valores entre 500 kPa para zonas superficiales alteradas, hasta 1000 kPa para zonas de roca fresca (Goso, E. 2016).

En cuanto a la presencia de suelos orgánicos, se observa que son muy poco potentes, con promedios de 0,30 m, alcanzando profundidades máximas de 0,50 m.

Excavabilidad

De acuerdo a Gonzalez de Vallejo *et al* (2002), la resistencia que presenta un determinado macizo rocoso depende de varios factores, a saber, la resistencia de la matriz rocosa, la presencia de discontinuidades, las tensiones naturales y las condiciones geoambientales e hidrogeológicas a las que esté expuesto dicho macizo. Estos materiales presentan una resistencia considerablemente mayor a la penetración manual. La resistencia para este tipo de rocas se cataloga de media a alta, siendo necesaria la utilización de elementos mecánicos para su rotura. Estas rocas presentan localmente fracturación, que genera material disgregado por encima, y puede ser eventualmente excavado de forma manual a profundidades someras.

En la práctica, para poder trabajar en este tipo de rocas, se utilizan martillos neumáticos, martillos hidráulicos y puntualmente hay casos en los que se utilizaron voladuras para poder romper la roca. Por lo tanto, estos materiales se clasifican como E3.

Hidrogeología

Desde la perspectiva hidrogeológica, estas rocas comprenden materiales en donde la permeabilidad se limita el área de fracturas, favoreciendo su alteración. Superficialmente, el comportamiento hidrogeológico de estas rocas está limitado casi exclusivamente, a zonas de discontinuidades. Por un lado, las milonitas, por su textura, son poco permeables, y los basaltos, cuando masivos, tienen un comportamiento similar. Generalmente las aguas freáticas o de escorrentía, circulan sobre su superficie, o en contacto con otras unidades, siendo de caso caudal.

UNIDADES NO CONSOLIDADAS

Caracterización geológico-geotécnica

Las unidades geotécnicas mapeadas como no consolidadas, están integradas por suelos orgánicos y depósitos sedimentarios de origen continental, siendo en su mayoría materiales friables.

Los suelos superficiales están formados por una capa fundamentalmente de tierra negra, con restos orgánicos, raíces y, en algunos puntos, restos antrópicos.

Los depósitos sedimentarios comprenden tres tipos de materiales:

Una cobertura de sedimentos arcillo-limosos, de color pardo amarillento, coloraciones ocre claritas a amarillento, con presencia de núcleos carbonáticos (conocida como Formación Libertad). Estas arcillas forman suelos potencialmente expansivos, y localmente comportamiento relativamente compactos, según el grado de humedad. Dada la importante extensión areal de estos sedimentos en gran parte del país, y tomando en cuenta numerosos ensayos en varias zonas, se puede definir como materiales muy finos, pasando un 93 % en el tamiz N° 200. A su vez el comportamiento plástico de estos sedimentos es variable, según el grado de humedad presente, pero se ha determinado que el Límite Líquido varía entre 30 a 80 %, y entre un 20 a 55 % para el Índice Plástico. De forma general estos materiales se clasifican como A-7-6 en la categorización A.A.S.H.T.O y como CH (arcilla de alta plasticidad) y CL (arcillas de baja plasticidad) en el Sistema Unificado. El tramo más superficial, puede hallarse ligeramente endurecido por la consolidación que producen fenómenos periódicos de humedad-sequedad. El Nspt para estos sedimentos, va desde 8 a 35, según la humedad contenida. Un ensayo realizado en la sede del CURE, ubicado al sur de la ciudad, arrojó un valor Nspt = 22, a una profundidad de 1 m, resultando la resistencia a la compresión simple en 2,75 kg/cm². Estos materiales están en contacto directo con la roca, y en algunas partes aparecen mezclados con la alteración saprolítica típica de la roca. Se observaron profundidades máximas de 3,5 metros, con una mínima de 0,80 metros, para estos sedimentos arcillo-limosos. Sobre esta unidad hay dos tipos de recubrimientos de suelos orgánicos, que por su potencia y exposición topográfica, se decidió dividirlos en suelos poco profundos o someros y en suelos profundos. Los suelos someros, corresponde a profundidades de hasta 0,60 m de espesor y los suelos profundos hasta 1,8 m de potencia. Los suelos profundos se encuentran en zonas topográficas bajas o asociados a los cursos de agua.

Un segundo tipo de material no consolidado, es el que está compuesto por limo arenoso, de color gris oscuro, que localmente pasa a arenas cuarzosas finas, con 5 % de arena cuarzosa gruesa. Este tipo de material fue observado en la zona de contacto o transición entre las milonitas y el gneis, conformando un paquete de poco espesor y están directamente apoyadas en las milonitas y gneises, y en algunos puntos sobreyacen a este tipo de roca alterada. Por su ubicación topográfica y de ambiente litológico, se deduce que pueden corresponder a alteración en zonas de cizallamiento. Debido a su reciente descubrimiento, y que la zona se encuentra edificada (zona céntrica de la ciudad), no se conocen particularidades geotécnicas, a excepción de que son materiales muy permeables, con importante circulación de aguas.

Las potencias observadas en estos materiales, va desde 0,9 a 2,2 metros.

Y un tercer tipo de material sedimentario, que se clasificó como arenas sueltas y limos recientes, resultado de las inundaciones del río, acumuladas en terrazas. Topográficamente, la confluencia del Arroyo Yermal con el río Olimar, generan una gran llanura aluvial. Se trata de arenas finas, cuarzo feldespáticas, de granos ligeramente redondeados, intercalados con limos de colores claros, a veces arcillosos, sedimentación típica de terrazas de inundación. Las potencias detectadas en pozos semi-surgentes, alcanzan 9 m de profundidad máxima, en áreas próximas al núcleo urbano y se midió una profundidad mínima de 0.60 metros al borde sur de la ciudad, en contacto con las milonitas. Esta unidad está constituida en su mayoría por arenas clasificables como SP y SM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, ya que más del 70 % pasa el tamiz N°4. Recubriendo estos materiales, pueden aparecer suelos de hasta 0,50 m e incluso pueden detectarse niveles de paleosuelos intercalados con las arenas.

Excavabilidad

Todos los materiales comprendidos en las unidades no consolidadas, se manifiestan como fácilmente excavables (clasificación E1), y muy puntualmente, y debido al endurecimiento por sequías, en algún sector puede clasificarse como E2.

Dadas las características geotécnicas presentes para estos materiales, el espesor y su disposición, los mismos pueden ser excavados a pico y pala o mecánicamente hasta el techo de roca.

Hidrogeología

Para el caso de la unidad arcillo limoso, el agua es prácticamente nula, y no afecta para nada el desarrollo de trabajos, incluso en varios días si no se producen precipitaciones. Un ensayo de Lefranc realizado en predio de la sede universitaria arrojó un resultado de $k = 7 \times 10^{-5}$ cm/s, deduciéndose una baja permeabilidad.

En el caso del limo arenoso, se constata presencia de agua correspondiente al nivel freático, que incluso puede llegar a inundar la excavación en un período de varias horas. Las construcciones realizadas en este tipo de material, presentan grandes problemas de humedad. Durante el primer poblamiento del lugar, este tipo de sedimentos, se utilizó para construir pozos o cachimbas, las cuales proveían agua a los lugareños, y aún hoy día, hay casas que conservan estas construcciones.

Para los sedimentos en las terrazas aluviales, el nivel freático se sitúa muy próximo a la superficie, lo que provoca que las excavaciones se inundan en pocas horas. En los niveles arenosos, se observa la presencia de agua de forma casi instantánea al momento de realizar la excavación. Esto representa una gran dificultad al ejecutar los trabajos, ya que es necesario deprimir el nivel del agua, para poder instalar los materiales de construcción. Las aguas corresponden a aguas dulces de escorrentía de lluvias o de la propia anegación del Río Olimar.

Zonas de suelos antrópicos

En el estudio se han detectado dos zonas con relleno antrópico, es decir que fueron producto de la acción del hombre. Estas zonas fueron detectadas por las observaciones realizadas en fotografías aéreas de la década de los años 60, y correlacionadas a imágenes actuales. Corresponden a antiguas canteras, utilizadas en la construcción de las propias calles y edificaciones de la ciudad, en los inicios de desarrollo urbano. De acuerdo a relatos de vecinos, la cantera ubicada, actualmente al norte de

la ciudad, fue utilizada como vertedero municipal de residuos sólidos. Hoy día, estas áreas están ocupadas por construcciones o predios industriales.

RESULTADOS

El presente trabajo propone una innovadora metodología para el conocimiento de los materiales subsuperficiales de Uruguay. Los resultados informados aquí se basan en una combinación de mapeo clásico con técnicas y tecnologías SIG, de fácil desarrollo y manejo, articulando con nuevas tecnologías.

El procedimiento cartográfico seguido generó un mapa geotécnico para la zona de estudio y produjo información inédita en este ámbito para la localidad de Treinta y Tres.

Este mapa geotécnico es una herramienta suficientemente efectiva, económica y precisa para toma de decisiones iniciales con respecto a proyectos de ingeniería en el área urbana de la ciudad, además de permitir una mejor gestión en la planificación de infraestructuras o cualquier espacio natural del área.

Tener conocimiento de los materiales sobre los cuales vamos a construir, nos da la posibilidad de gestionar la futura actividad humana en la ciudad.

Con esta cartografía, se facilita la demarcación de áreas a las cuales se deben aplicar limitaciones y recomendaciones sobre las actividades de construcción.

El mapa geotécnico (Figura 3), también puede ser usado mediante el Google Earth. El Qgis se puede sincronizar con Google Earth, visualizando imágenes a través de Open Layers Plugin o transferir un archivo .kml desde Qgis a Google Earth, por lo que resulta una manera simple de visualizar cualquier capa del mapa geotécnico creado.

Tabla 1. Clasificación de unidades geotécnicas en el área de Treinta y Tres.

| Unidad geotécnica | Caract. Geológica | Hidrogeología | Excavabilidad |
|-----------------------|-----------------------------------|---|---------------|
| Unidad no consolidada | Arenas y limos recientes | Alta permeabilidad | E1 |
| Unidad no consolidada | Arcillo limosa con suelo profundo | Baja a media permeabilidad | E1 |
| Unidad no consolidada | Arcillo limosa con suelo somero | Muy baja permeabilidad | E1/E2 |
| Unidad no consolidada | Limo arenoso | Permeabilidad media alta | E1 |
| Unidad rocosa | Milonitas y Basaltos | Baja permeabilidad. Zonas alteradas o fracturas | E3 |

RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS Y CONCLUSIONES

Es un trabajo que aplica en toda obra lineal de servicios enterrados, ya sean colectores de saneamiento, redes eléctricas, fibra óptica, servicios de agua potable, etc., o de referencia donde se requieran estudios geotécnicos para garantizar la viabilidad y seguridad del proyecto, asegurando la accesibilidad, el grado de excavabilidad de los terrenos, la estabilidad de las zanjas y agresividad de las aguas subterráneas. Las condiciones de cimentación son diferentes, según a que unidad geotécnica corresponda.

Para el caso de los sedimentos arenosos, en zonas próximas al Río Olimar se recomienda que las excavaciones no estén

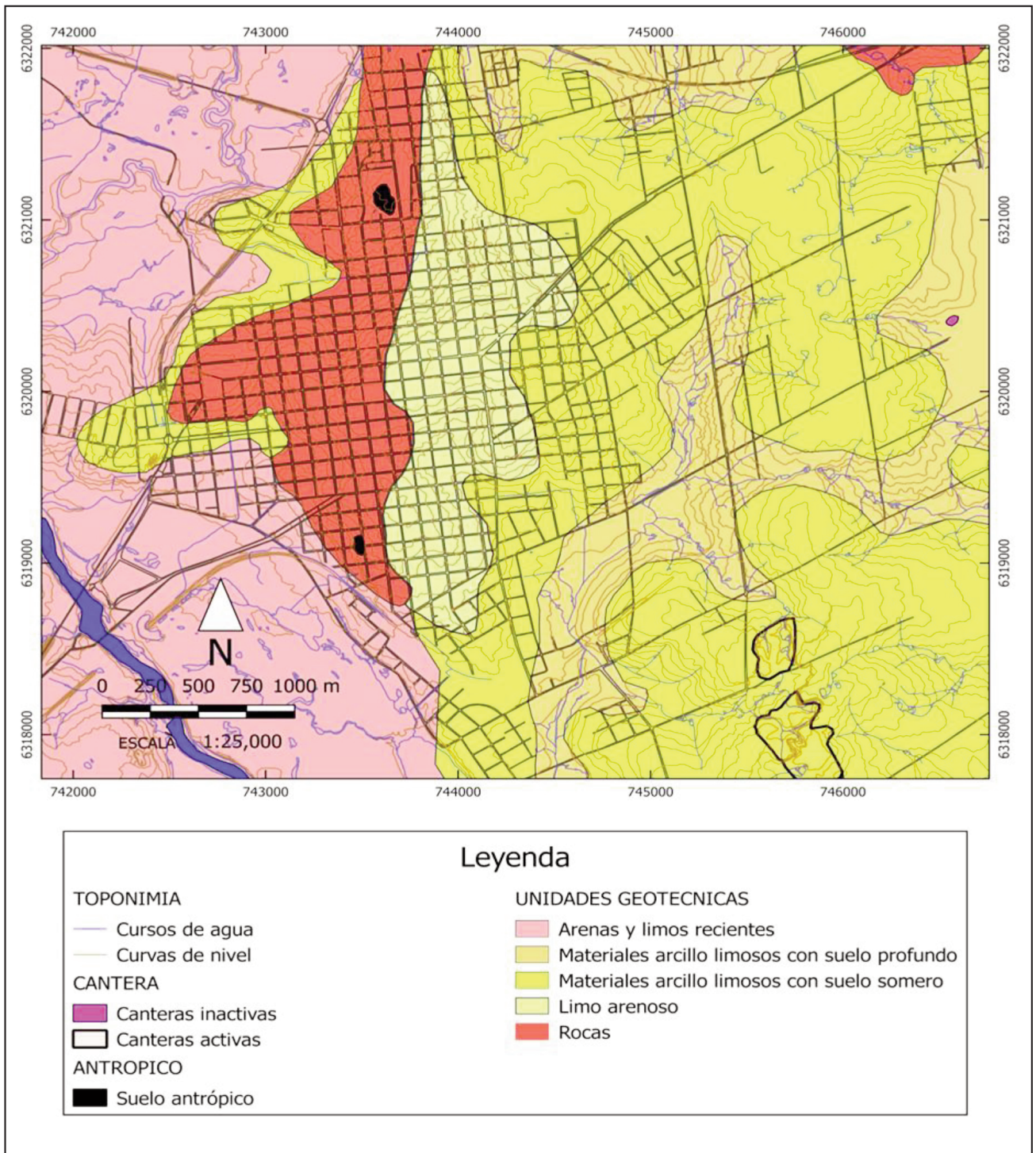


Figura 3. Mapa geotécnico de la ciudad de Treinta y Tres.

largo periodo de tiempo abiertas, ya que son inestables y su inundación provoca derrumbes.

Para el caso de construcciones de viviendas en general el terreno no ofrece grandes inconvenientes, siempre situando excavaciones en 1 a 2 metros de profundidad, con respecto a la rasante (superficie). Las unidades no consolidadas compuestas por sedimentos arcillo-limosos, son aptas para la fundación de estructuras pequeñas, como viviendas, utilizando cimentaciones directas o pilotes. En las zonas con suelo profundo, se debe

restringir las edificaciones, por un lado por el tipo de material no adecuado para tal fin y por otro, evitar el riesgo de inundaciones periódicas en épocas de lluvias o crecidas de los cauces de agua, ya que la topografía es muy baja. En estos lugares se ha observado importantes arrastres de materiales en días de lluvias copiosas.

Si las obras deben realizarse en unidades rocosas, se debe pensar en la utilización de maquinaria adecuada a tal fin, y son aptas para fundar cualquier tipo de construcción.

La unidad geotécnica limo arenoso, presenta un comportamiento hidrológico diferente, con circulación de aguas freáticas, lo que provoca humedades en las paredes de las construcciones antiguas, que están fundadas sobre cimentaciones directas o vigas de hormigón. La construcción en este tipo de unidad, debe de analizar elementos de albañilería anti-humedad.

Para el caso de construcción de calles y caminería en general, los materiales de superficie tienen poca compactación, por lo que se recomienda compactar, sustituir por otro material o retirar enteramente la capa de suelo vegetal.

Como resultado final de este estudio, se obtiene un mapa geotécnico, que contribuye al mejoramiento en la planificación de obras sobre la base del conocimiento del terreno y al ordenamiento territorial y urbanístico de la ciudad.

Finalmente, se debe mencionar que este tipo de cartografía se debe tomar como referencia general, y para trabajos más precisos se debe complementar con estudios geotécnicos más exhaustivos.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1993).
Design of Pile Foundations Handbook. Federal Highway Administration (1993).
Soils and Foundations, Workshop Manual, second edition, Publication No. FHWA HI-88-009, Washington, D.C.
- AMORIM, A. S. F. 2004.
Contribuição à cartografia geotécnica: sistema de informações geográficas dos solos expansivos e colapsíveis do Estado de Pernambuco (SIGSEC - PE). 244p.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- BOSSI, J., FERRANDO, L., MONTAÑA, J., CAMPAL, N., MORALES, H., GANCIO, F., SCHIPILOV, A., PIÑEYRO, D., SPRECHMANN, P., 1998B.
Carta geológica del Uruguay. Escala 1:500.000.
Geoditores, Montevideo.
- BOSSI, J. & SCHIPILOV, A. 2007.
Grupo Lascano: Formación Mariscal.
En: Bossi, J. Schipilov, A (Editores): Rocas ígneas básicas del Uruguay - Facultad de Agronomía Universidad de la República, pp. 99 -104, Montevideo.
- CFEM (2006),
Canadian Foundation Engineering Manual, 4th Edition,
Canadian Geotechnical Society, Richmond, British Columbia.
- DINIZ, N. C. ET AL. 2001.
Carta geotécnica de Manaus como resultado de parceria institucional.
In: Simposio Nacional de Cartografia Geotécnica, 2001, Brasília. Anais ABGE p 15.
- GAUCHER, C. 2014.
Terreno Cuchilla Dionisio: Bloque septentrional.
En: Bossi, J. & Gaucher, C. (Editores): Geología del Uruguay - Tomo 1: Predevónico, pp.377 - 400, Montevideo.
- GONZALEZ DE VALLEJO, L., FERRER, L., ORTUÑO, L., OTEO, C., 2002.
Ingeniería Geológica.
Editorial Pearson-Prentice Hall- Madrid, España, 744 pp.
- GOMEZ RIFAS, C. 1995.
A zona de cizalhamento sinistral de Sierra Ballena no Uruguai.
Tesis Doctoral, Instituto de Geociencias, Universidade de Sao Paulo, 244 pp.
- GOSO, E. 2016.
Estudio Geotécnico Predio ubicado en Isla de Flores 1720. Padrones 2.143 y 35.460 Barrio Sur, Departamento de Montevideo, Uruguay.
- GOSO, H; NAHOUM, B; GOSO, C; MEZZANO, A; ROSTÁN, A. (1997).
Carta Geotécnica de la Región Metropolitana de Montevideo, a escala 1:100.000.
Memoria explicativa. Departamento de Geotécnica, Instituto de Estructuras y Transporte "Prof. Julio Ricaldoni". Oficina de Publicaciones, Centro de Estudiantes de Ingeniería. 38 pp., Montevideo, Uruguay.
- IAEG, 1981.
Rock and soils description and classification for engineering geological mapping.
Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. Bulletin of the IAEG, n° 24, pp. 235-274.
- LEMAR, LABORATORIO DE ENSAYOS. 2015.
Estudio geotécnico CURE, sede Treinta y Tres, Paraje Olimar Grande, Departamento de Treinta y Tres.
Informe 2015/029.

LOPEZ MARINAS, J.M. 2000.

Geología aplicada a la Ingeniería Civil.
Inversiones editoriales Dossat.

MARTINEZ LARGO, J.A. 2014.

Desarrollo de una base de datos geológico-geotécnico en la ciudad de Gijón y su implementación en un SIG.
Tesis de fin de Máster (inédita), Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, 79 pp.