

Proyecto: “Construcción Edificio de la Orquesta Sinfónica Nacional, Parque Erick Bernabé Barrondo García, Guatemala, Guatemala”.

Dirección: 28 avenida 14-02 Colonia Ciudad de Plata II, zona 7, Parque Erick Barrando, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Elaborado por:

Ing. Msc. Jeffrey Estuardo Argueta Galvez

MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTES

1.0

Informe Descriptivo e Interpretativo de infiltración o permeabilidad del suelo y subsuelo

OCTUBRE 2022

INFORME DESCRIPTIVO E INTERPRETATIVO DE INFILTRACIÓN O PERMEABILIDAD DEL SUELO Y SUBSUELO

**PROYECTO: Construcción Edificio de la Orquesta Sinfónica Nacional, Parque Erick
Bernabé Barrondo García, Guatemala, Guatemala**

PARQUE ERICK BARRONDO

CIUDAD DE PLATA II, ZONA 7, CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA

OCTUBRE, 2022

1 INTRODUCCIÓN

El parque, anteriormente llamado La Democracia, fue adquirido y construido a finales de los años 80, el territorio que ocupa el parque aproximadamente 95 manzanas de extensión cuenta con una amplia variedad de escenarios para la práctica de distintas disciplinas deportivas.

El parque está rodeado de barrancos que pertenecen al corredor ecológico de la Ciudad de Guatemala. Se ubica en el entorno del parque arqueológico de Kaminal Juyu en donde se exhiben monumentos y cuyo territorio presenta características de importancia para la historia, cultura, arte y recreación de la población guatemalteca.

El presente informe detalla el análisis de la descripción e interpretación de la permeabilidad del suelo y subsuelo realizado con el fin de fortalecer y respaldar la ejecución del proyecto de construcción de pozos de absorción (para aguas residuales y pluviales), ubicado en la zona 7 de la Ciudad de Guatemala en el Parque Erick Barrondo.

2 GENERALIDADES

La representación de un análisis descriptivo e interpretativo de la permeabilidad que tienen los suelos en una zona determinada, se encuentra definida por la información existente del material geológico que constituye el área de estudio, la caracterización o composición del suelo y la capacidad de drenar el agua a través de sus diferentes estratos.

Una característica asociada a las propiedades físicas que tiene un suelo es la permeabilidad o facilidad que tiene el mismo para dejarse penetrar por los fluidos. Por otra parte, la infiltración se relaciona con la capacidad que presentan las capas u horizontes del suelo

para absorber el agua definida por una unidad de tiempo bajo condiciones de campo, esta disminuye conforme a la cantidad de agua que habrá sido drenada.

El proceso de entrada del agua a través del suelo en forma vertical y descendente forma parte del ciclo hidrológico, ya que contribuye a la recarga hídrica de una zona específica. Por lo general los suelos se componen de distintas capas o estratos, cuya composición varía de una capa a otra dependiente de su ubicación en el subsuelo.

2.1.1 Antecedentes

En el área en donde se va a desarrollar el proyecto no existe una red de alcantarillado o drenaje en donde se puedan conectar las aguas residuales y pluviales, además de la restricción de no desfogar dichas aguas en vertientes cercanas. Por lo que se deben contemplar la construcción de pozos de absorción para verter en ellos las aguas mencionadas.

Al momento de que el agua residual pase por un proceso de tratamiento, ya puede ser ingresada a un pozo de absorción, tomando en cuenta el cálculo de la tasa de infiltración del mismo y las características permisibles en cuanto a la calidad del agua.

2.1.2 Identificación

El proyecto de establecimiento de “Pozos de Absorción (para aguas residuales) en un área del parque Erick Barrondo” consiste en la construcción de pozos de absorción para poder filtrar el agua a través del suelo. Los pozos de absorción son adecuados para suelos con buenas propiedades de infiltración; suelo con barro, compacto o muy rocoso, no es apropiado.

Los pozos de absorción se requieren que se construyan a una distancia segura de las fuentes de agua, al menos a 30 metros de estas.

2.1.3 Localización

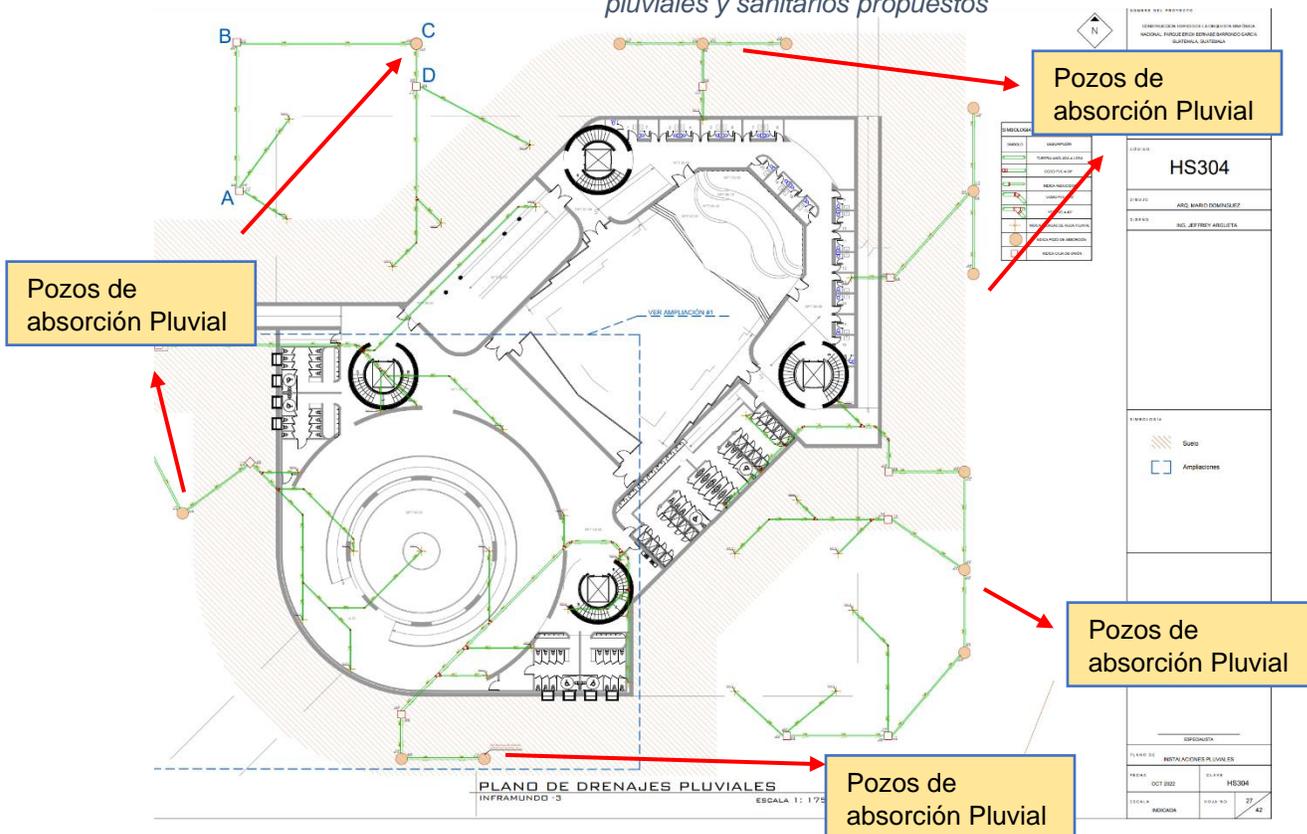
El proyecto se encuentra ubicado en la 28ª. Avenida 14-02 Colonia Ciudad de Plata II, en la zona 7 de la Ciudad de Guatemala, departamento de Guatemala. El cual corresponde a las coordenadas geográficas 14°38'19.99"N 90°32'18.73"W que se encuentran dentro del parque Erick Barrondo.

Figura 1. Localización de realización de prueba de infiltración Parque Erick Barrondo.



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth Pro (2022)

Figura 2. Plano de planta de drenajes con la implementación de los pozos y de los drenajes pluviales y sanitarios propuestos



Fuente: Elaboración propia.

3 METODOLOGÍA

Para la realización del presente informe de la descripción e interpretación de la permeabilidad del suelo se dividió la metodología en 4 fases: 1) fase de gabinete inicial, 2) fase de campo, 3) fase de laboratorio y 4) fase de gabinete final, detallado a continuación:

3.1 Fase de gabinete inicial

Para la recopilación de información secundaria de referencia se analizaron documentos e informes para conocer el componente biofísico correspondiente al área de estudio, en cuanto a las características de formación geológica y descripción del suelo propiamente del lugar.

3.2 Trabajo de campo

Para la interpretación de la permeabilidad del suelo se realizó una prueba de infiltración en una zona cercana al proyecto de construcción. Ubicada en las coordenadas geográficas Latitud Norte 14°38'19.99" y Longitud Oeste 90°32'18.73"

El método utilizado para calcular la infiltración básica fue el de Porchet. Este es un método preciso y versátil en el campo, se le conoce también con el nombre de cilindro excavado en el suelo. Determinando la permeabilidad en el campo a través una excavación a cielo abierto de un agujero de radio "R= 6 cm" a una altura o profundidad conocida "h= 30 cm", y medir un cambio en el tiempo pequeño (dt) para suponer la capacidad de infiltración (Fc) como constante. (Ver anexos)

Por lo tanto, la superficie por la cual se filtra el agua es: $S= \pi R (2h + R)$. Para un tiempo, dt, suficientemente pequeño para que pueda suponerse constante la capacidad de infiltración, f, se verificara la igualdad: $\pi R (2h + R) f = R^2 (dh/dt)$. Separando variables obtenemos la ecuación diferencial: $f dt = - R (dh/(2h+R))$. Al integrar resulta: $f = (R/2(t_2-t_1)) * \ln ((2h_1+R) / (2h_2+R))$.

Entonces para determinar la infiltración básica (f), basta con medir pares de valores (h₁, t₁), (h₂, t₂), de forma que t₂ y t₁ no difieran demasiado y entrar con ellos en la expresión dada.

El procedimiento para la realización de la prueba en campo consiste en limpiar el área y luego realizar el agujero, luego agregar agua hasta alcanzar la humedad cercana al punto

de saturación del suelo, sin embargo, por la época en la que se realizó la prueba y las constantes lluvias en el territorio el suelo se encontraba completamente saturado, luego colocando un nivel de referencia para la toma de profundidades (regla o metro) se procede a la aplicación de agua en el agujero y tomando los datos de tiempo con el uso de un cronómetro se miden las profundidades e infiltración que ocurre durante el tiempo que dura la prueba.

3.2.1 Fase de laboratorio

Al momento de realizar la prueba de infiltración se extrajo una muestra de 1lb de suelo para poder identificar en laboratorio la textura y composición de la misma. Cabe mencionar que las características del suelo que influyen en la recarga hídrica y son la textura, densidad aparente, grado de saturación (contenido de humedad) y a su vez define la capacidad de infiltración.

3.2.2 Trabajo de Gabinete final

Luego de obtener la información referente al área de estudio, los datos de laboratorio y los resultados de la prueba de infiltración del suelo, se procedió a unificar la información para efectuar la descripción e interpretación de la permeabilidad del suelo y subsuelo. Dicho análisis ayudó a obtener las bases para el diseño preliminar de pozos de absorción para aguas residuales requeridos para el proyecto de construcción en el Parque Erick Barrondo.

4 RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

4.1 Aspectos biofísicos de referencia

4.1.1 Geología

La geología del departamento de Guatemala presenta dos áreas bien definidas; en la parte media hacia el norte se encuentra el área o “Zona de Sutura” y hacia el sur el conjunto geológico o “Bloque Chortí”. La zona en donde se encuentra el parque Erick Barrondo pertenece al Bloque Chortí. En este bloque predominan las rocas ígneas (roca formada a partir del enfriamiento y solidificación del magma o roca fundida), los materiales piroclásticos sueltos (cenizas volcánicas).

El Bloque Chortí forma parte de la Placa Caribe, comprende un sector de la falla de Jocotán –Chamelecón hacia el sur del departamento. Se puede considerar como una unidad,

conjunto o mosaico de fragmentos pequeños de diverso origen, el cual expone rocas sedimentarias, metamórficas con predominio de rocas ígneas compuestas por tefras, cenizas volcánicas y pómez; y depósitos consolidados (tobas e ignimbritas).

El material geológico según el mapa a escala 1:250,000 (IGN,1993), en el bloque chortí, nos indica que el parque Erick Barrondo se ubica en el grupo Pómez con el símbolo “Qp” cuya descripción indica depósitos piroclásticos, principalmente pómez de origen diverso. En el mapa a escala 1:50,000 (Bonnis, 2009), el material geológico presente en el área de estudio corresponde al grupo de tefras volcánicas con el símbolo “Qtd” cuya descripción indica Tefra interestratificada con diamectones pomáceos y sedimentos fluvio-lacustres. Se entiende como Tefra a cualquier fragmento de roca sólida expulsado por la caldera volcánica y puede ser lapilli, ceniza, piedra pómez o escorias.

Los suelos característicos de la zona en donde se encuentra el parque Erick Barrondo, pertenecen predominantemente al período Cuaternario, con una edad cercana a los 2 millones de años; se caracterizan por rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso.

La unidad Qp posee niveles con permeabilidad primaria intercalados con niveles impermeables o semipermeables, pero con interconexión hidráulica entre ellos (acuífero multiestratos). Todo el conjunto, por lo menos en las depresiones mayores, está saturado de agua en condiciones freáticas, pudiéndose encontrar acuíferos colgados y acuíferos en presión.

El paisaje donde se encuentra el área de estudio corresponde al Altiplano hidro-volcánico. En su conformación actual, corresponde geológicamente al Cuaternario, modificado por la actividad volcánica, procedente de los volcanes de Fuego, Acatenango, Agua, Pacaya y el extinto volcán de los Chocoyos, que sepultaron las geoformas anteriores con capas de tefras, cenizas volcánicas y pómez como se mencionó anteriormente.

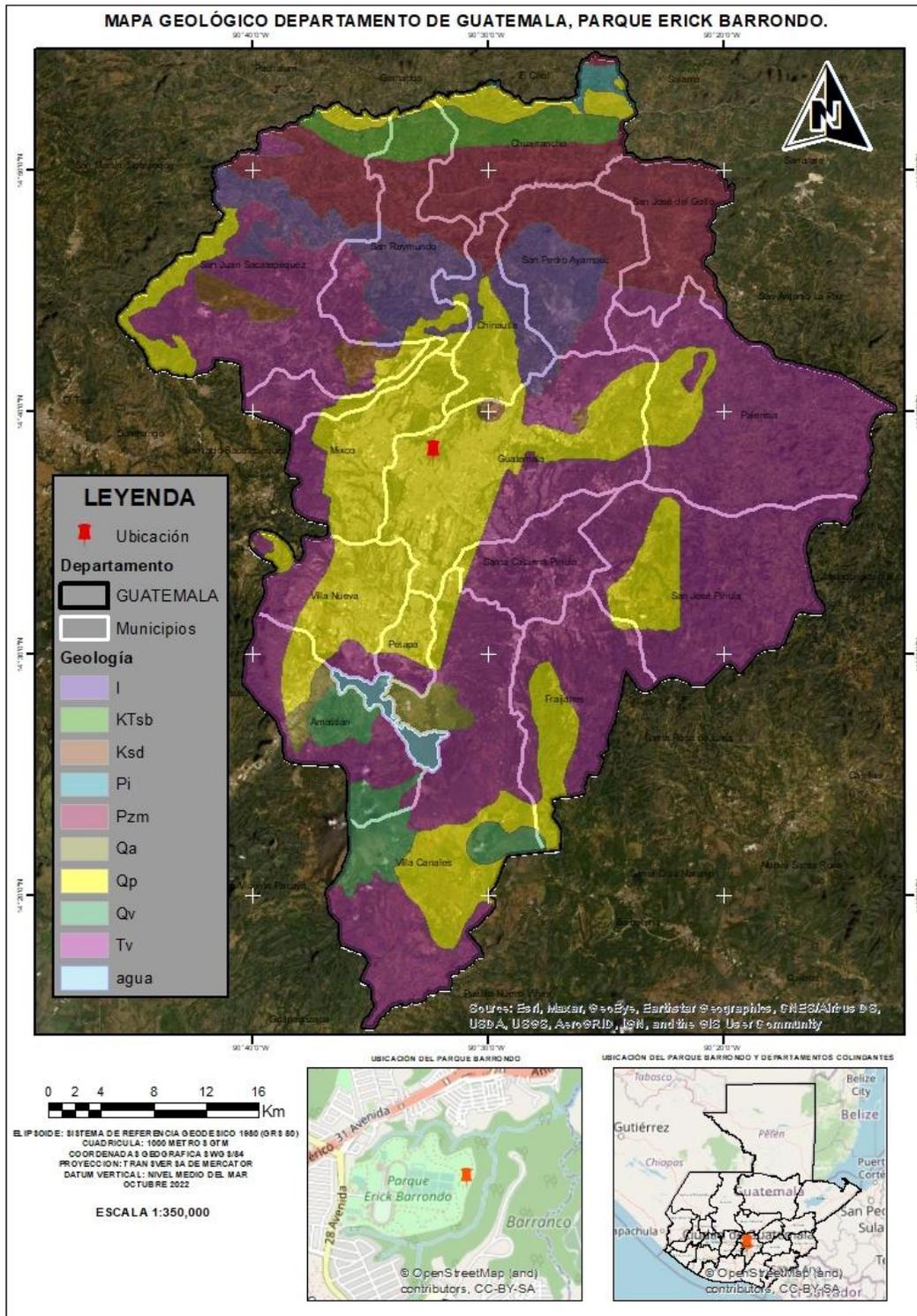
Como resultado de los procesos geológicos mencionados, el altiplano presenta pendientes desde ligeramente planas hasta moderadamente escarpadas, con un modelado muy suave en la superficie de las terrazas, hasta fuertemente disectadas e incisadas por las corrientes de agua, las que han modelado una serie de cañones y barrancos profundos, donde el entallamiento continuo es favorecido por los bancos de materiales pomáceos de escasa cohesión entre ellos. Los tipos de relieve identificados en el parque Erick Barrondo en la

zona 7 de la Ciudad de Guatemala, corresponde a Terrazas con formas de terreno: Plano de terraza, talud de terraza y bajo de terraza y otro tipo de relieve cercano a la zona del proyecto corresponde a Cañones y cañadas; presentando formas del terreno denominado como laderas.

Las terrazas que se han determinado en el área de estudio son de tipo de relieve plano, limitado por cañones y barrancos. La forma de terreno identificado en la cercanía de la zona de estudio es Laderas, que corresponden a los flancos del tipo de relieve; presenta severas restricciones para la formación de suelos, debido al predominio de la erosión sobre la acumulación en estas pendientes fuertes. En esta zona los suelos varían entre superficiales a muy superficiales, sin embargo, donde existen pendientes menores pueden encontrarse suelos profundos, cubiertos por vegetación arbórea y arbustiva como se ha podido observar en el área.

A continuación, se presenta un mapa geológico del área de estudio.

Figura 2. Mapa geología de área de estudio Parque Erick Barrondo.



Fuente: Elaborado por autor del documento con base en el mapa temático Geología, MAGA.

4.1.2 Suelos

Los suelos como cuerpos naturales, se deben clasificar con la finalidad de identificar sus características. Según el estudio semidetallado de los suelos del Departamento de Guatemala a escala (1:50,000), aplicando el sistema de clasificación de la Taxonomía Norteamericana de Suelos “Soil Taxonomy” que fundamenta las características naturales del suelo, pero sin establecer sus aplicaciones específicas considerando variables como: paisaje, ambiente morfogenético, clima, tipo de relieve, forma del terreno, material parental, y las principales características de los suelos.

La clasificación taxonómica se fundamenta en la relación de horizontes morfogenéticos (cualitativos), horizontes diagnósticos (cuantitativos) y taxonomía de suelos. En el departamento de Guatemala se pueden observar horizontes superficiales no intervenidos “A”, horizonte superficial intervenido por el hombre “Ap”, horizonte que presenta transformación del material parental “Bw”, horizonte que presenta enriquecimiento por arcilla “Bt”, Capa o material en proceso de transformación que genera el suelo “C” y roca madre o material basal “R”.

Iniciando con la categoría del Orden de suelos que vincula las características dejadas por los procesos de formación de suelos, entre ellos la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos. En el área de estudio se determina que el orden de suelos al que pertenece son los Molisoles como se puede observar en la Figura 3, que por lo general son suelos minerales de evolución moderada con horizonte superficial grueso, mullido o blando y oscuro, relativamente alto en materia orgánica y con abundantes bases en todo el perfil del suelo.

Algunas características importantes de los Molisoles (del latín Mollis=blando) es que ocupan un 29.40% de la superficie total del departamento de Guatemala, es el segundo orden predominante del mismo. Este orden es identificado en los tipos de relieve del paisaje altiplano hidro-volcánico.

En sus características morfológicas presenta perfiles de suelo con horizontes: Ap,A2,C,Ab,Ap-Bw-C,Ap-B-R,A-B,A-C; el horizonte A es de coloración oscuro y espeso. En sus características Químicas, son suelos con alto contenido de materia orgánica, con una capacidad de intercambio de cationes alta a media, saturación de bases mayor a 50%; fertilidad actual alta a media; Ph del suelo desde ligeramente ácidos a neutros, en algunos

casos hasta ligeramente alcalinos. En sus características físicas este suelo tiene una densidad aparente baja a media, baja a media retención de humedad, predominio de texturas francas.

Cercano al área de estudio, en las inmediaciones del barranco ubicado a un costado, existe otro tipo de orden de suelo llamado Inceptisoles (del latín Inceptum= comienzo o incipiente), son suelos minerales de baja a moderada evolución, pero con horizontes bien diferenciados, representan el 51.48% de la superficie del departamento de Guatemala ocupando el primer lugar debido a su extensión.

Con base a la construcción de la leyenda del mapa de suelos y la descripción de las unidades cartográficas de suelos (UCS) se determina que el área de estudio corresponde a la leyenda: AQFb y cercano a la zona del barranco corresponde a la leyenda ACAf3.

La descripción de la UCS correspondiente a la zona de estudio nos indica que el código AQFb expresa la siguiente información:

- A: Código del paisaje y ambiente morfogenético = Altiplano hidro-volcánico.
- Q: Clima ambiental según clasificación climática de Thornthwaite = Templado subhúmedo.
- F: Clase de unidad cartográfica y clasificación de suelos dominante = Consociación Valle de La Ermita, Pachic Haplustolls familia franca fina. Superactiva, isotérmica.
- b: Indican las fases por pendiente, pedregosidad, adloramientos rocosos, encharcamientos ocasionales = Ligeramente inclinadas (3% - 7%)

La característica de este suelo es que son moderadamente profundos, drenaje natural bueno, texturas moderadamente finas, pH ligeramente ácido y neutro, materia orgánica baja, fertilidad natural alta. El material parental son tefras, cenizas volcánicas y pómez.

La descripción de la UCS que corresponde a la zona del barranco cercana al área de estudio nos indica que el código ACAf3 expresa la siguiente información a tomar en cuenta:

- A: Código del paisaje y ambiente morfogenético = Altiplano hidro-volcánico.
- C: Clima ambiental según clasificación climática de Thornthwaite = Unidad que se encuentra en más de un tipo de clima ambiental, por ejemplo, ubicadas en cañones y cañadas =Templado subhúmedo a templado húmedo.

- A: Clase de unidad cartográfica y clasificación de suelos dominante = Grupo indiferenciado Barrancos de Guatemala, Typic Humustepts, familia franca fina sobre arcillosa, mezclada, superactiva, isotérmica.
- f: Indican las fases por pendiente, pedregosidad, adloramientos rocosos, encharcamientos ocasionales = Moderadamente escarpadas (50% - 75%)
- 3: Erosión de grado severo.

La característica de este suelo es que son suelos profundos, drenaje natural moderadamente excesivo, texturas moderadamente finas sobre finas, pH fuertemente ácido y neutro, materia orgánica alta y baja, y fertilidad natural alta. El material parental son tefras, cenizas volcánicas y pómez.

La unidad AQF, Consociación Valle de la Ermita: Pachic Haplustolls, familia franca fina, mezclada, superactiva, isotérmica, se encuentra a inmediaciones de la ciudad de Guatemala, integrando la zona del parque Erick Barrondo y varias fincas en los alrededores.

Según la clasificación climática de Thornthwaite, el clima es Templado subhúmedo, presenta una temperatura media anual de 19.8°C; 1,150 mm de precipitación y una altitud media de 1482 msnm.

Los suelos de esta unidad se han desarrollado de tefras, (cenizas volcánicas y pómez); en pendientes ligeramente planas, ligeramente inclinadas y moderadamente inclinadas y en el tipo de relieve de Terraza.

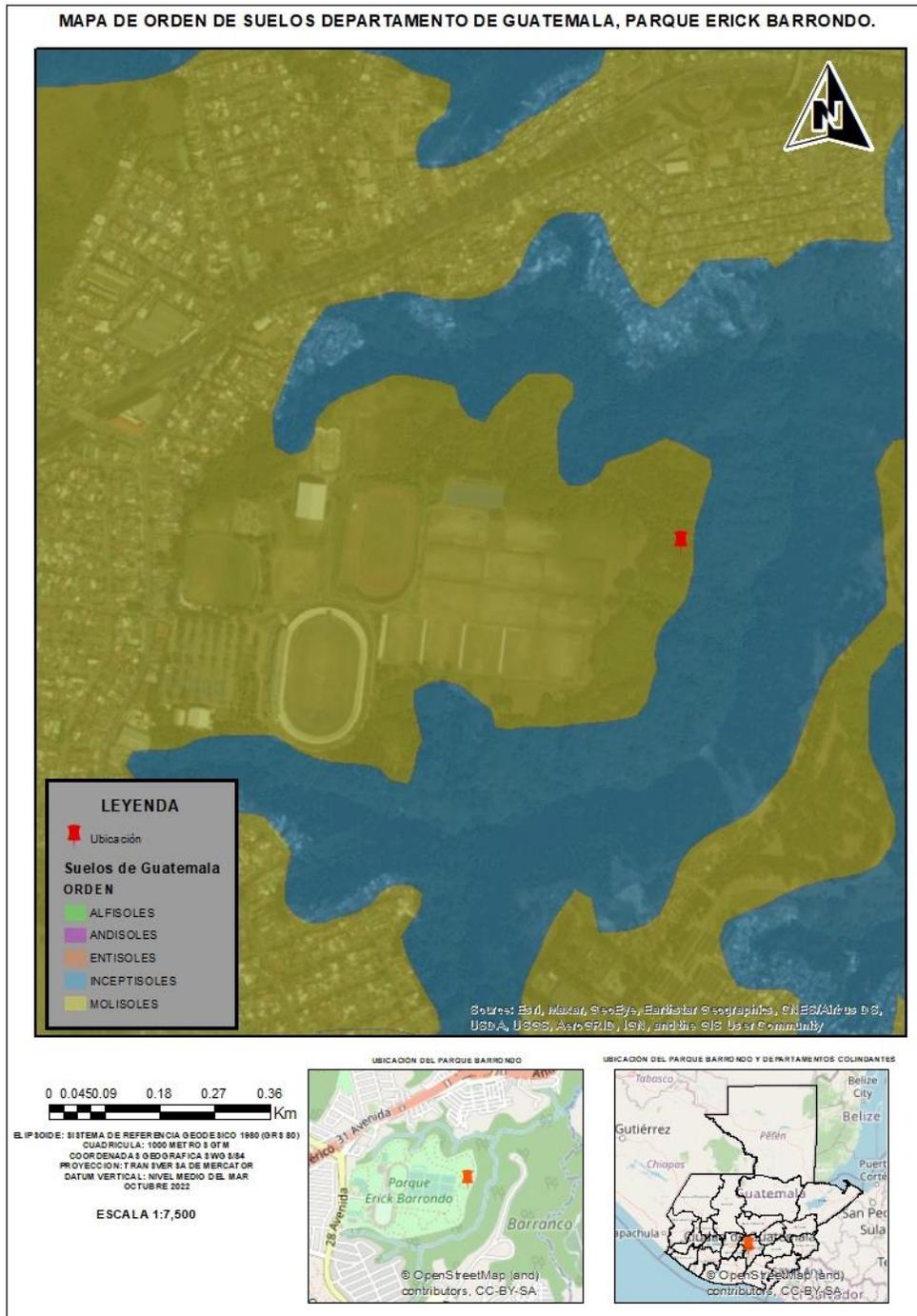
La descripción del perfil del suelo y características de los horizontes se detallan a continuación:

	Profundidad (cm)	Características de los horizontes
Ap	0-25	Franco Arcillosa Pardo muy oscuro
A1	25	Franco limosa Negro
A2	60	Franco Arcillosa pardo grisáceo muy oscuro
Cd	95-130	Franco limosa Pardo Oscuro

Del tipo de perfil Modal, un horizonte diagnóstico Epipedón Mólico, espeso y oscuro con una limitante de ser material compactado. Textura de campo arcillosa, consistencia en húmedo es friable, en mojado es pegajosa y ligeramente plástica; muchos poros, finos y medianos; pocas raíces.

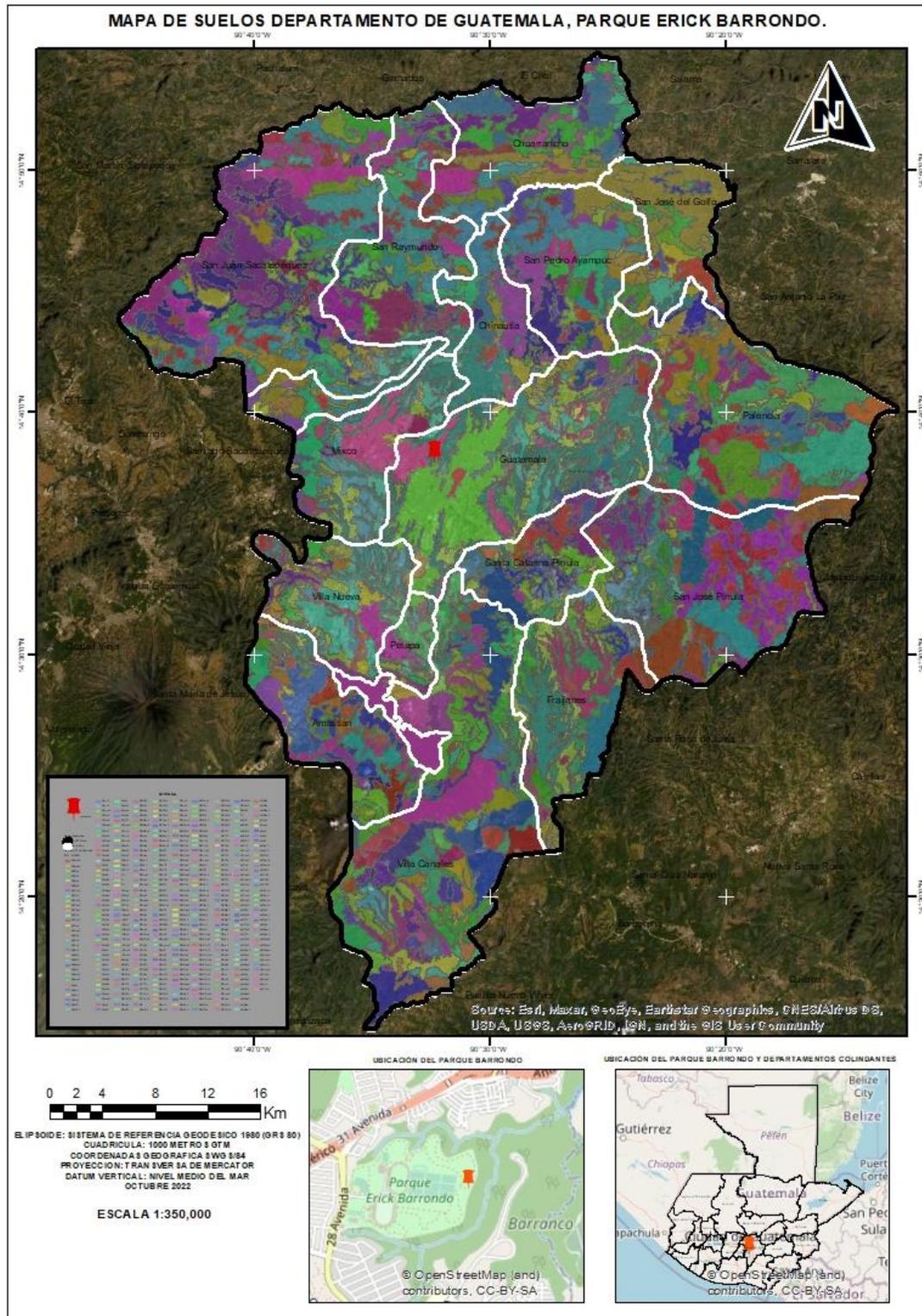
A continuación, se presentan los mapas de orden de suelos y la clasificación de suelos del departamento de Guatemala, detallando la zona de estudio en el parque Erick Barrondo.

Figura 3. Mapa de orden de suelos departamento de Guatemala, Parque Erick Barrondo.



Fuente: Elaborado por autor del documento con base en el mapa temático de Clasificación de suelos del departamento de Guatemala, MAGA.

Figura 4. Mapa de clasificación de suelos departamento de Guatemala, Parque Erick Barrondo.



Fuente: Elaborado por autor del documento con base en el mapa temático de Clasificación de Suelos del departamento de Guatemala, MAGA.

4.2 Prueba de infiltración de suelos

Fotografía 1. Fotografía del área en donde se realizó la prueba de infiltración.



Fuente: Fotografía tomada por el autor del documento.

- ✚ Se define la infiltración como el proceso de entrada de agua en el suelo, generalmente a través de la superficie y verticalmente hacia el interior del suelo. La velocidad con la cual el agua entra al suelo disminuye con el tiempo, hasta que esta no presenta variación, llegando a una velocidad estabilizada o infiltración básica del suelo.
- ✚ La prueba de infiltración realizada consistió en excavar manualmente un agujero en el suelo con un diámetro de 12 cm y a una profundidad de 30 cm.
- ✚ El agua para realizar la prueba la proporcionó el consultor técnico.
- ✚ La prueba se realizó con las paredes del agujero suficientemente saturadas de agua debido a las constantes lluvias del territorio.
- ✚ Se extrajo una muestra de suelo de 1lb para analizar en el laboratorio las propiedades físicas del mismo.

Cuadro 1. Información de la prueba de infiltración.

Prueba	Referencia de Prueba	Tipo de suelo	Diámetro (cm)	Radio (cm)	Altura (cm)	Hora inicio	Hora final
1	Parque Erick Barrondo	Franco Arenoso	12	6	30	09:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.

Fuente: Elaboración por el autor del documento, 2022.

Cuadro 2. Clasificación de velocidad de infiltración.

Infiltración (cm/hora)	Interpretación
< 0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.0 – 6.3	Moderada
6.3 -12.7	Moderadamente Rápida
12.7 – 25.4	Rápida
>25.4	Muy rápida

Fuente: Física de suelos. IGAC. 1990.

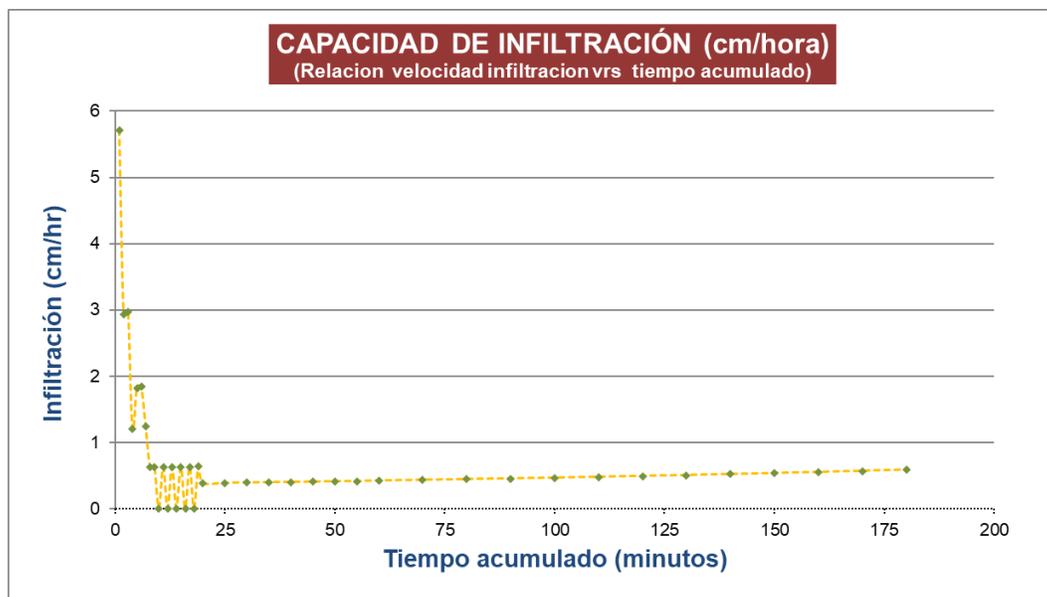
Cuadro 3. Resultados Infiltración básica.

Infiltración (mm/hr)	7.93
Infiltración (cm/hr)	0.79

Fuente: Elaboración del autor del documento, 2022.

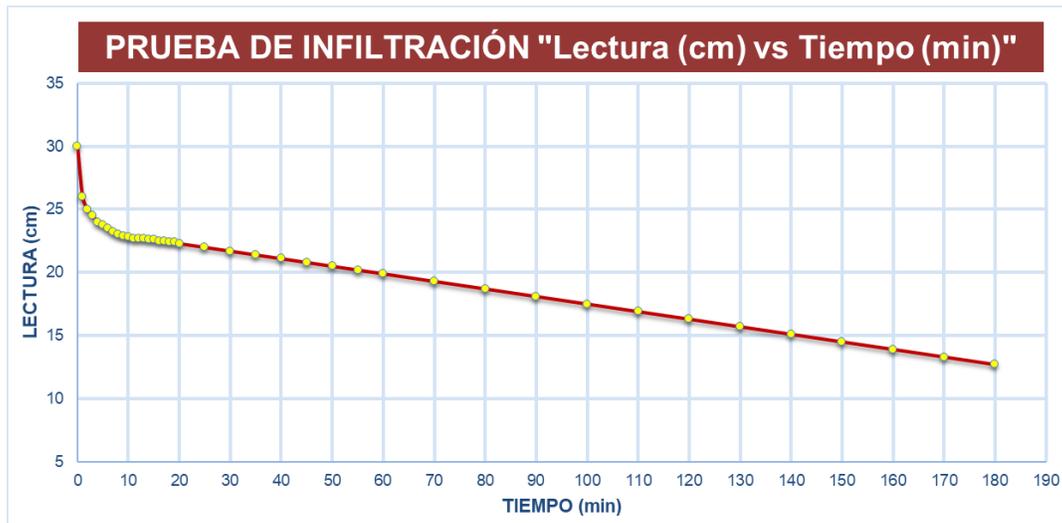
Análisis: El resultado de la prueba de infiltración realizada, se considera satisfactorio, al momento de tener saturado el suelo se logra apreciar que la infiltración básica en el terreno ubicado al fondo del parque Erick Barrondo es en promedio 0.79 cm/ hora en suelo saturado, tomando como referencia otros estudios realizados en donde utilizando el mismo método de Porchet pero en suelo no saturado la velocidad de infiltración es de 1.06 cm/hora, por lo que la velocidad se clasifica como moderadamente lenta en suelo saturado y no saturado, tomando en consideración lo anterior, la capacidad que tiene el suelo de filtrar el agua en relación al factor de la textura del suelo muestra no ser esta un limitante para permitir el paso del agua hacia los siguientes estratos del suelo, pudiéndose observar mediante algunas exploraciones en campo que el estrato siguiente se conforma por arena pomez con limo que a su vez representa características favorables para la infiltración. El coeficiente de permeabilidad se expresa como: $k=0.83 \text{ cm/h} = 0.014 \text{ cm/min} = 2.30 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$. lo cual indica que la propiedad del drenaje en el terreno representa buen drenaje,

Figura 5. Capacidad de infiltración (fc): Unidad de muestreo Parque Erick Barrondo.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 6. Prueba de infiltración: Unidad de muestreo Parque Erick Barrondo.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.3 Textura de suelo

Cuadro 4. Análisis físico de suelo.

Muestra	Procedencia	DAP (Gr/cc)	%			Clase textural
			Arcilla	Limo	Arena	
1	Parque Erick Barrondo, Zona 7 Ciudad Capital	1.000	16	12	72	Franco Arenoso

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Durante el tiempo de transcurrida la prueba, se visualizaron algunas excavaciones realizadas en el terreno, pudiendo observar los estratos presentes en la zona de estudio. En una de las calicatas de buena profundidad se pudo observar que entre los 90 cm y 1 m de profundidad el suelo está conformado por arcilla de coloración café oscuro y luego existe un estrato conformado por arena pómez con limo de una coloración café más clara.

Análisis: La porción de cada elemento del suelo está constituida por el porcentaje de arcilla, limo y arena. La textura de un suelo dependerá de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo. El suelo muestra una clase textural denominada Franco Arenoso. Este tipo de suelo presenta agregados de consistencia dura muy resistentes a dejarse romper con la mano, son suelos de textura media, predomina la arena generalmente una coloración marrón oscuro a claro. Al ser un suelo franco, se considera una textura equilibrada de arena, limo y arcilla, esto supone un equilibrio entre la

permeabilidad del agua y la retención. Es decir que el tamaño de las partículas del suelo permite que el agua se infiltre en el suelo y a su vez conserve la humedad del mismo.

Según los análisis de laboratorio realizados para conocer la textura del suelo (ver anexos) se determinó que este es un suelo Franco Arenoso. Cabe mencionar que el estrato analizado corresponde a los primeros metros del suelo, mientras que, según la estratigrafía del estudio de suelos de la misma área, a la profundidad de 12 metros se puede encontrar una textura arenosa o porosa (pómez) que favorece la permeabilidad según sus propiedades físicas.

4.4 Bases de diseño para el proyecto de “CONSTRUCCIÓN EDIFICIO DE LA ORQUESTA SINFÓNICA NACIONAL, PARQUE ERICK BERNABÉ BARRONDO GARCÍA GUATEMALA, GUATEMALA”.

A continuación, se detallan los criterios de diseño empleados para el diseño de los pozos de absorción

4.4.1 Cálculo de caudal pluvial

Se utiliza el método racional para el cálculo del caudal por escorrentía, para áreas impermeables como las áreas que tienen techos, banqueta y para áreas permeables como áreas que tengan capacidad de infiltración como áreas verdes a la intemperie.

Cálculo de Intensidad de lluvia con la formula del INSIVUMEH para la región pacifica

$$I = \frac{6889.1}{t + 39.5}$$

El tiempo de concentración (t) se utilizó 5 minutos.

$I = 6889.1 / (5 + 39.5) = 154.81 \text{ mm/h}$, **se utilizará 150 mm/h**

$Q = CIA / 360$

Donde

- Q= Caudal de agua pluvial por escorrentía (m³/s).
- I= Intensidad de lluvia (mm/h).
- A= Área de influencia (Ha)

- Para el cálculo del caudal del área **No permeable** se utilizó un coeficiente de escorrentía de 0.95
- Para el cálculo del caudal del área **Permeable** se utilizó un coeficiente de escorrentía de 0.3

El diseño de la red de drenaje pluvial será nuevo y cumple los principios básicos, el cual establece que una tubería de drenaje no debe de funcionar a presión, es decir que debe de trabajar a sección parcial, para esto el caudal de diseño tiene que ser menor que el caudal a sección llena de la tubería propuesta.

4.4.2 Especificaciones técnicas del sistema de tubería.

Tuberías para drenajes de aguas para los drenajes pluviales se recomienda para su correcto funcionamiento, utilizar las siguientes características de tubería. La tubería y accesorios a utilizar será PVC, sanitaria, de ochenta libras por pulgada cuadrada (80 psi), que cumpla con especificaciones un SDR 51 ASTM D2241-00

La tubería a utilizar para el **drenaje pluvial** será de un diámetro (\emptyset) de 4" para las Bajadas de Agua Pluvial (BAP) y para los colectores principales un diámetro de (\emptyset) 4", 6" y 8 las cuales son unificadas en una caja unificadora para desfogar en diferentes puntos hacia los pozos de absorción a través de una tubería de PVC con un diámetro (\emptyset) de 6" y 8" y una pendiente del 1.00% Norma ASTM F949.

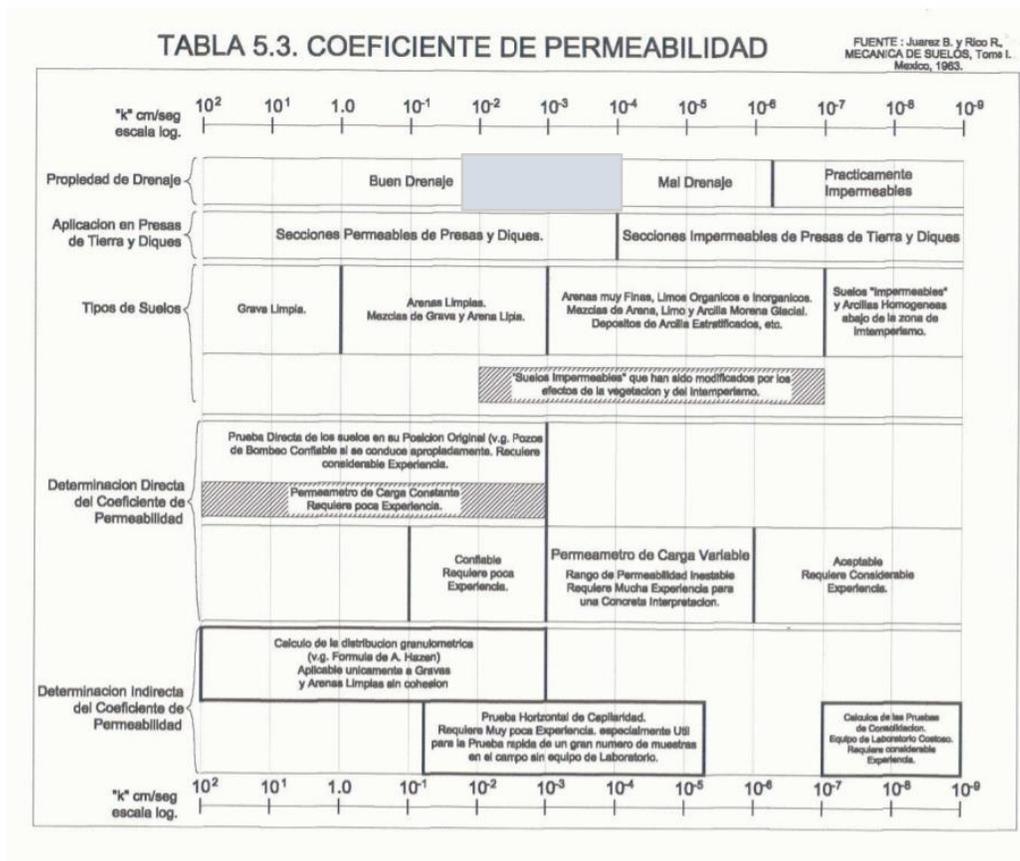
4.4.3 Parámetros de diseño del pozo de absorción.

Según la información recabada de un ensayo de estratificación del suelo, cuando se perforó el pozo de agua potable que abastece el inmueble, donde se realizara el proyecto, arrojan los siguientes datos los cuales fueron tabulados y considerados para el diseño.

Estrato No.	Profundidad (Pies) / (metros)	Descripción
1	5 / 30.48	Formación: Limo Arcilloso.
2	10 / 60.96	Formación: Arena (fina) color blanca con pómez
3	15 / 128.01	Formación: Arena (gruesa) color negra

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Informe del pozo de agua, 1997.

Tabla 1. Tabla de coeficiente de permeabilidad.



Fuente: Juárez B y Rico R. Mecánica de suelos Tomo I 1993.

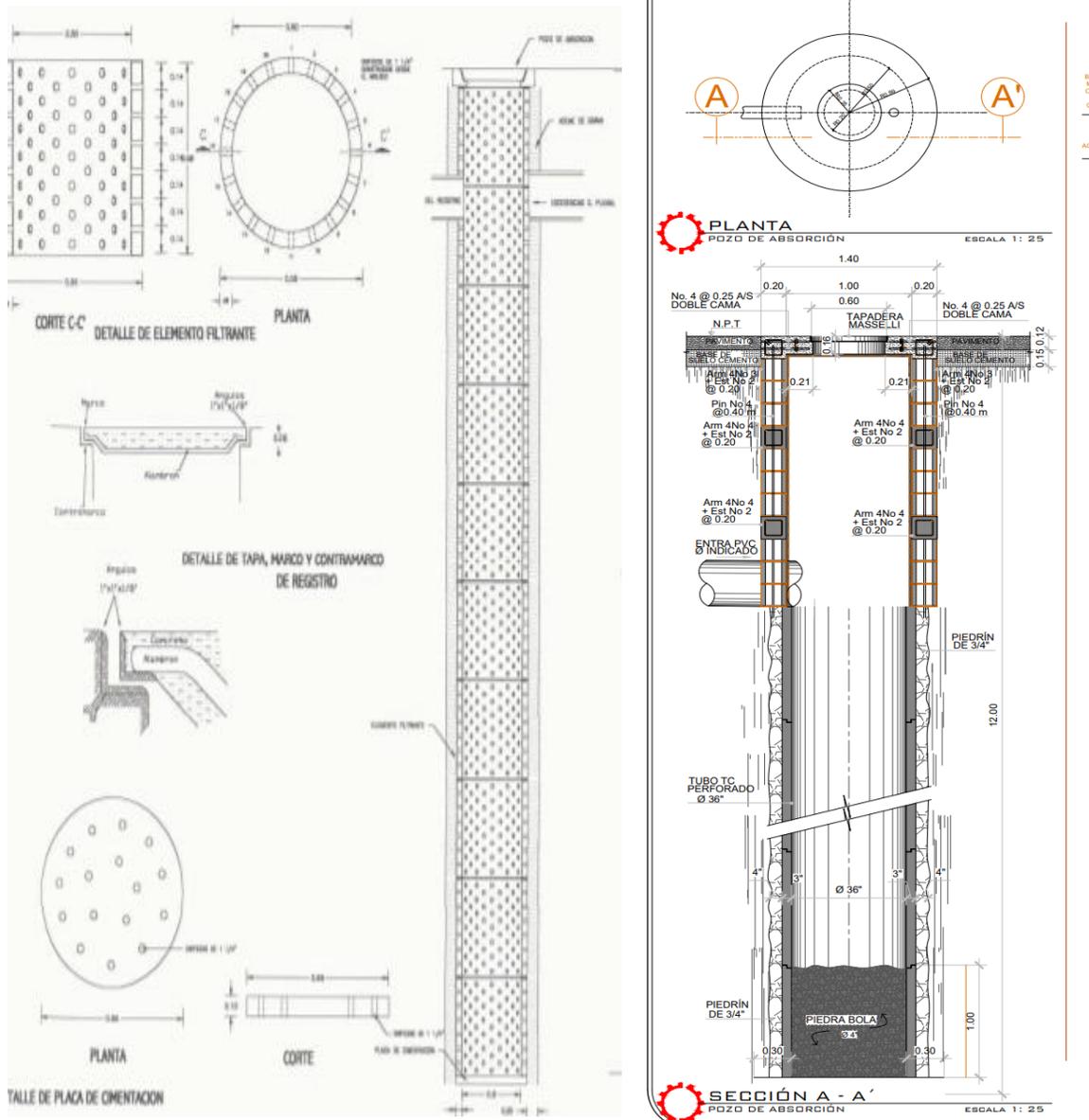
Tabla 2. Tabla de Conductividad Hidráulica teórica según textura de suelo.

Clase textural	Conductividad hidráulica saturada (mm/h)
Arena	210.06
Arena migajosa	61.21
Migajón arenoso	25.91
Franco	13.21
Migajón limoso	6.86
Migajón arcillo-arenoso	4.32
Migajón arcilloso	2.29
Migajón arcillo-limoso	1.52
Arcilla arenosa	1.27
Arcilla limosa	1.02
Arcilla	0.51

Fuente: Wanielista, 1990.

El pozo de absorción propuesto, tendrá la capacidad de tener área permeable a los costados internos y al fondo, este será encamisado en sus paredes con tubería de concreto perforada y con grava de 1" entre el suelo y la tubería. En la parte del fondo tendrá grava de 4" para evitar la socavación de la caída del agua de la tubería. El diámetro del pozo de absorción será de 1.40m y una profundidad propuesta de 15 metros, como se demuestra en el croquis siguiente:

Figura 6. Croquis del pozo de construcción a implementar.



Fuente: Lineamientos técnicos para factibilidades, SIAPA, 2014

4.4.4 Memoria de cálculo

A continuación, se detallan los cálculos realizados para el establecimiento del sistema agua pluvial

El área (A) se encuentra en hectáreas y la intensidad de lluvia (I) en mm/h
Cálculo del caudal total a descargar en pozos de infiltración:

AREA TOTAL DE INTERVENCIÓN 4,900.00m²

AREA NO PERMEABLE:

Área de captación de agua de lluvia = 4,900.00m² (0.4900 Ha)

$$Q = 0.95 * 150.00 * 0.49000 / 360$$

$$Q = 0.19396 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (193.96 L/s)}$$

4.4.5 Sistema de Infiltración

El cálculo hidrológico se ha realizado considerando una intensidad de lluvia máxima de 150mm/hora (para una tormenta que dure 15 minutos) y un coeficiente de escorrentía de 0.95 para superficies impermeables y 0.3 para superficies permeables. El proyecto contará con 14 pozos de infiltración de agua pluvial y 2 pozos de agua residual tratada, con una profundidad de 15 m.

Se hace un ejemplo para una descarga CRITICA

Para una descarga critica en el proyecto:

Caudal a infiltrar 40.58 L/s = 0.04058m³/s

Estas lluvias se presentan por no más por 15 minutos es decir un caudal no mayor a 36.52 m³

Conociendo las dimensiones que tendrá el pozo de absorción, procedemos a calcular el caudal que tienen capacidad de absorber.

Área efectiva de absorción del pozo = Área lateral del cilindro

Área útil = Caudal diario / tasa de infiltración.

La profundidad útil = Área útil / Área efectiva de absorción

Geometría del pozo de absorción

Diámetro excavación = 1.40 m.

Caudal a infiltrar 40.58 L/s = 0.04058m³/s

Radio = 0.70 m.

Perímetro Pozo = $2 \cdot \pi \cdot r = 4.40$ m.

Profundidad efectiva de pozo = 13.00 m

Volumen del pozo = $\pi \cdot r^2 \cdot h = 20.01$ m³

Área del fondo Pozo = $\pi \cdot r^2 = 1.539$ M².

Área efectiva de absorción (A_i) = 57.20 M²

La estimación del caudal a infiltrar por pozo está dada por la siguiente fórmula

$$Q = A_i \cdot V_{si}$$

Donde:

A_i = Área de infiltración, en m².

Q = Caudal, en m³/día.

V_{si} = Velocidad de infiltración del suelo en promedio, en m/s. (0.1869exp-5 m/s según textura encontrada)

$$Q = 57.20 \text{ m}^2 / 0.1896 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día} = 301.69 \text{ m}^3/\text{día} = \underline{\underline{3.49 \text{ L/s}}}$$

Tomando en cuenta que la duración de estas tormentas con esta duración no dura más de 15 minutos el volumen necesario de filtración es de 40.58m³/día.

Por lo tanto, tiene una capacidad para retener agua de 15.39m³ y para filtrar 2.82 L/s de tal manera que con 3 pozos de absorción se cumple con lo requerido para filtrar y almacenar la capacidad de agua que pueda provocarse de una tormenta.

Es suficiente el caudal de infiltración que los 3 pozos poseen para filtrar el agua pluvial.

RESUMEN: 14 Pozos = $3.49 \cdot 14 = 48.86$ L/S, diferencia con el requerido = 193.96 L/s - 48.86 L/s = 145.10 L/s por lo menos deben de retener la capacidad de 15 minutos de esta lluvia, lo cual da un resultado de 145.10 L/s * 60 s * 15 min = $130,590$ L = 130.59 m³.

La capacidad de almacenamiento de los pozos para retener es de $14 \cdot 20.01 = 280.14$ m³, por lo tanto tiene capacidad suficiente para almacenar el déficit de infiltración.

NOTA: EN CASO QUE LA TASA DE INFILTRACION FUESE MENOR QUE LA UTILIZADA EN EL CALCULO ES NECESARIO LA CONSTRUCCION DE OTRO POZO DE INFILTRACION.

El mismo calculo se realizó para la descarga de aguas residuales, (caudal 0.2635L/s) que es menor a la capacidad de 3.49L/s de filtrar de los pozos de absorción.



5 CONCLUSIONES

El ensayo de infiltración se realizó en las capas del subsuelo próximas al nivel natural del suelo, por lo que se podría considerar estos resultados como la tasa de infiltración de agua superficial en suelo saturado completamente, por lo tanto, la tasa de infiltración no puede ser menor a esta.

Según la textura del suelo analizada en laboratorio mostro que la misma se compone en un 16% de Arcilla, 12% Limo y 72% Arena, siendo esta muestra extraída del punto cercano donde se piensa realizar el pozo de absorción, en los estratos próximos al nivel del terreno natural, se considera que la capacidad de infiltrar el agua en dicho suelo es favorable para el proyecto.

Los datos del ensayo de infiltración por el método Porchet arrojaron datos de 7.93 mm/hr, equivalente a 0.79 cm/hr, siendo una infiltración con el suelo saturado favorable para la capa superficial del terreno. Tomando en cuenta la estratigrafía del área, el suelo se considera moderadamente permeable a permeable.

6 RECOMENDACIONES

- ✚ En caso se hicieran más de 2 pozos de absorción para aguas residuales la distancia entre ellos no deberá ser menor a 10 metros entre tangentes, para evitar la sobrecarga del suelo en los puntos, por la saturación del suelo.
- ✚ Se recomienda que cuando se realice la construcción de dicho pozo, se hagan pruebas de infiltración en el estrato definido, para corroborar que dicho estrato sea totalmente permeable y asegurar mediante análisis de suelo las propiedades físicas del mismo.

7 ANEXOS

7.1 Resultados prueba de infiltración

TIEMPO DE LECTURA (min)	LECTURA (cm)	DIFERENCIA	$R/2*(t_2-t_1)$	$2*H_1+R/2*H_2+R$	$Ln*(2*H_1+R/2*H_2+R)$	mm/min	cm/hr	mm/hr
0	30	0						
1	26	4	3	1.032258065	0.031748698	0.095246095	5.7148	57.14765697
2	25	1	3	1.016393443	0.016260521	0.048781563	2.9269	29.26893757
3	24.5	0.5	3	1.016666667	0.016529302	0.049587906	2.9753	29.75274351
4	24	0.5	3	1.006711409	0.006688988	0.020066964	1.2040	12.04017867
5	23.8	0.2	3	1.010169492	0.01011813	0.03035439	1.8213	18.2126343
6	23.5	0.3	3	1.010273973	0.010221554	0.030664662	1.8399	18.39879733
7	23.2	0.3	3	1.006896552	0.006872879	0.020618638	1.2371	12.37118272
8	23	0.2	3	1.003460208	0.003454235	0.010362705	0.6218	6.217622763
9	22.9	0.1	3	1.003472222	0.003466208	0.010398624	0.6239	6.239174358
10	22.8	0.1	3	1	0	0	0.0000	0
11	22.7	0	3	1.003484321	0.003478264	0.010434793	0.6261	6.260875877
12	22.7	0.1	3	1	0	0	0.0000	0
13	22.7	0	3	1.003496503	0.003490405	0.010471215	0.6283	6.282728892
14	22.6	0.1	3	1	0	0	0.0000	0
15	22.6	0	3	1.003508772	0.003502631	0.010507892	0.6305	6.304734992
16	22.5	0.1	3	1	0	0	0.0000	0
17	22.5	0	3	1.003521127	0.003514942	0.010544826	0.6327	6.326895793
18	22.4	0.1	3	1	0	0	0.0000	0
19	22.4	0	3	1.003533569	0.003527341	0.010582022	0.6349	6.349212932
20	22.3	0.1	0.6	1.010714286	0.010657294	0.006394377	0.3837	3.836626011
25	22	0.3	0.6	1.010830325	0.010772097	0.006463258	0.3878	3.877954913
30	21.7	0.3	0.6	1.010948905	0.0108894	0.00653364	0.3920	3.920183928
35	21.4	0.3	0.6	1.011070111	0.011009286	0.006605571	0.3963	3.963342783
40	21.1	0.3	0.6	1.01119403	0.01113184	0.006679104	0.4007	4.007462533
45	20.8	0.3	0.6	1.011320755	0.011257155	0.006754293	0.4053	4.052575629
50	20.5	0.3	0.6	1.011450382	0.011385322	0.006831193	0.4099	4.098716001
55	20.2	0.3	0.6	1.011583012	0.011516442	0.006909865	0.4146	4.145919142
60	19.9	0.3	0.3	1.023715415	0.023438573	0.007031572	0.4219	4.218943135
70	19.3	0.6	0.3	1.024291498	0.024001152	0.007200346	0.4320	4.320207378
80	18.7	0.6	0.3	1.024896266	0.024591403	0.007377421	0.4426	4.426452565
90	18.1	0.6	0.3	1.025531915	0.025211419	0.007563426	0.4538	4.538055482
100	17.5	0.6	0.3	1.026200873	0.025863511	0.007759053	0.4655	4.655431906
110	16.9	0.6	0.3	1.02690583	0.026550232	0.00796507	0.4779	4.779041777
120	16.3	0.6	0.3	1.02764977	0.027274418	0.008182325	0.4909	4.909395226
130	15.7	0.6	0.3	1.028436019	0.02803922	0.008411766	0.5047	5.047059612
140	15.1	0.6	0.3	1.029268293	0.028848154	0.008654446	0.5193	5.192667781
150	14.5	0.6	0.3	1.030150754	0.029705154	0.008911546	0.5347	5.346927795
160	13.9	0.6	0.3	1.031088083	0.030614636	0.009184391	0.5511	5.510634448
170	13.3	0.6	0.3	1.032085561	0.031581572	0.009474472	0.5685	5.684682969
180	12.7	0.6	0.3	1.033149171	0.032611586	0.009783476	0.5870	5.870085406

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.2 Resultados análisis físico de suelos en laboratorio.

Solicitante	Jeffrey Argueta	Identificación de muestra	0-30 CM
Finca	S/D	Departamento	Guatemala
Municipio	Villa Nueva	Cultivo	S/D
Fecha	17/10/2022	Informe No.	46222
Ref. Lab	46222		

			<i>pa (g/cm³)</i>	1.1
ARCILLA	16	%	-	-
LIMO	12	%	-	-
ARENA	72	%	-	-
CLASE TEXTURAL	Franco Arenosa		-	-

MÉTODOS ANALÍTICOS

Bases de cambio Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio pH 7; **CICE**: Sumatoria de bases y Al; Conductividad Eléctrica (CE) Electrométrico extracto de saturación; P disponible Colorimétrico: Melich I; Micronutrientes Absorción Atómica, Extracción con Melich I; Materia Orgánica: Walkley Black; pH: Potenciométrico, relación suelo:agua 1:2.5; Textura: Bouyoucos o según solicitud. Densidad aparente (pa) con base en la textura. Kg/ha: Aproximación de los contenidos totales en suelo. Observación: n/d = no determinado *n/d = no detectado. Los datos de análisis son válidos para la muestra en la forma como fue recibida en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio del ICTA no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le dé a estos datos de análisis.

Km. 21.5 carretera hacia Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.

PBX (502) 6670 1500 Ext:758

E-mail: labsueloyplanta@icta.gob.gt

www.icta.gob.gt síganos en:



@ICTAGuate



7.3 Fotografías

Fotografía 2. Excavación de agujero en el suelo



Fotografía 3. Saturación de las paredes del agujero.



Fotografía 4. Medición del diámetro del agujero (18 cm).



Fotografía 5. Profundidad del agujero (30 cm) e inicio de prueba de infiltración.

