

ESTUDIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN Y USOS DEL TERRENO “ISLA DE GASPAR”

Entregable N°3: Informe Final

El presente informe corresponde al entregable N°3 (Informe Final) “Propuestas de remediación y zonificación del predio, plan de seguimiento e indicadores”.

CONTENIDO DEL INFORME FINAL

1. ALCANCE DEL INFORME FINAL	3
2. OBJETIVOS DEL INFORME	4
3. EQUIPO TÉCNICO	5
4. RESULTADOS OBTENIDOS (RESUMEN)	6
4.1 Plan de estudios actualizado basado en antecedentes y consultas (Resultado 1.1)	7
4.2 Definición de los perfiles del suelo y subsuelo (Resultado 1.2)	10
4.3 Determinación del Ciclo Hidrológico (Resultado 1.3)	14
4.4 Zonificación de las aptitudes para construcciones y uso recreativo (Resultado 1.4)	15
4.5 Identificación y caracterización de contaminantes (Resultado 2.1)	17
4.6 Evaluación del riesgo por exposición a contaminantes (Resultado 2.2)	18
4.7 Plan de mejora de las aptitudes de uso y mejora de estabilidad del predio (Resultado 3.1)	19
4.8 Plan de remediación integrado del predio (Resultado 3.2)	20
4.9 Definición de condiciones de aptitud para usos recreativos (Resultado 3.3)	24
5 CONCLUSIONES	30
Objetivo 1	30
Objetivo 2	31
Objetivo 3	32
ANEXO 1: Elementos para un plan de monitoreo y seguimiento socio-ambiental de la recuperación de predio de Isla de Gaspar	33
ANEXO 2: REMI y Perforaciones	39
ANEXO 3: Figuras incluidas en mapa SIG	

1. ALCANCE DEL INFORME FINAL

Este informe presenta el análisis de la información obtenida en los estudios realizados en el terreno de Isla de Gaspar, las conclusiones y recomendaciones de uso. Se incluyen propuestas de remediación y zonificación del predio. El área de estudio, es un predio de 12 Hás. ubicado entre las calles Isla de Gaspar, Larravide y Azara.

Este predio comprende los padrones N° 870, 66.821, 123.957, 123.958, 123.959, 123.960, 123.961, 123.962, 123.963, 123.964, 123.965, 150.186, 150.187, 195.222, un padrón sin datos que se encuentra entre el 150.186 y el 870 y los espacios libres N° 745, 1.493 y 1.494 de la ciudad de Montevideo. Incluye croquis general de zonificación propuesto (medidas de remediación y parquización).



Figura 1: Zona de actuación

2. OBJETIVOS DEL INFORME

El Informe Final incluye un resumen de antecedentes, del relevamiento previo, de los estudios geofísicos, hidrológicos, planialtimétricos y análisis del suelo, medidas de remediación y estudio de las condiciones de estabilidad:

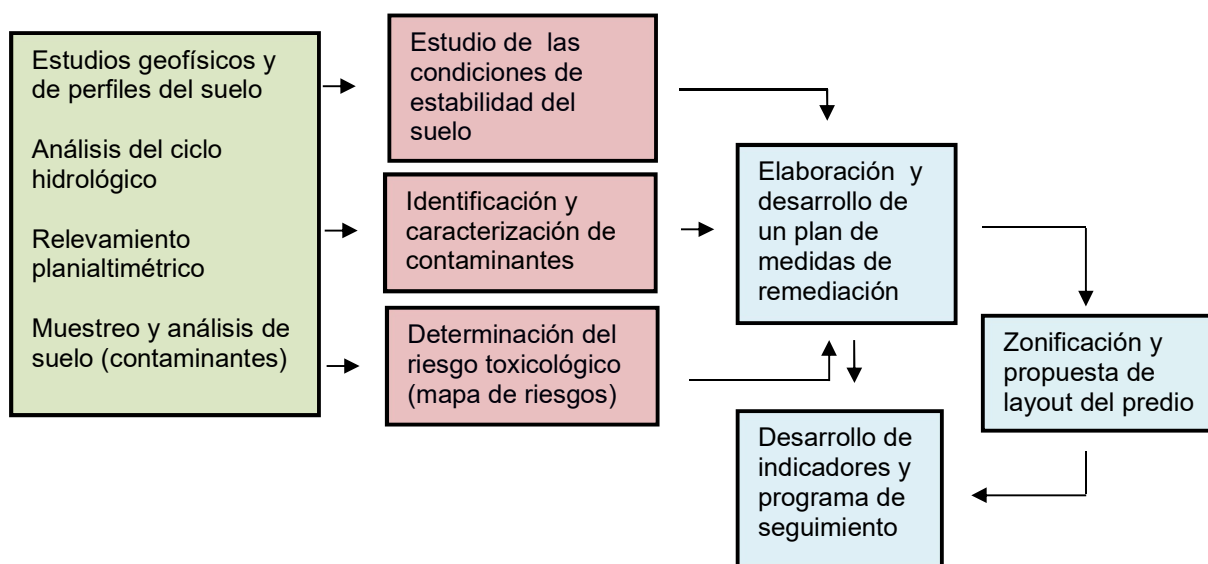
"Propuestas de remediación y zonificación del predio, plan de seguimiento e indicadores"

Objetivo 1: Determinación de condiciones de resistencia, deformabilidad y compresibilidad del suelo a los efectos de establecer zonas de estabilidad seguras, zonas recuperables y zonas no aptas para fundaciones y construcciones

Objetivo 2: Evaluación del riesgo toxicológico de exposición a la contaminación del suelo.

Objetivo 3: Identificación, desarrollo y propuesta de medidas preventivas y/o correctivas (remediación) del área para definir aptitudes futuras de uso como espacio público abierto de uso recreativo seguro

Esquema de los estudios realizados:



3. EQUIPO TÉCNICO

Técnicos responsables de cada una de las áreas críticas del trabajo que participaron en la elaboración del Informe Final de la consultoría:

- a) Coordinador del Equipo; especialista en evaluación de pasivos ambientales (contaminación del suelo) y evaluaciones de impacto ambiental: Arq. Rafael Perolo
- b) Responsables de estudios geofísicos; especialista en estudios geofísicos: Ing. Ruggiero Curcio, Ing. Oreste Cittadini, geólogo responsable de tomografía eléctrica Lic. Daniel Abelenda
- c) Ingeniera hidráulica y ambiental, responsable de la determinación de ciclo hidrológico del predio: Ing. Dahiana Dávila.
- d) Químico especialista en contaminación de suelos, responsable de muestreo y análisis del predio: MSc. Gualberto Trelles.
- e) Responsable de análisis edafológico del suelo: Ing. Agr. Aníbal Cuchman.
- f) Responsable de caracterización de contaminantes; Dr. especialista en toxicología clínica: Dr. Javier Mallet.
- g) Responsable de gestión de riesgos, biólogo MSc en Ciencias ambientales: MSc. Aramís Latchinian.
- h) Responsable de fitorremediación, Dra. En Ciencias Biológicas: Ph.D. Rosanna Ginocchio.
- i) Responsable de medidas de remediación biológica del predio, Dra. en Ciencias Biológicas: Ph.D María Lis Yanez.
- j) Responsable de zonificación y parquización del área, especialista en paisaje: Lic. Carla Benítez.
- k) Elaboración de mapa GIS: Arq. Andrea Goires

4. RESULTADOS OBTENIDOS (RESUMEN)

A partir del Marco Lógico propuesto, se resumen los 9 resultados obtenidos en el trabajo de consultoría:

OBJETIVOS EPECIFICOS	RESULTADOS
Objetivo 1: Determinación de condiciones de resistencia, deformabilidad y compresibilidad del suelo a los efectos de establecer zonas de estabilidad seguras, zonas recuperables y zonas no aptas para fundaciones y construcciones.	Resultado 1.1 Plan de estudios actualizado y basado en antecedentes y consultas
	Resultado 1.2 Definición de los perfiles del suelo y subsuelo del área
	Resultado 1.3 Determinación del ciclo hidrológico del predio
	Resultado 1.4 Zonificación de las aptitudes para construcciones y uso recreativo
Objetivo 2: Evaluación del riesgo toxicológico de exposición a la contaminación del suelo.	Resultado 2.1 Identificación y caracterización de contaminantes
	Resultado 2.2 Evaluación del riesgo de exposición a los contaminantes problema
Objetivo 3: Identificación, desarrollo y propuesta de medidas preventivas y/o correctivas (remediación) del área para definir aptitudes futuras de uso como espacio público abierto de uso recreativo seguro	Resultado 3.1 Plan de mejora de las aptitudes de uso y mejora de estabilidad del predio
	Resultado 3.2 Plan de remediación integrado del predio
	Resultado 3.3 Definición de las condiciones de aptitud para usos recreativos

4.1 Plan de estudios actualizado basado en antecedentes y consultas (Resultado 1.1)

Isla de Gaspar fue una cantera y después vertedero municipal. Entre 1920 y 1939 fue una cantera de granito en la que trabajaban presos. En la década de 1940 se transformó en vertedero municipal por lo que fue rellenado con basura de variado origen.

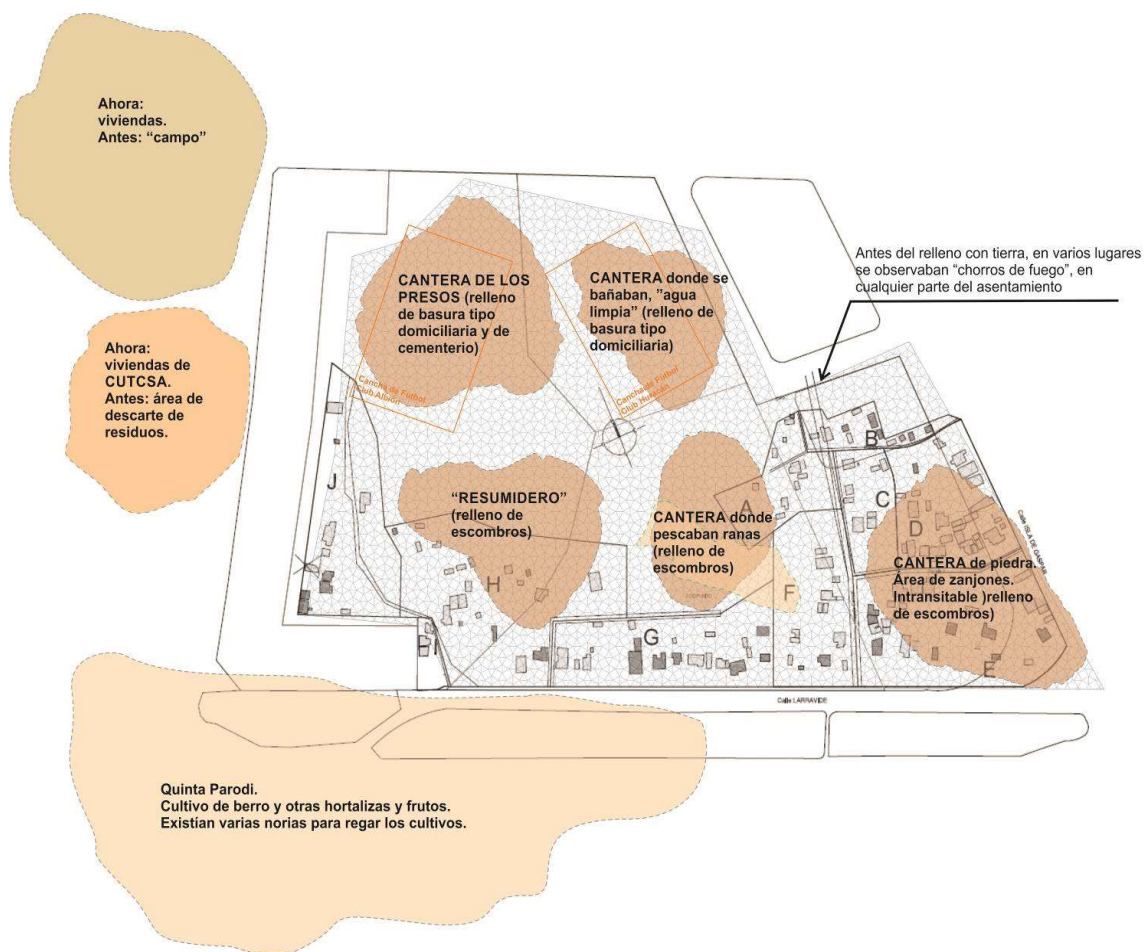


Figura 2: Antecedentes estimados de actividades en el predio

En el año 2010 la población de Isla de Gaspar llegaba a las 1.000 personas, de las cuales el 47% tenía menos de 17 años. La ocupación de los residentes incluye actividades informales (changas y reciclaje) aunque también hay empleadas domésticas, obreros, cuidacoches, municipales, guardias de seguridad y dos policías. Se identificaron puntos de quema de cables y actividades de recuperación de metales, clasificación, quema y disposición de residuos urbanos.

El 95% de las casi 250 viviendas que hay en el asentamiento no tienen saneamiento y evacuan los vertidos en la superficie, en pozos negros o fosas sépticas. Sólo el 5% tiene conexión al saneamiento.

Dos de cada tres cuentan con baños privados y el otro es compartido por más de una vivienda. Muchas viviendas son precarias sin tener baño ni agua potable. El saneamiento consiste en zanjas o canaletas a cielo abierto por donde circulan aguas cloacales y otros residuos sin ningún tratamiento. El 99% de los pobladores tiene acceso al agua potable; el 61% dentro de su vivienda, el 33% en el predio y el 6% afuera del predio. El estudio se basó en la Caracterización y Clasificación de Riesgo de la Organización Mundial de la Salud: Isla de Gaspar se clasificó como: "riesgo ambiental medio", estado para el que se recomienda "mantener la evaluación e implementar la restauración".

En el suelo hay niveles altos de materia fecal y colibacilos por falta de saneamiento. El problema mayor de salud es el alto nivel de parasitosis que está vinculado a la falta de saneamiento y al manejo de los residuos. Hay fecalismo en superficie humano y animal; las personas conviven con caballos, perros, gatos y aves. En cuanto a los niveles de plomo, el 81% presentó menos de 10 microgramos por cada 100 mililitros de sangre (se considera elevado más de 20 microgramos). Un 1% tiene niveles altos de plumbemia.



Figura 3: Árboles notables y otros valores ambientales

La especie que se encuentra en mayor abundancia es *Salix humboldtiana* (Sauce criollo) y la especie más destacable por su tamaño es *Ficus sp.* se destacan unos individuos de la especie *Phoenix canariensis* (Palmera), así como *Phytolacca dioica* (Ombú) y *Enterolobium contortisiliquum* (Timbó).

En toda el área baja del asentamiento se observa la presencia de residuos. Existen áreas, debajo de los arbustos y árboles, donde el acceso es dificultoso y los residuos se fueron acumulando, generando basurales endémicos.

En el área existe una zona anegada de forma permanente y existen áreas que al llover mucho quedan anegadas en forma temporal. Los principales escurrimientos siguen el sentido de los senderos y en dirección a Larravide.



Figura 4: Zonas anegadas y escurrimiento superficial

Lo mismo sucede con los efluentes, ya que en el asentamiento no se cuenta con sistema de saneamiento. Los vecinos dicen que la zona alta, llamada "la montaña", continúa escurriendo, pasados varios días sin que llueva.

4.2 Definición de los perfiles del suelo y subsuelo (Resultado 1.2)

Se realizaron levantamientos topográficos en campo, se los representó espacialmente en diversos formatos y se los compartió como insumo a los diferentes técnicos que intervienen en el proyecto. La vinculación altimétrica se hizo a partir de mediciones diferenciales con una base fija del Servicio Geográfico Militar y aplicando un Modelo Geoidal a toda la zona del proyecto.

La vinculación planimétrica se llevó a cabo haciendo un ajuste de coordenadas de la base GPS utilizada por nosotros con la base GPS del SGM ubicada en la Fortaleza "General Artigas" Cerro de Montevideo.

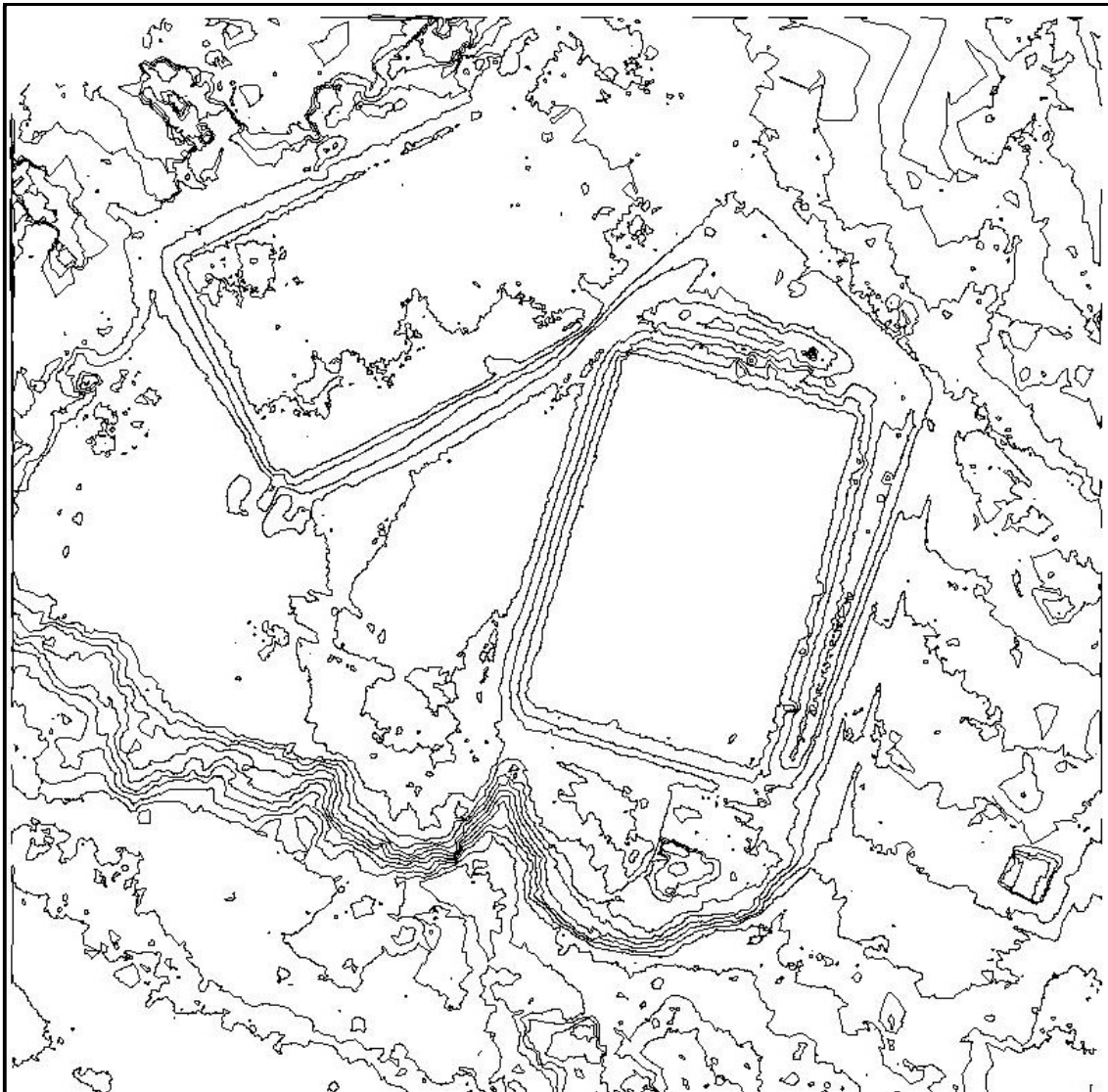


Figura 5. Esquema topográfico del área

Se estudiaron las características del subsuelo mediante métodos geofísicos a fin de determinar las propiedades físicas de los distintos estratos y fundamentalmente poder determinar el techo de roca de las antiguas canteras

La exploración de las canteras se programó para investigar a la mayor profundidad posible con el mejor detalle, buscando detectar el techo de roca de la cantera. Luego de realizada la primera Tomografía Sísmica prevista, se concluyó que el método no dio los resultados esperados. Por lo tanto se realizaron Tomografías Eléctricas (TE) de Alta Resolución, con varias configuraciones electródicas a los efectos de elegir la más adecuada.

La configuración Wenner Schlumberger 2 fue la que dio mejores resultados, por lo tanto fue la que se utilizó en todas las mediciones. Se identificaron las zonas de las canteras con rellenos y el techo de roca.



Figura 6: estudios de tomografía eléctrica

En la mayoría de las TE se detectaron capas que evidencian una alta contaminación. La falta de respuesta en el estudio de refracción sísmica, evidencia un subsuelo en estado cercano a la licuefacción, (se comporta casi como un líquido).

Hay pozos que describen lodos negros producto de descomposición de materia orgánica. Se encontraron algunas capas de resistividad bajísima que coinciden con esa realidad.

Posteriormente, a los efectos de determinar y confirmar la conformación del subsuelo y la napa freática, se realizaron 4 perforaciones complementarias en el predio. Se pudo comprobar presencia de gas metano en la perforación B.



Figura 7: perforaciones complementarias

La determinación de los perfiles permitió confirmar y establecer la conformación de las canteras originales que fueron rellenas con el material de descarte y su uso como vertederos de residuos.

Los rellenos han madurado y se han convertido en lodos con alto contenido de materia orgánica y agua. También existe gas metano en el subsuelo.

No se pudo confirmar la hipótesis de que existan zonas estables entre las canteras estimadas de acuerdo a las fotografías aéreas históricas.

Para realizar la caracterización de la permeabilidad y estructura del suelo superficial se tomó como referencia las dos canchas de fútbol y las 5 áreas delimitadas como canteras antiguas rellena de residuos domiciliarios e industriales. Se tomaron 58 muestras superficiales con un que definieron 5 zonas de suelo superficial en el predio.

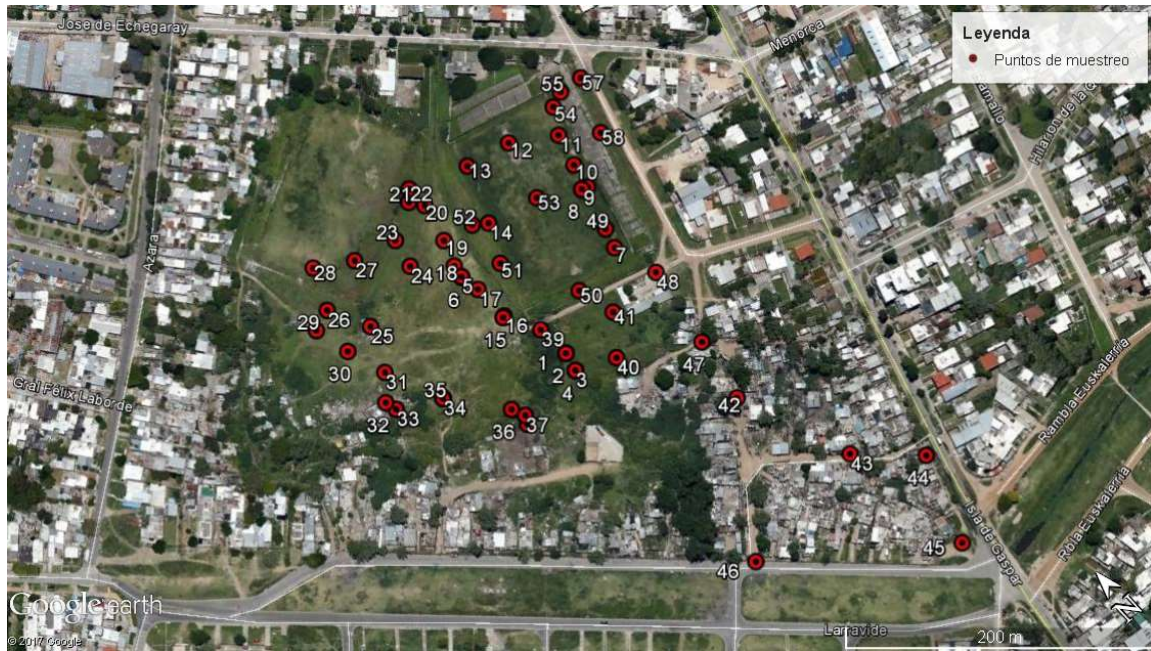


Figura 8: muestreo de suelo superficial

Todas las muestras presentaron una alta concentración de arcilla. Es posible que los horizontes A (con materia orgánica humificada) fueron utilizados para otros fines y luego se esparcieron sobre las canteras de residuos las fracciones de los horizontes B texturales (característicos de esta zona) o C superficiales, con alta concentración de arcillas.

Se encontró una buena y muy buena permeabilidad en las zonas altas. Esto permite el crecimiento de una flora de alto porte, sin peligro de caídas de árboles (en las zonas no pertenecientes a las canteras profundas).

4.3 Determinación del Ciclo Hidrológico (Resultado 1.3)

El análisis hidrológico del predio se basó en el estudio de la topografía del terreno para establecer la tendencia general del escurrimiento superficial e identificar zonas de flujo hidráulico con comportamiento singular. Se determinó un sector apropiado para la recepción y el tratamiento de la totalidad de las aguas de escurrimiento superficial del predio.

La topografía del terreno se caracteriza por tener una zona relativamente alta, separada del resto por un barranco de 6m de altura máxima. En la zona alta se ubican las canchas, donde el terreno presenta terraplenes que conforman barreras hidráulicas y depresiones que contribuyen a la anegación del suelo. La zona baja presenta pendiente suave y uniforme, con caída hacia el sur y este. El punto más bajo del terreno se sitúa sobre su vértice sur, en la intersección de las calles Larravide e Isla de Gaspar. En esa esquina se cruza con el arroyo Malvín.

La hidrografía del predio no presenta cursos de agua. En la zona baja se identifica una depresión del terreno donde el agua tendería a acumularse por ser un sector relativamente bajo y sin vías de salida, propiciando el confinamiento, que en los estudios antecedentes se identifica como "Bañado":



Figura 9: hidrología general del predio

Se estima que la depresión posee 1.000m² de superficie y profundidad máxima de 1,50m. A priori no se percibe como una zona compleja en relación a su drenaje pluvial. A partir de la interpretación cromática y de curvas de nivel del modelo de terreno, se puede zonificar el predio en regiones diferenciadas por su patrón de escurrimiento.

4.4 Zonificación de las aptitudes para construcciones y uso recreativo (Resultado 1.4)

El subsuelo del predio estudiado posee características muy particulares, por tratarse de una cantera que fue rellena con materiales heterogéneos y luego cubierta por sedimentos arcillosos muy poco permeables. Estos rellenos han madurado y se han convertido en lodos con alto contenido de materia orgánica y agua.

También existe gas metano en el subsuelo, motivos que aumentan la complejidad de la interpretación detallada de las Tomografías REMI 2D.

Como antecedente directo, es conveniente señalar que previamente se realizaron estudios sísmicos de refracción en el predio, que no fueron interpretables debido a que los materiales subyacentes al relleno superficial "absorben" las ondas sísmicas generadas V_p . En esta etapa, buscando ampliar la gama de frecuencias sísmicas prospectadas se usaron registros activos y pasivos de ondas V_s .

En el informe ANEXO 2 se presenta la interpretación realizada por el Dr. Satish Pullammanappallil trabajando en forma interactiva con Proingeo S.A.

Para determinar con mayor precisión la estabilidad del subsuelo a los efectos de definir tipologías y tecnologías constructivas, en caso de considerarse proyecto de construcción de obras civiles en el área estudiada, se realizaron 10 perfiles sísmicos de ondas V_s .

Estos perfiles sísmicos fueron analizados como REMI 2D, interpretación de ondas sísmicas superficiales de Rayleigh, obteniéndose V_s (velocidad de la onda de corte), lo que da como resultado una estimación de la rigidez del subsuelo en función de la profundidad.

A partir de los resultados de estas tomografías REMI 2D es posible calcular parámetros elásticos dinámicos para tener en cuenta en los trabajos de movimientos de suelos y sobre todo en proyectos de construcción.

Las velocidades de las ondas de compresión V_p obtenidas son muy bajas para la capa superficial y disminuyen entre ésta y la roca. Las velocidades de la onda de corte V_s muy bajas son compatibles con los suelos en estado de licuefacción o similares.

De acuerdo a la complejidad que existe en el subsuelo del predio, para asegurar los resultados se consultó al Dr. Satish Pullammanappallil (autoridad mundial en estudios de ondas V_s y desarrollador del principal software tomográfico, SeisOpt@REMI 2D) con quien se trabajó interactivamente en la interpretación de los resultados que se adjuntan, considerados muy satisfactorios.

Los resultados de las Tomografías REMI 2D son correlacionables con los estudios previos y antecedentes del lugar.

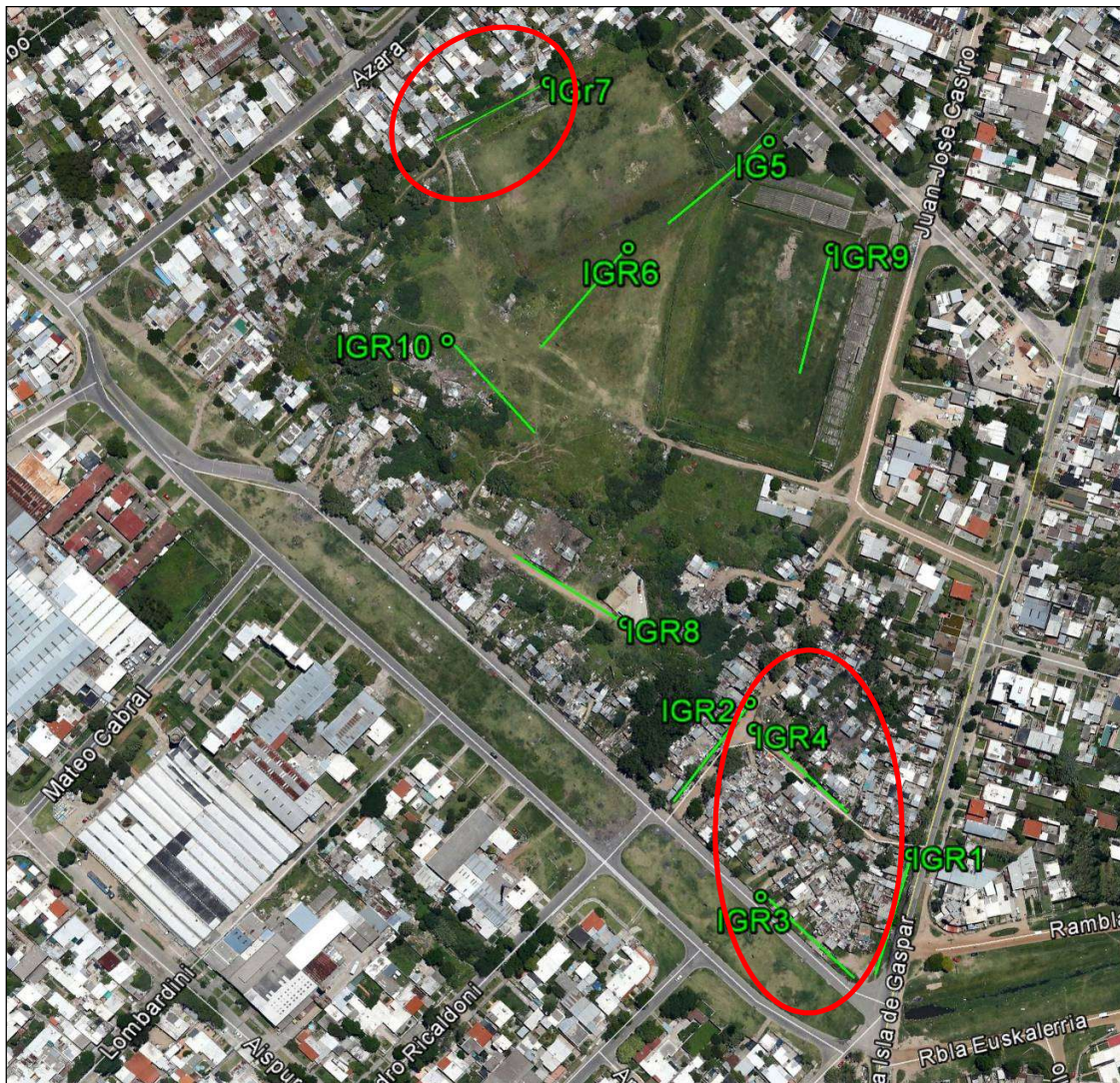


Figura 10: Estudios complementarios de tomografías REMI

Las Tomografías REMI 2D que muestran mayor estabilidad en el subsuelo son las correspondientes a los sitios IGR3, IGR4 y parte de la IGR7 (zonas enmarcadas en óvalos rojos)

El resto de las Tomografías muestran evidencias de inestabilidad en el subsuelo, y no es posible asegurar zonas de estabilidad tampoco entre las posibles configuraciones de las canteras estimadas a partir del análisis de fotos históricas del predio.

En caso de pretender construir en el predio, estos resultados deberán ser evaluados por técnicos con experiencia en subsuelos similares.

4.5 Identificación y caracterización de contaminantes (Resultado 2.1)

Teniendo en cuenta los usos históricos del suelo (vertedero de residuos) y algunas de las actividades presentes (quema de cables), además de los estudios analíticos ya realizados en el predio (antecedentes), se buscaron aquellos contaminantes que pueden estar presentes en la actualidad: Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Hg, hidrocarburos totales de petróleo (TPH), fracción diesel y gasolina de los hidrocarburos (GRO-DRO), hidrocarburos aromáticos polícíclicos (PAHs), compuestos fenólicos discriminados (incluyendo pentaclorofenol), compuestos orgánicos clorados:



Figura 11: Presencia de metales pesados en el suelo

La información histórica de "Caracterización de suelos y rellenos en el Asentamiento Isla de Gaspar" elaborado para el PIAI (2007) y otras fuentes, indicaban presencia en el entorno del predio en diferentes momentos de industrias, vertimientos cloacales no controlados y actividades de reciclaje en el terreno a estudio.

- Todos los valores de compuestos orgánicos se encuentran por debajo de la norma.
- No se encontró presencia de Hg en las muestras realizadas en superficie y en los pozos realizados.
- Se encontraron valores altos (**rojo**) de plomo, cobre y cromo en el punto E1 y de cobre en el punto J2.
- Se encontraron valores intermedios (**amarillo**) de plomo, cobre, zinc, cadmio y cromo en el punto A1, E1, E3, E4, J1, J2, J3 y J4

4.6 Evaluación del riesgo por exposición a contaminantes (Resultado 2.2)

De acuerdo a los hallazgos del muestreo inicial, en este informe se tuvo en cuenta la peligrosidad de la sustancia involucrada, la dosis y el tiempo de exposición de los siguientes contaminantes:

1. Plomo
2. Cromo
3. Cobre

La intoxicación por plomo afecta casi todos los órganos y sistemas del cuerpo.

La exposición por tiempo prolongado determina en niños alteraciones neurológicas y neuro comportamentales, así como en el neurodesarrollo y una disminución del nivel intelectual, crecimiento lento y una menor estatura. La intoxicación en adultos fundamentalmente en el área ocupacional puede generar cuadros denominados saturnismo.

No existen dosis de referencia para plomo, por consiguiente, para definir su probabilidad de riesgo, se considera utilizar el valor de 250 mg/kg en suelo para uso recreacional.

La mayor repercusión en la salud en población expuesta a Cr involucra a las vías respiratorias. Estos efectos incluyen irritación del revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, dificultad respiratoria (asma, tos, disnea). Se describe en trabajadores expuestos alergias a compuestos de cromo.

Las concentraciones de cromo en el aire que pueden producir estos efectos pueden ser diferentes para los diferentes tipos de compuestos de cromo. Así, estos efectos ocurren con concentraciones de cromo (VI) mucho más bajas que de cromo (III). No hay establecida una dosis letal media en seres humano para este agente.

La exposición por vía inhalatoria a polvos conteniendo Cu puede ocasionar signos de irritación de la mucosa respiratoria superior con ardor nasal, tos y odinofagia. Las manifestaciones de exposición dérmica u ocular están dadas por irritación de grado variable, pudiendo causar dermatitis de contacto e inflamación ocular, reversible luego de cesada la exposición.

Ante exposición crónica, el daño está referido fundamentalmente al efecto irritativo repetitivo sobre piel y mucosas. Dermatitis de contacto de tipo eczema irritativo puede ocurrir en trabajadores expuestos. La EPA considera a las sales de cobre en el grupo D: No clasificable como cancerígeno. No hay evidencia de efecto teratogénico.

4.7 Plan de mejora de las aptitudes de uso y mejora de estabilidad del predio (Resultado 3.1)

Para mejorar las aptitudes y estabilidad del predio, se deberá captar la totalidad del escurrimiento del predio y realizar obras de conexión entre las áreas que no escurren de forma natural hacia el sur del predio: las zonas Cancha Albión y Vértice Norte.

También deberán implementarse vías de drenaje a la zona de "Bañado". Se propone la recolección de las aguas en el vértice sur del predio, en la intersección de las calles Larravide e Isla de Gaspar, hacia donde escurren de forma natural el 70% de las aguas superficiales del predio. Este sector también posee la ventaja de situarse inmediato al arroyo Malvín, pudiendo ser ese curso el receptor de las aguas. La topografía del terreno posibilita el vertido hacia el arroyo por gravedad.



Figura 12: propuesta de canalización de pluviales

Se considera propicia la acumulación de los escurrimientos en el vértice sur del predio por tratarse de la zona más baja del terreno y hacia donde escurren gran parte de las aguas (el 70% del área total). Este sector también posee la ventaja de situarse inmediato al arroyo Malvín, pudiendo ser ese curso el receptor de las aguas, siempre y cuando las mismas fueran de calidad apta para verter a corriente de agua.

Aunque existe en el predio material proveniente de las canteras originales que podría ser reusado para procesos de nivelación y/o cubierta de superficies, no fue posible localizar material sin mezcla de residuos de relleno de las canteras. Las condiciones de inestabilidad del terreno no permiten tareas profundas de movimiento de tierra y/o reuso de los materiales existentes en el predio.

4.8 Plan de remediación integrado del predio (Resultado 3.2)

Se detectaron puntos de muestreo con valores intermedios (zona amarilla) y altos (zona roja) para algunos de los metales pesados analizados (Pb, Cu, Cr), según los estándares usados como referenciales de la EPA-Canadá.

- No existe contaminación del predio con contaminantes orgánicos (todos los valores se encuentran por debajo de la norma EPA-Canadá) y la concentración de contaminantes metálicos (Pb, Cr, Ni, Zn, Cu) en general es baja.
- Las muestras analizadas sobre el cantero de la calle Larravide no presentaron valores de metales pesados por encima de los estándares considerados.
- Tampoco se comprobó niveles significativos de Hg en las muestras superficiales y profundas analizadas.



Figura 13: Mapa de riesgos (contaminación del suelo por metales pesados)

Para lograr una inmovilización significativa de los metales pesados presentes Pb, Cr, Cu (zona roja), se propone una enmienda con estabilizantes. (encalado, carbón vegetal y apatita natural)

La aplicación de fosfato-apatita es un procedimiento de bajo costo, que ha sido aplicada exitosamente por la Intendencia de Montevideo en diversas áreas urbanas contaminadas con plomo, inclusive en parte del predio estudiado.

Para metales como el Cu, el fosfato-apatita ha demostrado tener un efecto biorremediador más sostenido que las otras opciones de enmiendas.

Por otra parte el Pb y el Zn precipitan formando compuestos fosfatados que son de muy insolubles en un amplio rango de pH del suelo, previniendo su lixiviación.

Deben mezclarse íntimamente los primeros 30 cm de suelo con el mineral de fósforo en una tasa de 2% en peso equivalente a 20 Kg /m² de suelo para la profundidad planteada. Esto supone (en caso de que se decida una remediación de la totalidad de la zona contaminada por encima del estándar) unas 12 toneladas de mineral de fósforo.

Una estrategia de fitoestabilización asistida en las áreas con niveles medios de metales pesados (zona amarilla), mejora las propiedades fisicoquímicas, el contenido de nutrientes y la actividad microbiana del suelo mediante el agregado de enmiendas orgánicas como el compost.

El compost puede ser originado desde una gran variedad de materiales, incluyendo materiales orgánicos provenientes de desechos producidos por población urbana como residuos municipales sólidos (residuos domiciliarios), residuos vegetales (desechos de jardines, rastrojos), biosólidos (lodo de aguas residuales), entre otros.

El compost procesado a partir de biosólidos tiene una aplicación limitada en base a las cargas permisibles de oligoelementos presentes en el suelo.

La dosis a aplicar en el predio de Isla de Gaspar depende de los parámetros fisicoquímicos del suelo. En caso de suelos empobrecidos se puede llegar a aplicar una dosis de hasta 20 toneladas de compost por hectárea de suelo contaminado por año.

Tratamiento de escurrimientos superficiales

Todos los escurrimientos superficiales del predio deberán ser conducidos hacia la esquina más baja, en la intersección de Larravide e Isla Gaspar, donde pasarán a través de un humedal artificial del tipo wetland-SFS.

Los SFS (Sistema de Flujo Subterráneo) son también llamados humedales artificiales porque simulan el funcionamiento de un humedal, pero diseñado para los requerimientos precisos del efluente a depurar.

Un SFS consiste en un canal impermeabilizado relleno con un sustrato de piedras partidas en el que se siembran las plantas emergentes (totoras).

En el SFS el flujo es subterráneo (no hay olores ni riesgos para la salud) y la eficiencia en la remoción de contaminantes orgánicos supera el 90%.

Son sistemas de bajo mantenimiento, sin suministro de energía eléctrica ni dependencia de insumos de ningún tipo.

Los principales mecanismos de depuración de efluentes por parte de los sistemas de tratamiento basados en plantas emergentes se pueden sintetizar en:

- Eliminación de sólidos en suspensión por retención física en el substrato, en los rizomas y en las raíces.
- Eliminación de materia orgánica retenida en el substrato, por acción de la microflora acompañante y por adsorción de las partículas de arcilla del substrato.
- Eliminación de nitrógeno por absorción directa, desnitrificación microbiana y volatilización de amoníaco.
- Eliminación de fósforo por absorción directa, por adsorción a las partículas de arcilla y por precipitación de fosfatos insolubles.
- Eliminación de microorganismos patógenos debida a la acción de antibióticos producidos por las raíces de las plantas, a la transferencia de oxígeno hacia la zona de las raíces y a otras modificaciones del microhábitat radicular.

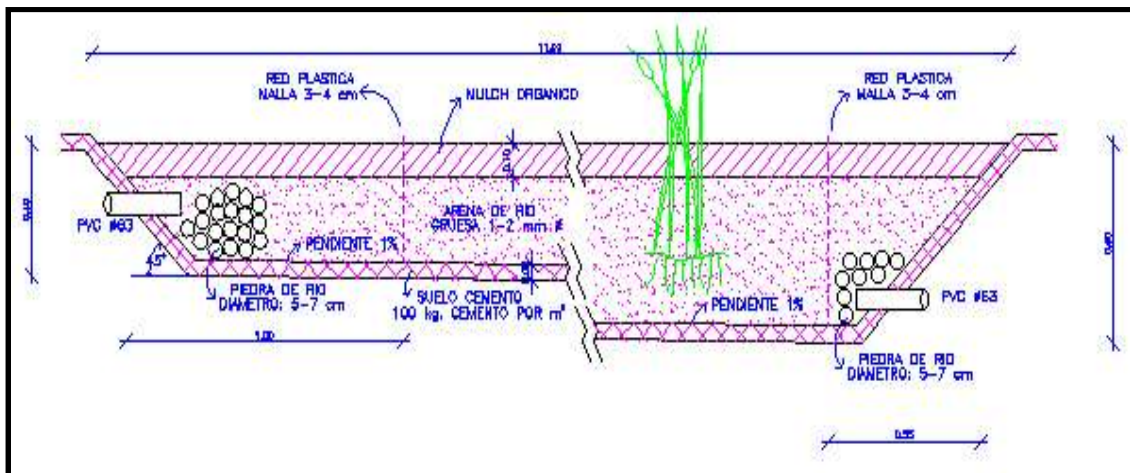


Figura 14: Esquema de un sistema de tratamiento SFS

El SFS (canal con plantas) recibirá como efluente la conducción de los arrastres superficiales de todo el predio ($\text{DBO} \leq 100 \text{ mg/l}$) y la carga orgánica a la salida será $\leq 30 \text{ mg/l}$; cumpliendo sobradamente los estándares legales de Uruguay.

El canal tendrá una profundidad media de 0,50 m debido a la profundidad de enraizamiento de las plantas emergentes del género *Typha sp.*, que han demostrado ser las más adecuadas para este tipo de sistemas en Uruguay; se impermeabilizará con membrana y se rellenará de piedras de diámetro aproximado de 3 cm.

En el lecho de piedra se sembrarán las plantas emergentes (de 2 a 4 / m^2) y se comenzará a hacer circular el efluente. El efluente depurado tendrá calidad para ser almacenado y reusado en riego de jardines o vertido a curso de agua.



Figura 15: Construcción de un sistema natural SFS

Para este tipo de Sistemas (SFS) el diseño se sustenta en la estimación del área superficial necesaria para el canal.

La determinación del Área superficial (A_s) se puede expresar mediante la siguiente ecuación: $A_s = Q (\ln Co/Ce) Kt.d.n$, en la que se relaciona al caudal de entrada (Q) con el logaritmo neperiano de la relación entre la carga orgánica de entrada y la carga orgánica esperada a la salida del SFS ($\ln Co/Ce$).

4.9 Definición de condiciones de aptitud para usos recreativos (Resultado 3.3)

El subsuelo del predio estudiado posee características muy particulares, por tratarse de una cantera que fue rellena con materiales heterogéneos y luego cubierta por sedimentos arcillosos poco permeables. Estos rellenos han madurado y se han convertido en lodos con alto contenido de materia orgánica y agua. También existe gas metano en el subsuelo.

Los estudios geofísicos indican que el subsuelo se encuentra en un estado cercano a la licuefacción y que los subsuelos más estables se encuentran próximos a la intersección de la calle Larravide con Isla de Gaspar. No se recomienda el movimiento de suelo.

El suelo superficial arcilloso es el que mantiene la estabilidad del terreno, estabilizando el lodo subterráneo. También son relativamente estables los senderos existentes, por lo que se recomienda su uso como tales.

En el caso de querer incorporar equipamientos pesados (multicanchas, gradas, etc.), se recomienda el estudio particular del sitio.

Los estudios indican que hay dos zonas de contaminación alta y dos áreas mayores de contaminación media. Para los dos casos, la recomendación es la aplicación de fitoestabilización asistida. Lo importante de este método es que su aplicación requiere de acondicionar el suelo y de incorporar vegetación sin restricción ninguna.

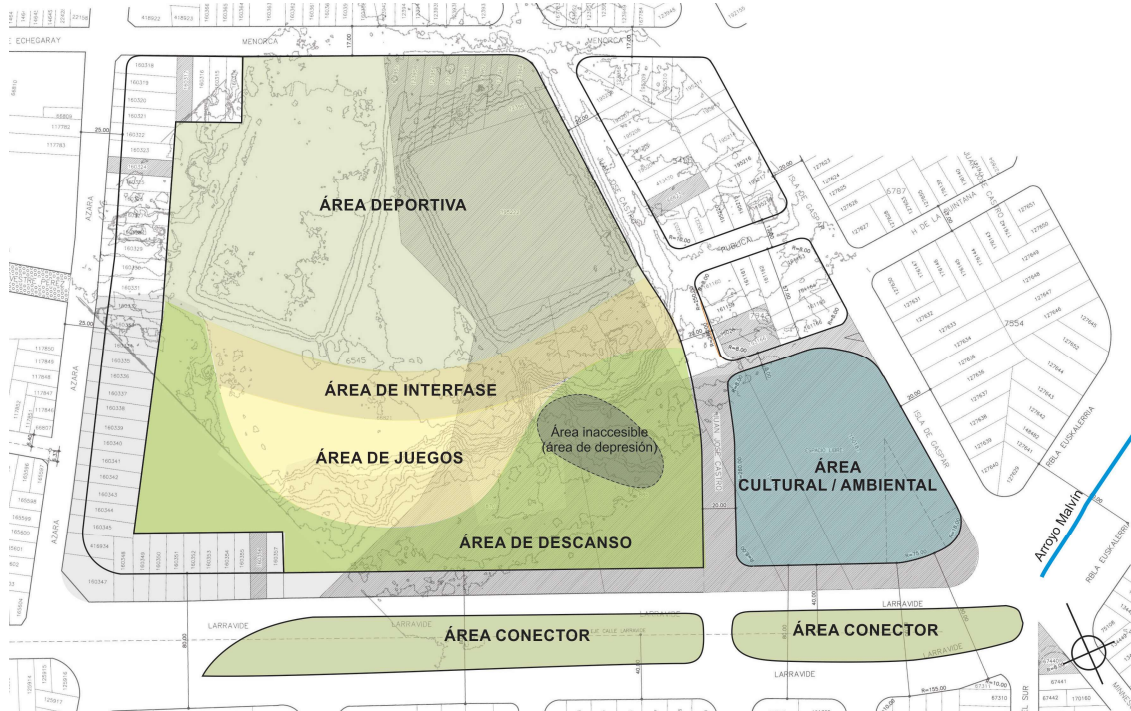
La propuesta de zonificación responde a las condiciones generales de estabilidad, al mapa de riesgos de contaminación por metales pesados y a los resultados obtenidos en las consultas y entrevistas realizadas en la zona y en el área de influencia y a las preexistencias (clubes deportivos, árboles, senderos).

Con respecto a lo que se espera del espacio público a ubicarse en el área de estudio, las principales instalaciones y actividades referidas son: canchas deportivas, juegos para niños, gimnasios al aire libre y pistas de skate. También se esperan áreas de pic-nic, así como áreas de descanso, y áreas de césped limpias y cuidadas.

El 44% de los consultados entiende que el espacio a proyectar debe de fomentar el deporte y las actividades culturales. El principal público que tiene que atender es a niños, jóvenes y adolescentes.

Para la zonificación también se tienen en cuenta los parques, referentes de aspectos formales, que considera la Intendencia.

Figura 16: Propuesta de Zonificación (esquema):



CENTRO CULTURAL / AMBIENTAL

El Centro Cultural / Ambiental se propone como centro de visitantes del Parque Isla de Gaspar, donde se realizan actividades culturales y de educación ambiental.

Se aprovecha esta área no sólo para su funcionalidad de tratamiento del agua de escurrimiento, también permite la concientización de la sociedad, sobre la importancia del agua dulce y su calidad. Un centro de educación ambiental donde se pongan en valor la función del sistema natural así como la historia del parque y su recuperación ambiental.

Esta área también se propone como centro cultural, como centro de actividades artísticas como danza, pintura, literatura, etc., donde se desarrollen actividades de exposiciones y enseñanza.

ÁREA DEPORTIVA

Ubicada donde ya existen las canchas de fútbol. Se sugiere restaurar la cancha de Huracán Fútbol Club y resignificar la cancha de Albion Football Club como primer club uruguayo dedicado a la práctica de fútbol. El área se puede complementar con otros equipamientos deportivos como gimnasios al aire libre y una multicancha.

ÁREA DE JUEGOS

El área de juegos se define para niños y adolescentes. Se ubica en el área intermedia del terreno, aprovechando el desnivel, para generar rampas o paredes para trepar, complementando con otros equipamientos como hamacas, subibajas y pista de skate.



ÁREAS DE DESCANSO

Ubicada en el área baja del terreno, a continuación de los juegos, para que los adultos puedan descansar sin dejar de observar a los niños, y áreas de descanso más alejadas de los juegos, para aquellos que visiten el parque sin niños.

Se propone un área parqueizada, potenciando y destacando los árboles preexistentes, complementando con arbustos y herbáceas. Se proponen áreas encespadas para poder transitar y usar.

Con respecto a las especies vegetales, se recomienda el uso de especies nativas y en caso de utilizar especies exóticas, que no sean de comportamiento invasor.

La utilización de especies nativas tiene como beneficio el bajo mantenimiento y la incorporación de fauna (en particular de aves).





ÁREA CONECTOR

Área que vincula el Parque Isla de Gaspar con el Parque Lineal Larravide.

Se sugiere equipamiento acorde a la escala urbana: ciclovías, sendas peatonales, estacionamientos de autos y bicicletas. Esta área se comporta como nodo del Parque Lineal Larravide y como acceso principal al Parque Isla de Gaspar.

Para que indique que en este punto del Parque Lineal sucede algo diferente al resto del Parque Lineal, la parquización propuesta para la parte baja de Parque Isla de Gaspar, se extiende hacia el cantero central, generando áreas de descanso de las actividades que se desarrollan en el eje Larravide.

ÁREA DE INTERFASE

Área eje de distribución y conexión de las distintas áreas del parque.

Es un Área donde también se pone en valor las amplias visuales del Parque y del barrio, generando áreas de descanso para su contemplación:



5 CONCLUSIONES

Objetivo 1

Determinación de condiciones de resistencia, deformabilidad y compresibilidad del suelo a los efectos de establecer zonas de estabilidad seguras, zonas recuperables y zonas no aptas para fundaciones y construcciones

En todo el área baja del predio se observó la presencia de residuos. Debajo de los arbustos y árboles, donde el acceso es dificultoso y los residuos se fueron acumulando, se han generado basurales endémicos. Hay especies vegetales interesantes como *Salix humboldtiana* (Sauce criollo), *Ficus sp* y algunos individuos de la especie *Phoenix canariensis* (Palmera), *Phytolacca dioica* (Ombú) y *Enterolobium contortisiliquum* (Timbó).

Existe una zona anegada de forma permanente y existen áreas que al llover mucho quedan anegadas en forma temporal.

Se realizó un relevamiento topográfico para establecer la tendencia general del escurrimiento superficial e identificar zonas de flujo hidráulico con comportamiento singular. La topografía del terreno muestra una zona relativamente alta, separada del resto por un barranco de 6m de altura máxima. En la zona alta se ubican las canchas, donde el terreno presenta terraplenes que conforman barreras hidráulicas y depresiones que contribuyen a la anegación del suelo. La zona baja presenta pendiente suave y uniforme, con caída hacia el sur y este. El punto más bajo del terreno se sitúa sobre su vértice sur, en la intersección de las calles Larravide e Isla de Gaspar. En esa esquina se cruza con el arroyo Malvín.

En el subsuelo, los trabajos de geofísica detectaron capas con una alta contaminación. La falta de respuesta en el estudio de refracción sísmica, mostró un subsuelo en estado cercano a la licuefacción (se comporta casi como un líquido). Las perforaciones complementarias identificaron residuos y lodos negros producto de descomposición de materia orgánica, con generación de gas metano.

Para determinar con mayor precisión la estabilidad del subsuelo a los efectos de definir tipologías y tecnologías constructivas, en caso de considerarse proyecto de construcción de obras civiles en el área estudiada, se realizaron 10 perfiles sísmicos de ondas Vs. Las nuevas tomografías mostraron evidencias de inestabilidad en el subsuelo, y no fue posible asegurar zonas de estabilidad, tampoco entre las posibles configuraciones de las canteras estimadas a partir del análisis de fotos históricas del predio.

En caso de pretender construir en el predio, estos resultados deberán ser evaluados por técnicos con experiencia en subsuelos similares y análisis de velocidades de ondas Vs.

El suelo superficial presentó una alta concentración de arcilla. Es posible que el horizonte A (con materia orgánica humificada) haya sido utilizado para otros fines y luego se esparcieron sobre las canteras de residuos las fracciones de los horizontes B texturales (característicos de esta zona) o C superficiales, con alta concentración de arcillas.

Objetivo 2

Evaluación del riesgo toxicológico de exposición a la contaminación del suelo.

Se realizaron análisis de contaminantes en el área teniendo en cuenta los usos históricos del suelo (vertedero de residuos) y algunas de las actividades presentes (quema de cables), además de los estudios analíticos ya realizados en el predio (antecedentes).

Los valores de compuestos orgánicos se encuentran por debajo de la norma y no se encontró presencia de Hg en las muestras realizadas en superficie y en los pozos.

Se encontraron valores altos de plomo, cobre y cromo en un punto (sobre la calle Azara) y de cobre en otro punto (sobre la calle Isla de Gaspar).

Se encontraron valores intermedios de plomo, cobre, zinc, cadmio y cromo según los estándares usados como referenciales de la EPA-Canadá en varios puntos, conformando una franja en la zona más baja del terreno.

1. La intoxicación por plomo afecta casi todos los órganos y sistemas del cuerpo. La exposición por tiempo prolongado determina en niños alteraciones neurológicas y neuro comportamentales, así como en el neurodesarrollo y una disminución del nivel intelectual, crecimiento lento y una menor estatura. La intoxicación en adultos fundamentalmente en el área ocupacional puede generar cuadros denominados saturnismo.
2. La mayor repercusión en la salud en población expuesta a Cr involucra a las vías respiratorias. Estos efectos incluyen irritación del revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, dificultad respiratoria (asma, tos, disnea). Se describe en trabajadores expuestos alergias a compuestos de cromo.
3. La exposición por vía inhalatoria a polvos conteniendo Cu puede ocasionar signos de irritación de la mucosa respiratoria superior con ardor nasal, tos y odinofagia. Las manifestaciones de exposición dérmica u ocular están dadas por irritación de grado variable, pudiendo causar dermatitis de contacto e inflamación ocular, reversible luego de cesada la exposición.

De acuerdo al informe toxicológico y con la información de los análisis de suelo, se determinaron dos áreas de riesgo alto (rojo) y riesgo moderado (amarillo) para elaborar un Mapa de Riesgos que guíe futuros trabajos de remediación y zonificación para usos futuros del predio

Objetivo 3

Identificación, desarrollo y propuesta de medidas preventivas y/o correctivas (remediación) del área para definir aptitudes futuras de uso como espacio público abierto de uso recreativo seguro

Para lograr una inmovilización significativa de los metales pesados presentes Pb, Cr, Cu (zona roja), se propone una enmienda con estabilizantes. (encalado, carbón vegetal y apatita natural)

La remediación efectiva del predio supone (en caso de que se decida una remediación de la totalidad de la zona contaminada por encima del estándar) unas 12 toneladas de mineral de fósforo.

Por otra parte, la estrategia de fitoestabilización asistida en las áreas con niveles medios de metales pesados (zona amarilla), mejora las propiedades fisicoquímicas, el contenido de nutrientes y la actividad microbiana del suelo mediante el agregado de enmiendas orgánicas como el compost. La dosis de compost a aplicar en el predio de Isla de Gaspar depende de los parámetros fisicoquímicos del suelo. En caso de los suelos más empobrecidos que se decida enjardinar, se puede llegar a aplicar una dosis de hasta 20 toneladas de compost por hectárea de suelo contaminado por año.

Todos los escurrimientos superficiales del predio deberán ser conducidos hacia la esquina más baja, en la intersección de Larravide e Isla Gaspar, donde pasarán a través de un humedal artificial del tipo wetland-SFS.

La propuesta de zonificación responde a las condiciones generales de estabilidad, al mapa de riesgos de contaminación por metales pesados y a los resultados obtenidos en las consultas y entrevistas realizadas en la zona y en el área de influencia y a las preexistencias (clubes deportivos, árboles, senderos). La propuesta de zonificación se detalla en el ítem 4.9: "*Definición de condiciones de aptitud para usos recreativos (Resultado 3.3)*" e incluye la definición de áreas específicas de conformación de un parque:

- Centro Cultural Ambiental
- Área Deportiva
- Área de Juegos
- Áreas de descanso
- Área Conector
- Área de Interfase

Para el seguimiento y evaluación de las medidas adoptadas, en el **ANEXO 1** se presenta una metodología de Evaluación de Desempeño Ambiental – EDA (basada en la Norma Internacional ISO 14031) que ha demostrado ser eficaz al aplicarla en una escala territorial para dar seguimiento a los aspectos socio-ambientales.

Se seleccionan tres niveles de indicadores para evaluar de forma integrada el esfuerzo de gestión realizado, el resultado de ese esfuerzo en las emisiones al ambiente, y la calidad ambiental en relación al aspecto socio-ambiental evaluado.

ANEXO 1: Elementos para un plan de monitoreo y seguimiento socio-ambiental de la recuperación de predio de Isla de Gaspar

1. Premisas del plan de monitoreo y seguimiento:

1.1. La IM realiza Planificación Estratégica de los territorios de alta complejidad (como lo es Isla de Gaspar). El seguimiento de esta planificación implica:

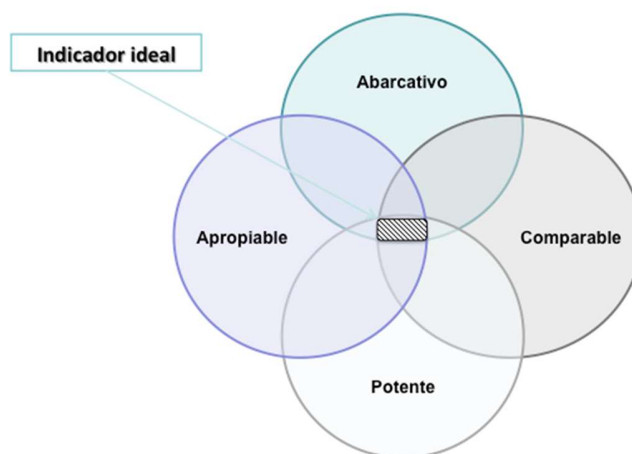
- Evaluación permanente de escenarios
- Monitoreo participativa y apropiable
- Evaluación abierta y flexible
- Una hoja de ruta más que un manual

1.2. El proceso de seguimiento debe permitir sistematizar las experiencias de gestión para mejorar su aplicación en otros espacios recuperados de la ciudad:

- Corregir el monitoreo y corregir la gestión
- Metodología rigurosa
- Usar información existente
- Aprender de experiencias internacionales

1.3. Se seleccionarán indicadores adecuados para dar seguimiento a la recuperación socio-ambiental de Isla Gaspar, intentando que cumplan con cuatro características que los aproximarán al indicador ideal:

- Abarcativos: representativos de gran cantidad de información, que el parámetro medido, aporte información de otros parámetros asociados.
- Apropiable: accesibles, sencillos y fáciles de comprender por personas sin formación técnica específica.
- Potentes: que aporten información relevante para el desempeño ambiental de cada Plan o Programa y de la evolución del entorno.
- Comparables: usados internacionalmente, ampliamente difundidos, aceptados y estandarizados en distintos contextos.



2. Metodología de Seguimiento y Evaluación

La metodología de Evaluación de Desempeño Ambiental – EDA (basada en la Norma Internacional ISO 14031) ha demostrado ser eficaz al aplicarla en una escala territorial para dar seguimiento a los aspectos socio-ambientales. Este procedimiento metodológico propone que para cada Aspecto Socio-ambiental Significativo (*elemento de las actividades actuales o pasadas desarrolladas en la zona, con capacidad de provocar daños irreversibles al ambiente y a las personas*) se seleccionen tres niveles de indicadores, para evaluar de forma integrada el esfuerzo de gestión realizado, el resultado de ese esfuerzo en las emisiones al ambiente, y la calidad ambiental en relación al aspecto socio-ambiental evaluado.

Los tres niveles de indicadores que se deben adoptar para desarrollar la evaluación se pueden resumir en:

- **ID-g** Indicadores de Desempeño de Gestión: Miden el esfuerzo realizado para controlar el Aspecto Socio-ambiental significativo.
- **ID-o** Indicadores de Desempeño Operacionales: Miden el resultado de prevención y control obtenido por el esfuerzo de gestión, que se midió con el indicador anterior.
- **ICA** Indicadores de Calidad Ambiental: Miden el estado del ambiente (línea de base) para el aspecto socio-ambiental evaluado.

El siguiente esquema muestra los tres niveles de indicadores propuestos por la Norma ISO 14031:

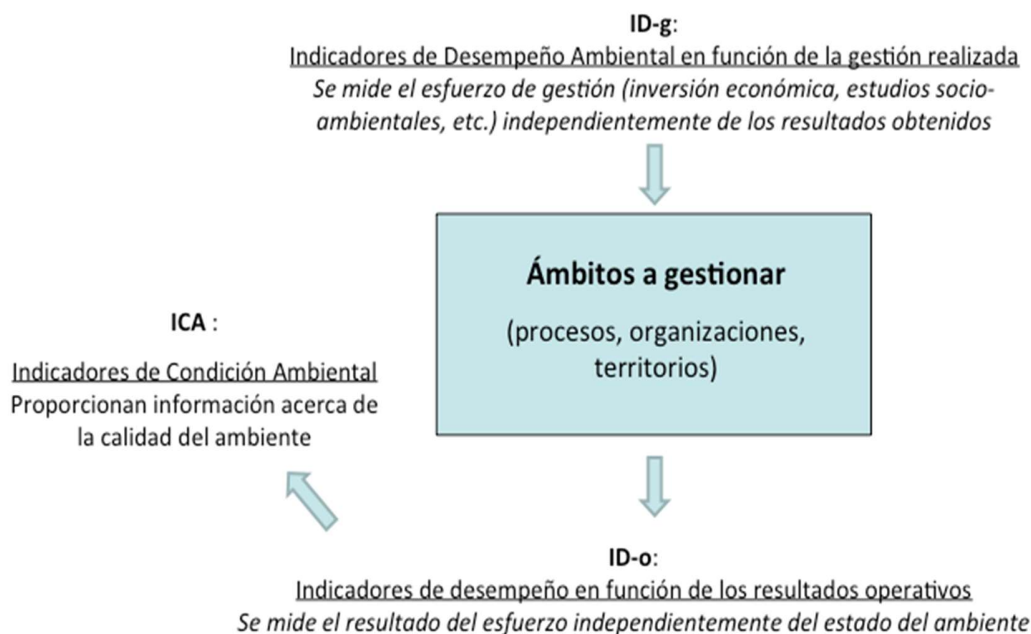
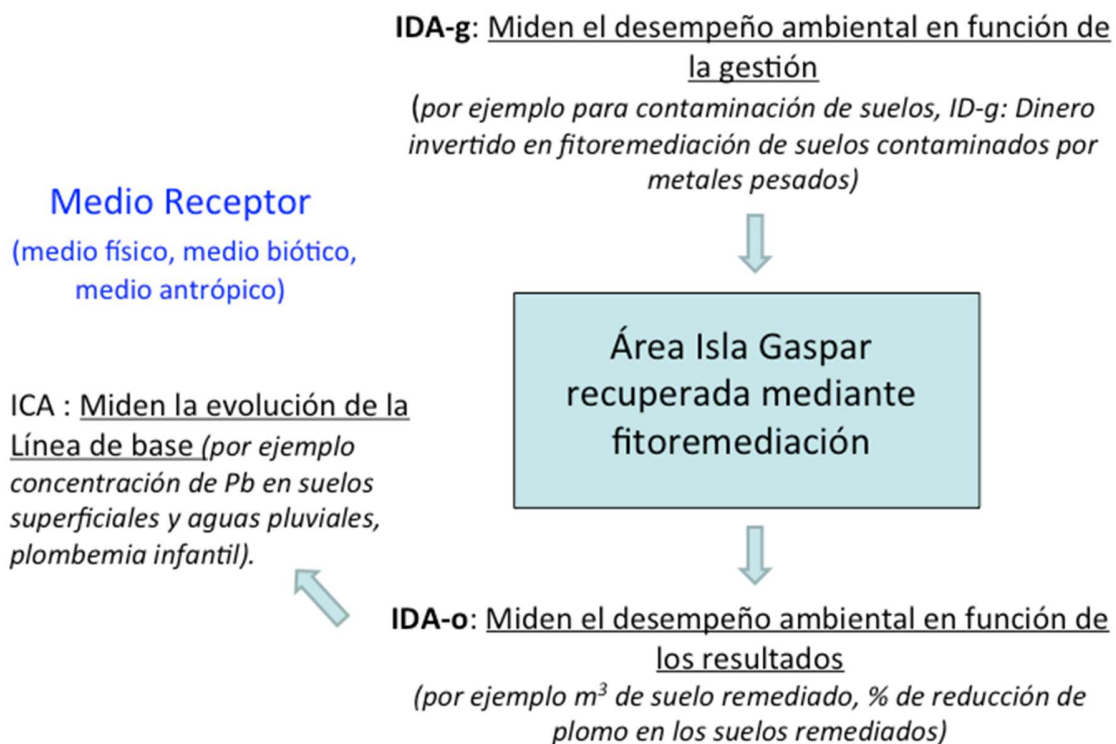


Figura 17: Esquema de los niveles de indicadores propuestos

La Intendencia Montevideo ha adoptado con anterioridad esta metodología para dar seguimiento a proyectos de gestión socio-ambiental en contextos de alta complejidad (*Elaboración de un Relevamiento y Análisis de Recomendaciones para la Cuenca del Pantanoso en el marco de la operación RG-T-2018*); que constituye un antecedente para la trazabilidad y seguimiento de resultados.

La metodología EDA aplicada al monitoreo del proyecto de recuperación de Isla Gaspar implica la selección de al menos tres indicadores para cada aspecto socio-ambiental significativo. En el siguiente esquema se muestra a modo de ejemplo su aplicación a la fitorremediación de suelos contaminados con plomo:



3. Selección de indicadores

Los resultados de este estudio se pueden agrupar en tres condiciones ambientales que requieren gestión y seguimiento:

- Contaminación por metales pesados
- Contaminación orgánica
- Inestabilidad del suelo

Se recomienda el siguiente conjunto de indicadores para evaluar en forma permanente la eficacia de las medidas de intervención propuestas en este estudio y para evaluar la evolución de las condiciones ambientales del área de estudio.

En base a la metodología recomendada (ISO 14031) los indicadores se agruparán en tres niveles para cada Aspecto Socio-Ambiental Significativo (ID-g, ID-o e ICA):

Condición Ambiental Significativa	ID-g		ID-o	ICA
1. Contaminación con metales pesados (por pasivos y lixiviación de basura)	Zonificación y definición de usos	Fitorremediación asistida	- M ² de suelo remediados. - % de reducción de contaminantes.	Metales pesados en vertido de pluviales
2. Contaminación orgánica (por aguas cloacales).		Conducción y tratamiento de pluviales (wetland-SFS)	- Caudal de pluviales canalizado. - % de reducción de carga orgánica	DBO y Coliformes fecales en vertido de pluviales
3. Inestabilidad del suelo (por información REMI y perforaciones)		Tipologías y estándares de construcción	- Número de intervenciones de tipologías sugeridas	Informes de estabilidad de construcciones

3.1. Descripción de indicadores:

ID-g general:

Como se ve en la atabla anterior, la zonificación ambiental y la definición de usos prioritarios será una medida de planificación territorial abarcativa de las tres condiciones ambientales significativas.

El primer indicador de desempeño de gestión (ID-g) consistirá en verificar que una propuesta de zonificación haya sido aprobada e implementada por la IMM.

A partir de ahí se utilizarán indicadores específicos para cada condición ambiental significativa.

Contaminación por metales pesados:

ID-g

- Diseño y ejecución de un proyecto específico de fitorremediación asistida in situ, en las dos áreas del predio con mayores niveles de contaminación por metales pesados.

ID-o

- Superficie de suelo recuperada por la ejecución del proyecto de fitoremediación.
- % de reducción de metales pesados en los dos sitios remediados.

ICA

- Concentración de metales pesados en los escurrimientos superficiales, medidos en el punto de vertido de pluviales a la red de alcantarillado.

*Contaminación orgánica:***ID-g**

- Diseño y ejecución de proyecto de conducción de pluviales y tratamiento en un humedal construido del tipo wetland-SFS.

ID-o

- Eficacia en la canalización de pluviales y otros escurrimientos superficiales.
- % de reducción de DBO₅ y coliformes fecales en las aguas tratadas mediante el humedal artificial.

ICA

- DBO₅ y coliformes fecales en los escurrimientos superficiales, medidos en el punto de vertido de pluviales a la red de alcantarillado.

*Inestabilidad del suelo:***ID-g**

- Aprobación por parte de la IMM de estándares y tipologías constructivas en función de las condiciones de estabilidad del suelo.

ID-o

- Número de intervenciones (canchas, calles, etc.) desarrolladas según los estándares aprobados.

ICA

- Informes técnicos del estado de conservación de cada intervención realizada en el predio.

Algunas herramientas de apoyo para la gestión de indicadores:

- GALLEGO I. El enfoque del monitoreo y la evaluación participativa (MEP): Batería de herramientas metodológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- ABBOT J. e Irene Guijt: Cambiando perspectivas para observar el cambio: enfoques participativos para monitorear el medio ambiente, documento de trabajo SARL no 2, IIED, Londres, 1998.
- Norma ISO 14031 (2000) Directrices para la Evaluación del Desempeño Ambiental. Organización Internacional de Estandarización.

ANEXO 2: REMI y Perforaciones



Proingeo s.a.

TOPOGRAFIA
GEOFISICA



Proingeo S.A.
Profesionales Intervinientes

Ing. Geodesta-Geofísico Orestes Cittadini
Lic. en Geología Daniel Abelenda
Ing. Geodesta-Geofísico Ruggiero Curcio

Contenido

1.- Objetivo de los trabajos.....	3
2.- Trabajos realizados	3
2.1 Estudios de Sísmica mediante Ondas Superficiales	3
2.2 Perforaciones de exploración.....	3
2.1 Estudios de Sísmica mediante Ondas Superficiales Vs.....	4
2.1.1 Introducción	4
2.1.2 Tareas de campaña	4
2.1.3 Equipamiento	5
2.1.4.- Ubicación de las Líneas sísmicas de ondas Vs prospectadas.....	7
Coordenadas de la ubicación de los registros sísmicos	8
3 INTERPRETACIÓN DE LOS REMI.....	9
Tomografía 1.....	10
Tomografía 2.....	10
Tomografía 3.....	11
Tomografía 4.....	11
Tomografía 5.....	12
Tomografía 6.....	12
Tomografía 7.....	13
Tomografía 8.....	13
Tomografía 9.....	14
Tomografía 10.....	14
Conclusiones	15
4 Perforaciones de exploración.....	16
Ubicación	16
Descripción de Pozo A	17
Descripción de Pozo B	18
Descripción de Pozo C.....	19
Descripción del Pozo D	20

1.- Objetivo de los trabajos

El presente informe detalla las actividades que hemos realizado en el predio de Isla de Gaspar en el marco del “PROGRAMA DE ASENTAMIENTOS IRREGULARES INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO”

El objetivo principal en esta etapa fue estudiar las características del subsuelo mediante cuatro perforaciones y mediante métodos geofísicos específicos, a fin de determinar las propiedades físicas de los distintos estratos y fundamentalmente poder determinar el grado de compactación de los mismos.

El predio estudiado se encuentra en la ciudad de Montevideo, entre las calles Azara, José de Etchegaray, Isla de Gaspar y Larravide.

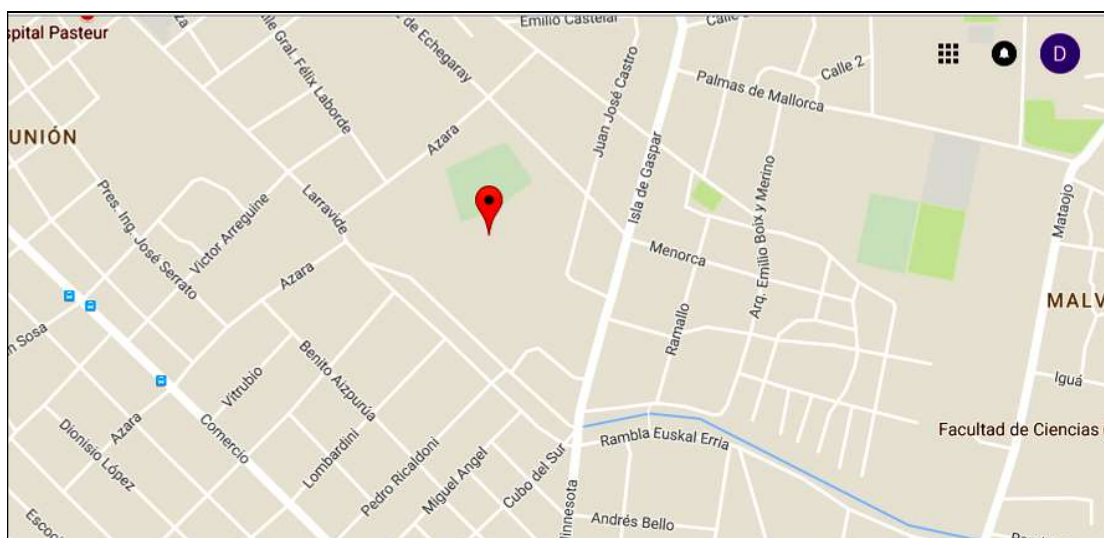


Figura 1. Ubicación del predio estudiado (fuente Google maps)

2.- Trabajos realizados

2.1 Estudios de Sísmica mediante Ondas Superficiales

Se realizaron 10 perfiles de sísmica mediante el estudio de ondas superficiales de Rayleigh para determinar la distribución de la velocidad de la onda de corte en el subsuelo. Los mismos fueron ubicados de acuerdo a instrucciones acordadas con autoridades de la Intendencia Municipal de Montevideo.

2.2 Perforaciones de exploración

Se ubicaron y se realizaron 4 perforaciones de estudio

2.1 Estudios de Sísmica mediante Ondas Superficiales Vs

Se realizaron 10 líneas distribuidas en el área de estudio. De común acuerdo con el Comitente se realizaron 4 líneas en el sector Sur Este y las otras 6 líneas en zonas de interés para confirmar datos de la campaña anterior y obtener parámetros físicos que permitan el cálculo de la compacidad del subsuelo

2.1.1 Introducción

Consiste en aplicar una técnica de campo similar a la sísmica de refracción, con su mismo equipamiento y sensores y realizar el análisis espectral de ondas superficiales para lograr de este modo la determinación de la rigidez del subsuelo mediante la determinación de la velocidad de la onda de corte (V_s) con la profundidad.

Los estudios sísmicos de onda V_s son muy modernos y se nombran con diferentes nomenclaturas dependiendo del desarrollador del software.

El principio de la metodología, tanto para su técnica de fuente activa o su técnica de fuente pasiva esta asociado al carácter dispersivo de las ondas de Rayleigh cuando atraviesan un medio estratificado. La dispersión ocurre cuando para las distintas frecuencias las ondas viajan a diferentes velocidades, de tal modo que a menor frecuencia mayor profundidad de investigación. De este modo es posible, analizando rangos de frecuencia típicos, definir las V_s del terreno a varias profundidades.

O sea, la exploración ondas superficiales consiste en medir la velocidad de fase de las ondas sísmicas de superficie, en este caso la onda de Rayleigh, para diferentes longitudes de onda. Estas medidas se usan para estimar la curva de dispersión del lugar estudiado y se puede calcular por inversión matemática la velocidad de fase de dispersión de las ondas superficiales.

Usando el análisis armónico es posible mapear la relación velocidad de fase versus frecuencia y determinar la V_s en función de la profundidad.

2.1.2 Tareas de campaña

Se realizaron 10 líneas sísmicas para determinar ondas superficiales V_s .

Se trabajó con tendidos de 24 receptores (geófonos de 4.5 hz), llamados dispositivos sísmicos de 24 canales, ubicados en línea con espaciamiento de 3 m. Se registraron y midieron los tiempos de llegada a esos receptores de los impulsos sísmicos provocados por perturbaciones realizadas mediante una maza, ubicada en los extremos del dispositivo y también se realizaron registros del ruido ambiental.

En todos los perfiles se aplicaron técnicas activas y pasivas a los efectos de asegurar la recepción de un gran espectro de ondas superficiales.



Dispositivo típico utilizado

Existen dos métodos de interpretación de los perfiles de ondas Vs y son los estudios MASW y REMI activos. Ambos persiguen el mismo objetivo y dan resultados similares. Para el método MASW y REMI activo se registran y miden los tiempos de llegada a esos receptores de los impulsos sísmicos provocados por impactos mediante una maza de 5 kg, empleando sumación (apilamiento) de señales sin llegar a saturar, con un intervalo de muestreo de 2 miliseg y la longitud del registro de 32 seg, teniéndose de este modo una amplia gama de registros para elegir los de mejor respuesta del subsuelo para ese ambiente geológico en particular.

En el caso de los registros MAM y REMI, de fuente pasiva, el sismógrafo registra las vibraciones ambientales generadas por ruido cultural, el tráfico, las fábricas, el viento, el movimiento del oleaje, etc., se obtienen mas de 20 registros por Perfil con una duración de 32 seg cada uno y un intervalo de muestreo de 2 mseg.

Para la investigación mediante Perfiles 2D de la velocidad de la onda de corte Vs mediante el método MASW y REMI activo, se registran y miden los tiempos de llegada a esos receptores de los impulsos sísmicos provocados por impactos mediante una maza de 5 kg, con una separación, en general, de 3 m hacia fuera de ambos extremos del perfil sísmico y en todos los puntos medios entre geófonos obteniendo en general una energización cada 3 m a lo largo del dispositivo sísmico si los geófonos están separados cada 3 m. El intervalo de muestreo es de 2 miliseg y la longitud del registro de 32 seg,

2.1.3 Equipamiento

- GEODE de 24 Canales, alta velocidad de muestreo combinada con procesamiento digital de la señal en 24 bit, usando un cristal semiconductor de conversión sigma-delta A/D. Extra ancho de banda de DC a 20 kHz permite alta resolución de muestreo en intervalos desde 20 micro-seg hasta 16 mili-seg. Memoria de 64.000 muestras por cada canal. Ganancias de preamplificación de 12, 24 y 36 db.

Test oscilador construido internamente. Test performance/ruido, DC offset, precisión de ganancia, semejanza de ganancia y fase, distorsión, crossfeed, ancho de banda y precisión temporal



Proingeo s.a.

TOPOGRAFIA
GEOFISICA

Características del sismógrafo Geode



GEOMETRICS

Geode - Sismógrafo de Exploración Ultra Ligero

- ❑ Registrador sísmico multi propósito: refracción, reflexión, monitoreo de temblores, VSP, medición de voladuras y vibraciones, estudios marinos, perfilamiento marino y registro continuo
- ❑ Ligero (8 lb/3.6 kg), los módulos de campo se conectan a un puerto Ethernet en su laptop para una interfase fácil e instantánea
- ❑ Disponible con 3 a 24 canales por caja; conecte mas caja para construir un sistema distribuido de bajo costo de hasta 1000 canales
- ❑ Transmite datos del Geode al computador central digitalmente, reduciendo cables analógicos caros
- ❑ Rango dinámico de 24-bit, baja distorsión y prueba² de geófonos y línea², monitor de ruido
- ❑ El ancho de banda de 20 kHz proporciona ultra alta resolución o bajas frecuencias para monitoreo de temblores
- ❑ En espera, significa ahorro de baterías, alta duración
- ❑ Su poderoso software de aplicaciones integrado y sin costo da respuestas rápidas:
 - Modele problemas antes de ir a campo
 - Seleccione primeros arribos en el sitio y vea las curvas tiempo-distancia en el sitio para una optima selección de puntos de tiro
 - Presente una sección preliminar en campo para ver que pudo omitir
 - Realice un análisis detallado en gabinete y compare los resultados con distintos métodos de interpretación



El nuevo registrador sísmico Geode de 24-bits es el sismógrafo más versátil en la actualidad. Tan pequeño y ligero como para meterlo en el equipaje para un estudio de evaluación. Se expande instantáneamente para estudios completos de 2-D y 3-D a costos que a sus contadores les encantarán. Y cuando usted no esta usando el Geode para estudios de reflexión, refracción o tomografía, úselo para monitoreo de temblores, voladuras o vibración de equipo pesado. Asimismo el Geode puede realizar perfilamiento marino y registro continuo de datos.

Para aplicaciones ligeras usted puede utilizar su laptop para ver, registrar y procesar sus datos. En condiciones adversas, controle sus Geodes con un computador Geometrics de la serie StrataVisor™ NZ/C. Usted puede conectar Geodes entre si para crear un sistema de mas de 1000 canales en múltiples líneas. Los Geodes son a prueba de golpes, polvo, sumergibles y soportan temperaturas extremas.

El Geode opera desde su laptop o desde el computador de campo de Geometrics StrataVisor NZ



El StrataVisor NZ con pantalla de color visible a rayo de sol y graficador integrado es resistente al clima y a golpes

Los módulos Geode se instalan en campo cerca de los geófonos para mejorar la calidad de la señal y reducir el costo de los cables. Los datos son transmitidos digitalmente utilizando en estándar de la industria Ethernet eliminando así las costosas y difíciles de configurar tarjetas de interfase. Los Geodes también pueden ser instalados en su red de oficina.

El Geode viene con 3 años de garantía respaldada por Geometrics, ahora en nuestro 36º año de nuestro conocido y rápido soporte al cliente. Hay Geodes disponibles para renta para una rápida expansión de sus sistema.



2.1.4.- Ubicación de las Líneas sísmicas de ondas Vs prospectadas



Ubicación de los registros sísmicos

A continuación se muestran las coordenadas medidas en sistema geodésico WGS84 proyeccion UTM Zona 21H:

Coordenadas WGS84 - UTM

IGR1	21 H 579669 6139774
IGR1f	21 H 579648 6139707
IGR2	21 H 579580 6139860
IGR2f	21 H 579536 6139804
IGR3	21 H 579585 6139752
IGR3f	21 H 579636 6139705
IGR4	21 H 579582 6139845
IGR4f	21 H 579633 6139798
IG5	21 H 579594 6140164
IGR5f	21 H 579538 6140120
IGR6	21 H 579518 6140107
IGR6f	21 H 579469 6140054
IGr7	21 H 579475 6140197
IGR7f	21 H 579414 6140166
IGR8	21 H 579511 6139905
IGR8f	21 H 579451 6139942
IGR9	21 H 579627 6140106
IGR9f	21 H 579607 6140035
IGR10	21 H 579418 6140060
IGr10f	21 H 579464 6140008

3 INTERPRETACIÓN DE LOS REMI

El subsuelo del predio estudiado posee características muy particulares, se trata de una cantera que fue rellena con materiales heterogéneos y luego cubierta por sedimentos arcillosos muy poco permeables. Estos rellenos han madurado y se han convertido en lodos con alto contenido de materia orgánica y agua. También existe gas metano en el subsuelo. Cuando se estaba sellando el pozo B, del cual hablamos en la página 18 del presente trabajo, el caño se incendió. Las personas del lugar nos comentaron que esta situación ya había ocurrido.

Como era de esperar, los resultados obtenidos en la interpretación de las Tomografías REMI 2D son de compleja interpretación. Como antecedente podemos señalar que previamente habíamos realizado estudios sísmicos de refracción en el predio, que no fueron interpretables debido a que los materiales subyacentes al relleno superficial “absorben” las ondas sísmicas generadas Vp.

En este caso, buscando ampliar la gama de frecuencias sísmicas prospectadas se usaron registros activos y pasivos de ondas Vs.

Los datos obtenidos en cada perfil también mostraron complejidad. Reconociendo este hecho, se realizó una interpretación de los Estudios mediante Ondas Superficiales por parte de Proingeo S.A. y se contrató una segunda interpretación al Dr. Satish Pullammanappallil autoridad mundial en el tema y desarrollador del principal software Tomográfico, SeisOpt@REMI 2D, Reno Nevada, USA, para asegurar los resultados.

Ambas interpretaciones fueron similares.

En este Informe se presenta la interpretación realizada por el Dr Satish Pullammanappallil trabajando en forma interactiva con Proingeo S.A.

En estos perfiles REMI 2D, muy demostrativos de por sí de la distribución de la Vs, los ejes horizontales (Distance, m) se corresponden con las progresivas en metros de la superficie del terreno y los ejes verticales (Depth, m) muestran la profundidad de la investigación en metros a partir de la superficie del terreno.

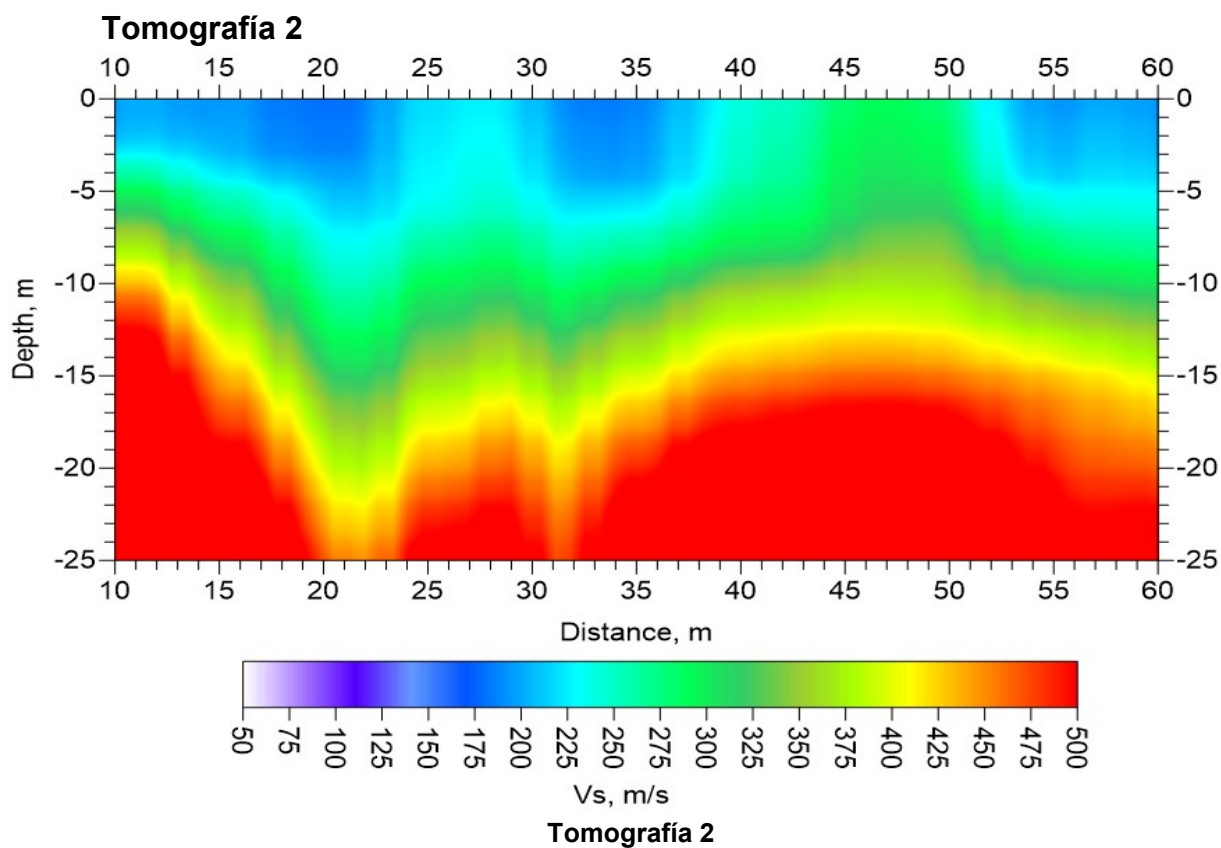
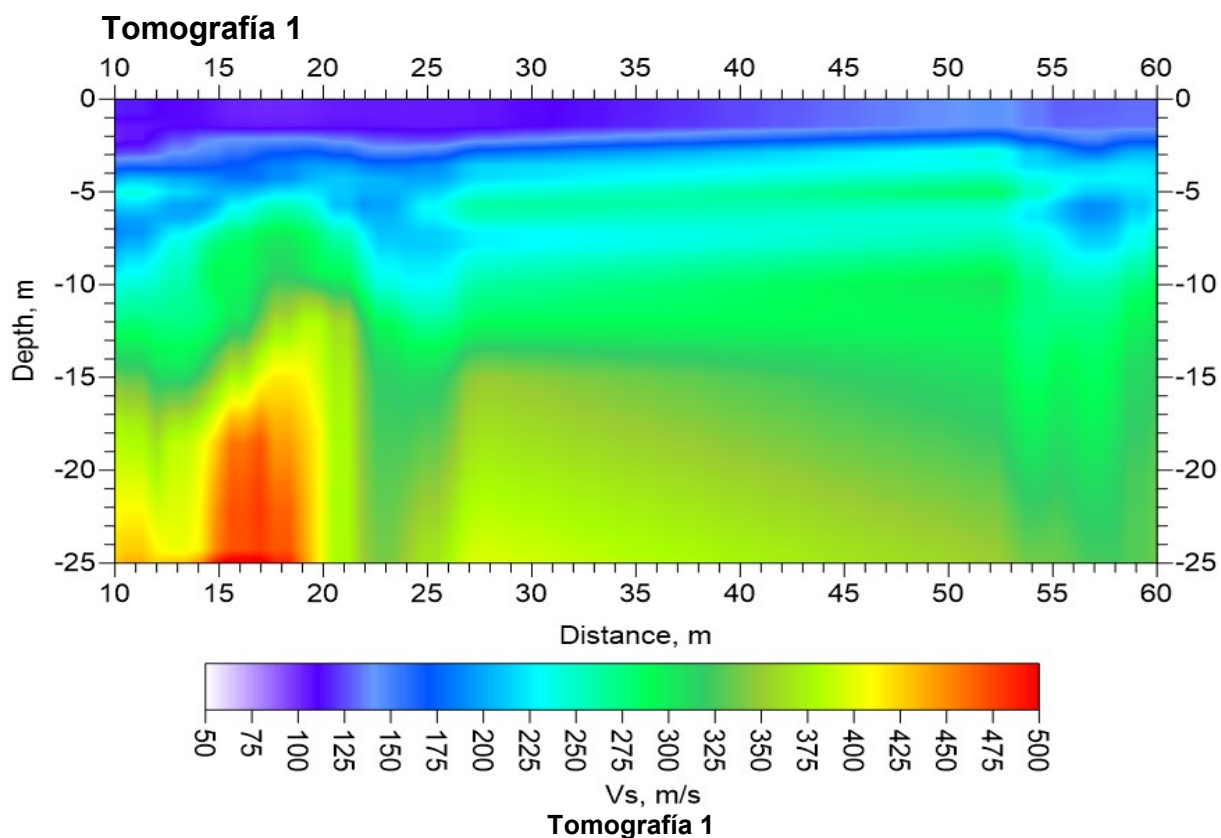
Debajo del gráfico se encuentra una escala de colores que identifica los valores de las diferentes velocidades de las ondas S en metros/segundo.

Los gráficos no muestran los 10 metros iniciales y los 10 metros finales de las progresivas del registro ya que estas zonas son las que presentan mayor error en la interpretación de los resultados.



Proingeo s.a.

TOPOGRAFIA
GEOFISICA

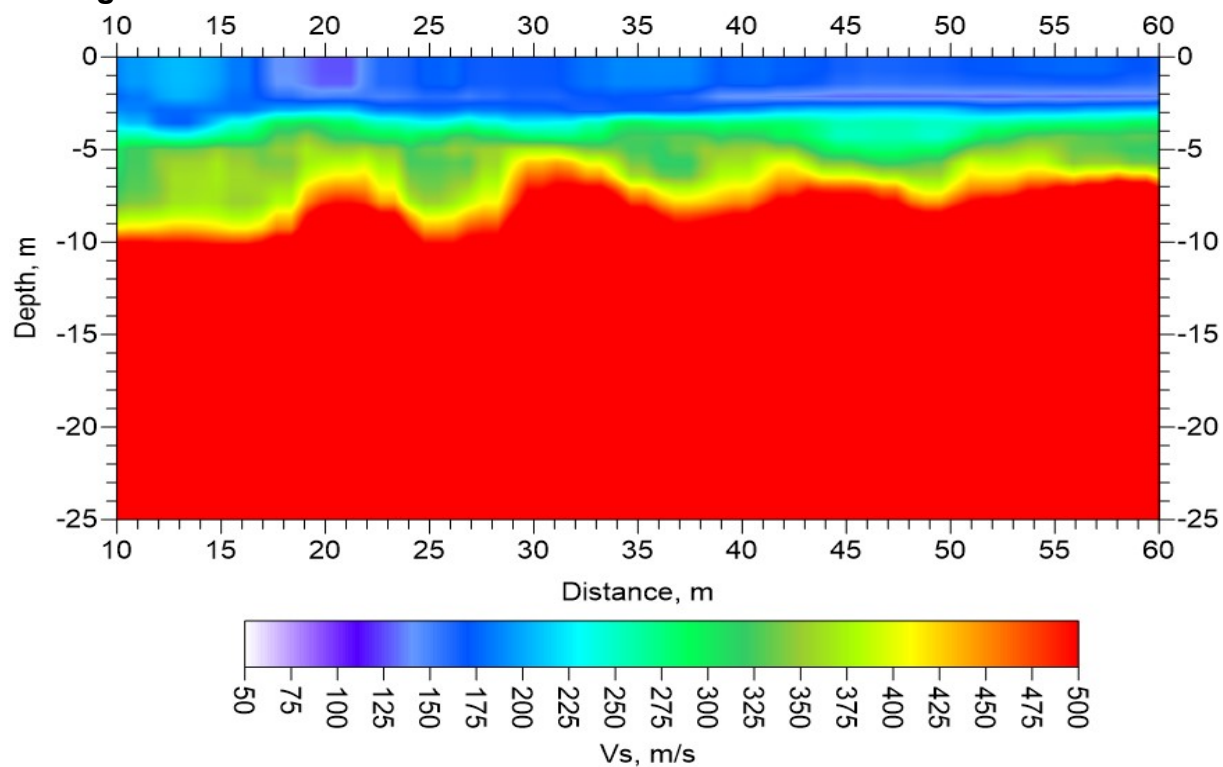




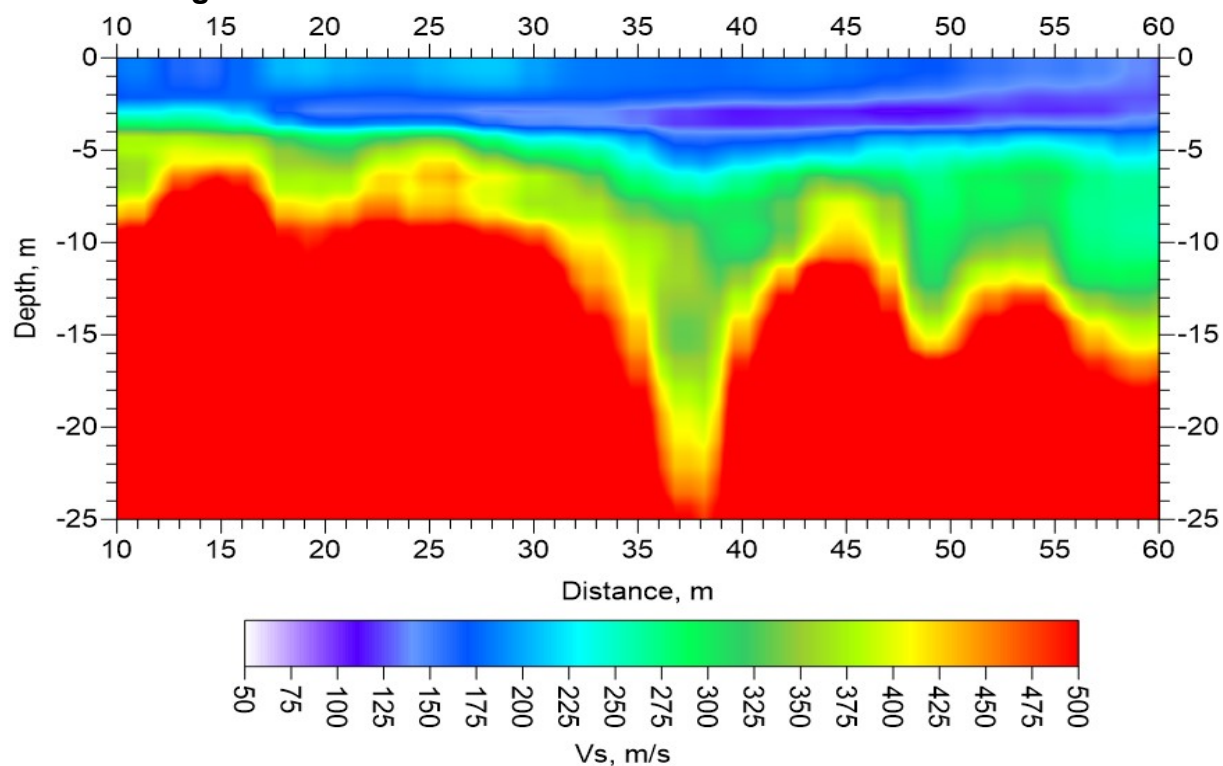
Proingeo s.a.

TOPOGRAFIA
GEOFISICA

Tomografía 3



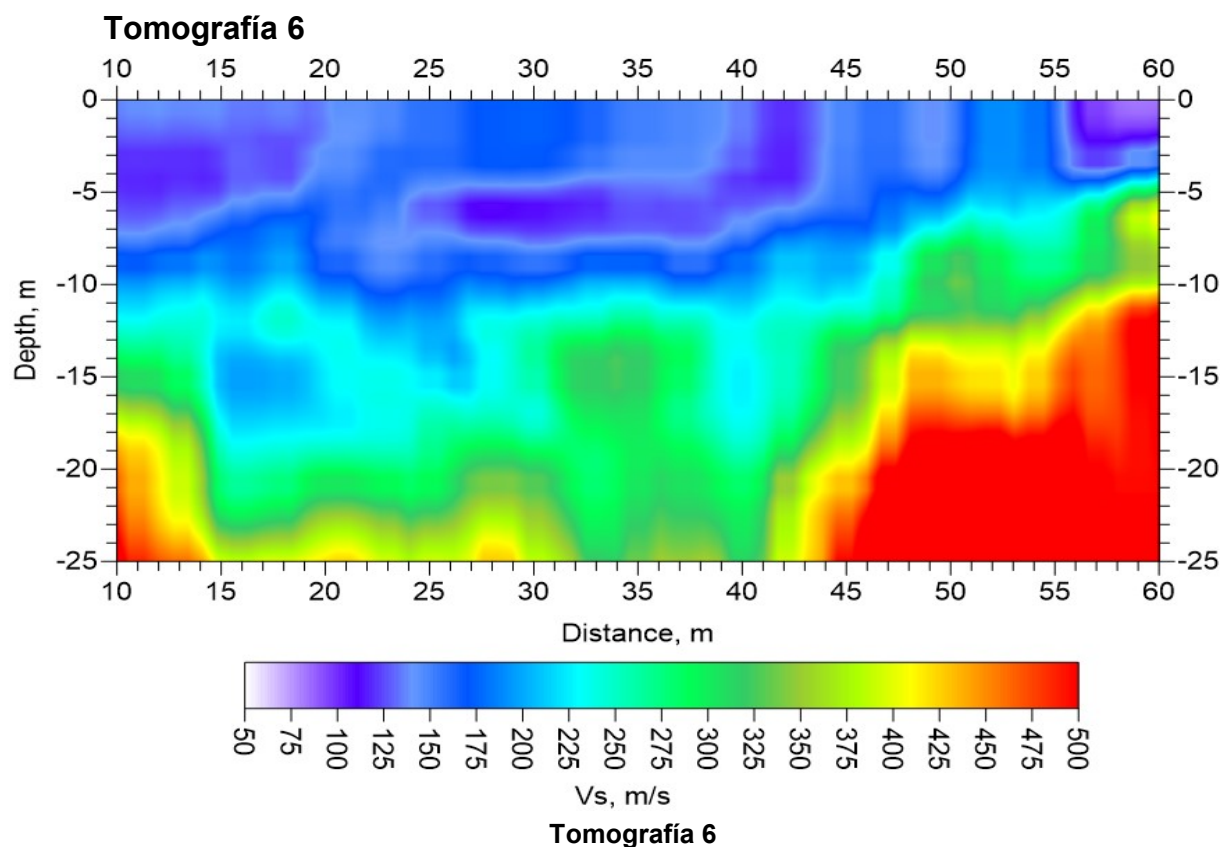
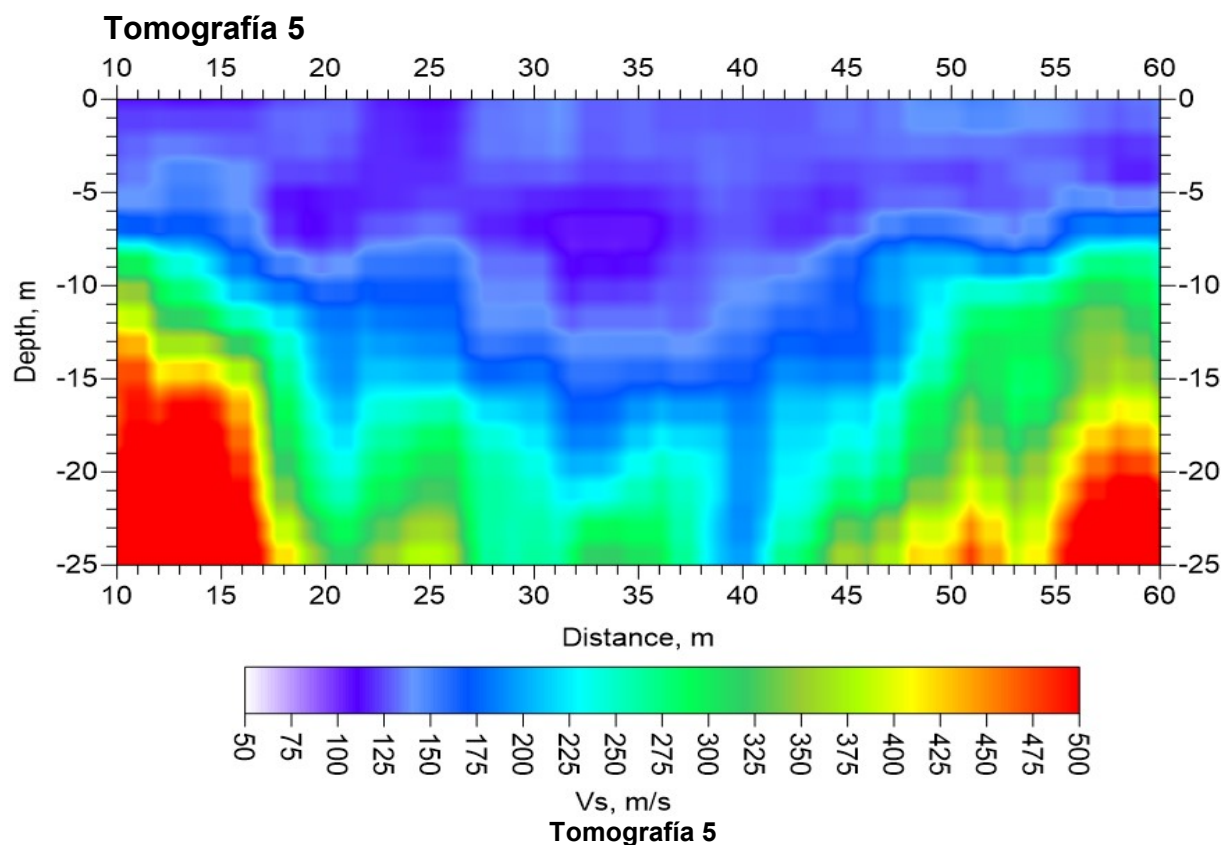
Tomografía 4





Proingeo s.a.

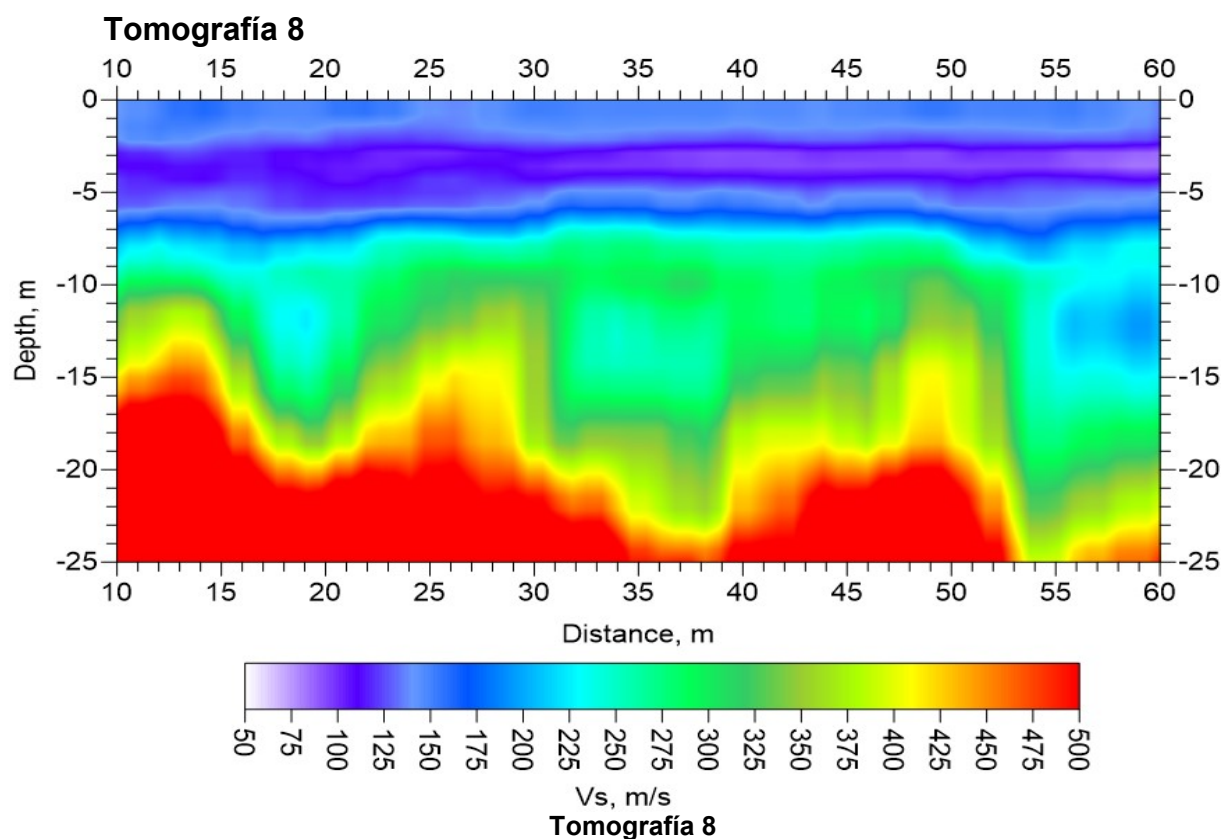
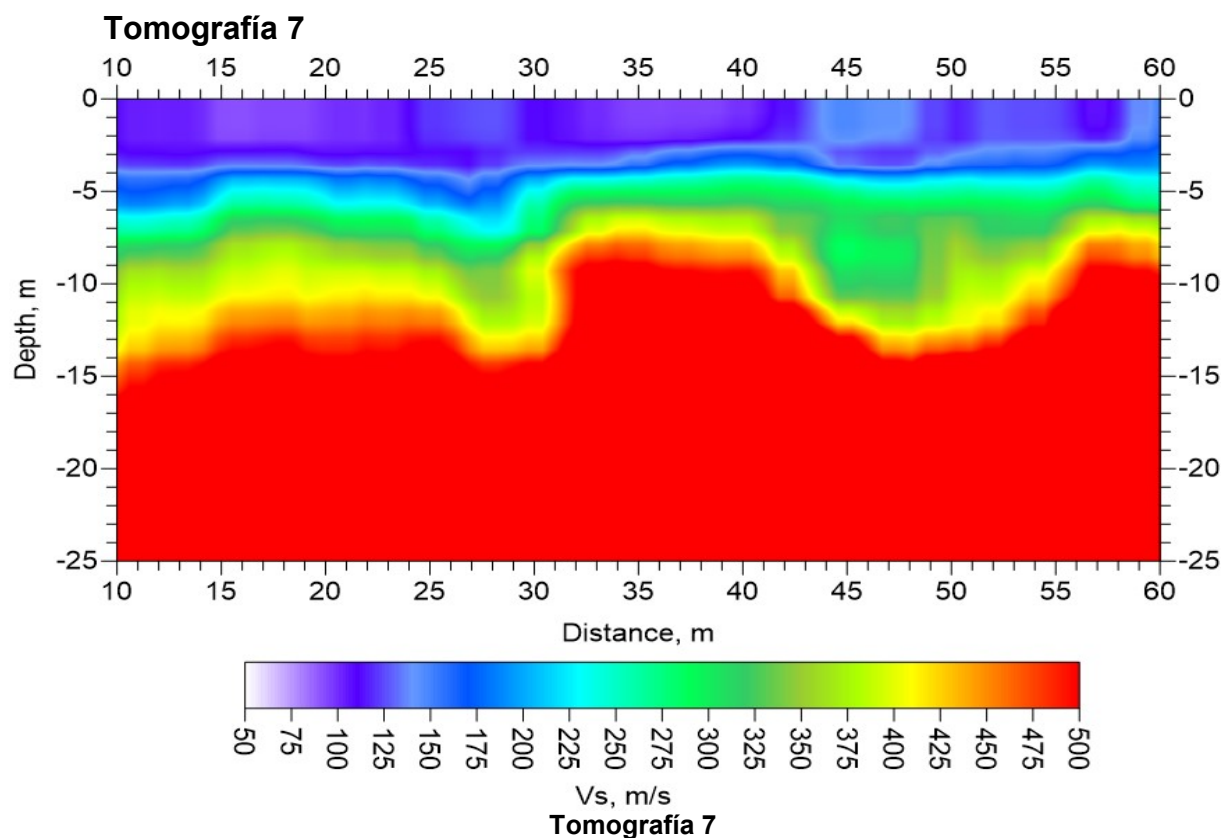
TOPOGRAFIA
GEOFISICA





Proingeo s.a.

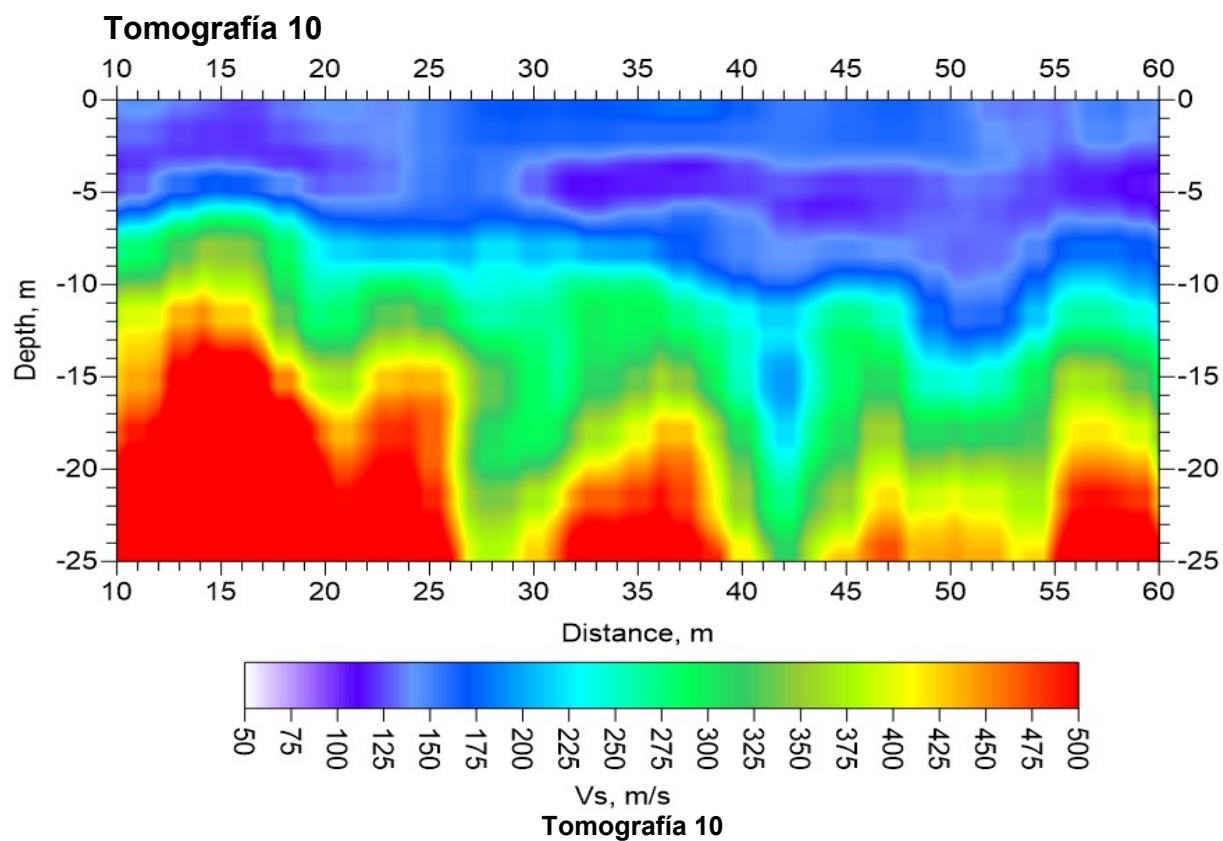
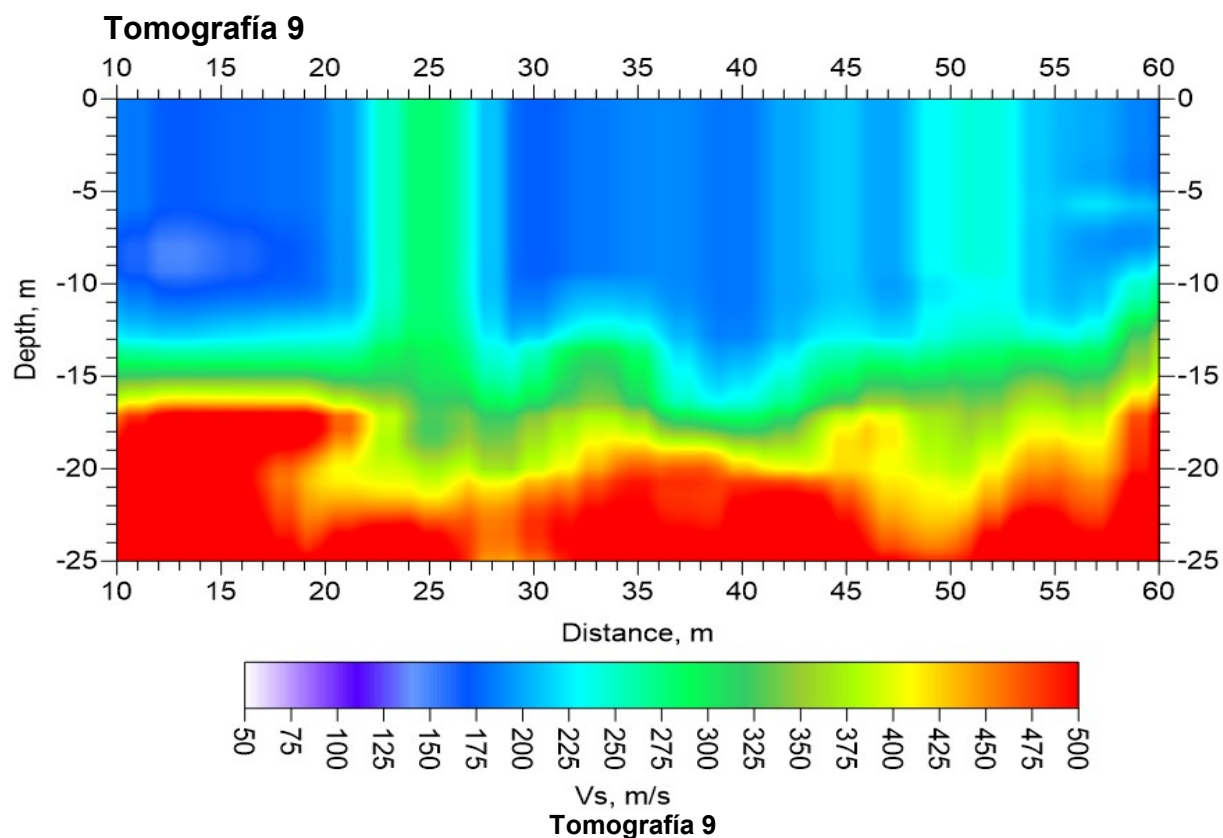
TOPOGRAFIA
GEOFISICA





Proingeo s.a.

TOPOGRAFIA
GEOFISICA



Conclusiones

- Para determinar con mayor precisión la estabilidad del subsuelo a los efectos de construir, se realizaron los 10 perfiles sísmicos de ondas Vs que pueden ser interpretados como MASW 2D o como REMI 2D (dependiendo del proveedor de software), ambos interpretan ondas sísmicas superficiales de Rayleigh, obteniéndose Vs (velocidad de la onda de corte), lo que da como resultado la rigidez del subsuelo en función de la profundidad.
- A partir de los resultados de estas tomografías REMI 2D es posible calcular parámetros elásticos dinámicos para tener en cuenta en los trabajos de movimientos de suelos y sobre todo de construcción.
- Las velocidades de las ondas de compresión Vp obtenidas son muy bajas para la capa superficial y disminuyen entre ésta y la roca. Las velocidades de la onda de corte Vs son realmente muy bajas y en muchos casos compatibles con los suelos en estado de licuefacción o similares.
- De acuerdo a la gran complejidad que existe en el subsuelo del predio se ha hecho una consulta a una autoridad mundial en estudios de ondas Vs con quien se trabajó interactivamente en la interpretación de los resultados que se adjuntan. Consideramos que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.
- Los resultados de las Tomografías REMI 2D son correlacionables con los estudios previos y antecedentes del lugar.
- Las Tomografías REMI 2D que muestran mayor estabilidad en el subsuelo son las correspondientes a los sitios IGR3, IGR4 y parte de la IGR7. El resto de las Tomografías REMI 2D muestran evidencias de inestabilidad en el subsuelo. En caso de pretender construir en el predio estos resultados deberán ser evaluados por técnicos con experiencia en subsuelos similares y análisis de velocidades de ondas Vs.

4. Perforaciones de exploración

Las perforaciones fueron realizadas por la empresa de Perforaciones Chiappesoni mediante el método de rotación mediante la inyección de aire comprimido. Las perforaciones se realizaron en 6 pulgadas y fueron entubadas a los efectos de servir para monitoreo. La parte superior de los pozos fue cerrada a los efectos de evitar la vandalización.

Ubicación



Coordenaas WGS84 - UTM de los Pozos de Estudio

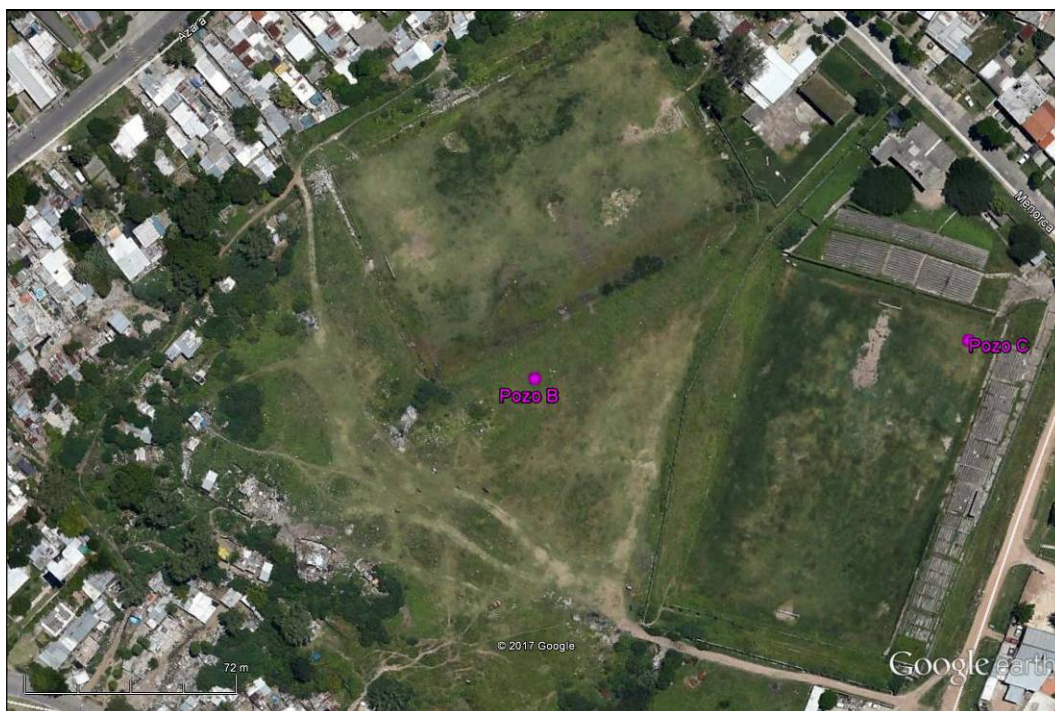
Pozo A	21 H 579479 6139917
Pozo B	21 H 579495 6140092
Pozo C	21 H 579634 6140103
Pozo D	21 H 579630 6139798

Descripción de Pozo A



- | | | | |
|---|---|-----|--|
| 0 | - | 3 m | Limo arcilloso color marrón oscuro. |
| 3 | - | 4 m | Limo arcilloso con abundante presencia de materia orgánica, color marrón muy oscuro. |
| 4 | - | 6 m | Limo arcilloso con presencia de materiales heterogéneos, madera, cartón, etc, color negro. |

Descripción de Pozo B



- 0 - 3 m Limo arcilloso con presencia de suelo y materia orgánica, color marrón oscuro.
- 3 - 5 m Limo arcilloso con presencia de arena fina, cuarzosa, bien seleccionada y trozos de feldespato rosado sub anguloso de algunos milímetros, color marrón claro.
- 5 - 17 m Lodo heterogéneo con abundante presencia de materia orgánica , nylon, rellenos probablemente provenientes de residuos domiciliarios, latas, etc, color negro.
- 17 - 19 m Molido fino Roca granítica , Cuarzo Feldespato , mica y escasos minerales opacos. Color marrón grisáceo.
- 19 - 24 m Molido fino de basamento cristalino de origen granítico Cuarzo Feldespato , mica y escasos minerales opacos. Color marrón grisáceo.

Cabe señalar que en esta perforación se detectó la presencia de gas inflamable

Descripción de Pozo C



- | | | | |
|----|---|------|---|
| 0 | - | 1 m | Limo arcilloso con presencia de suelo, color marrón oscuro. |
| 1 | - | 9 m | Limo arcilloso color marrón, posible formación Libertad. Color marrón. |
| 9 | - | 10 m | Molido fino de basamento cristalino muy alterado , con presencia de algo de arcilla intersticial. Color marrón. |
| 10 | - | 12 m | Molido fino de rocas de origen granítico , compuesto por cuarzo , feldespatos, mica y escasos minerales opacos. Color Marrón. |
| 12 | - | 14 m | Roca cristalina más fresca, compuesto por cuarzo, feldespatos, mica y escasos minerales opacos. Color Marrón. |

Descripción del Pozo D



- | | | | |
|---|---|-----|--|
| 0 | - | 1 m | Limo Arcilloso, con presencia de balasto, probablemente de la calle. Color marrón. |
| 1 | - | 3 m | Limo arcilloso con presencia de materia orgánica y residuos domiciliarios, plásticos material de construcción , color marrón muy oscuro. |
| 3 | - | 7 m | Limo arcilloso con presencia de materia orgánica y rellenos heterogéneos muy probablemente provenientes de residuos domiciliarios, plásticos material de construcción, etc, color negro. |

ANEXO 3: Figuras incluidas en mapa SIG



IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES NOTABLES

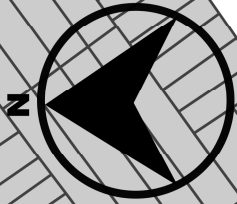
- Enterolobium contortisiliquum_Timbó
- Melia azedarach_Paraiso
- Phytolacca dioica_Ombú
- Populus deltoides_Alamo
- Grevillea robusta_Grevillea
- Fraxinus sp_Fresno
- Phoenix canariensis_Palmera
- Eucalyptus sp_Eucalipto
- Ficus sp
- Salix humboldtiana_Sauce criollo
- v_mdg_parcelas
- v_mdg_espacios_libres
- cauces_principales











IDENTIFICACIÓN DE METALES

PUNTOS METALES

1-1

1-2

1-3

1-4

2-1

2-2

2-3

2-4

A1

A2

A3

A4

B1

B2

B3

B4

C1

C2

C3

C4

D1

D2

D3

D4

E1

E2

E3

E4

F1

F2

F3

F4

G1

G2

G3

G4

H1

H2

H3

H4

I1

I2

I3

I4

J1

J2

J3

J4

v_mdg_parcelas

nombre calles

v_mdg_espacios_libres

cauces_principales

5.000.000 0 5.000.000 10.000.000 15.000.000



