

6. Sitio propuesto

Quien nunca ha cometido un error nunca ha probado algo nuevo.

Albert Einstein



Para definir el lugar más apropiado donde se construirá un dispositivo de infiltración, se debe realizar un análisis de ubicación donde se incluyan aspectos como tipo de suelo, infraestructura adyacente, cercanía a pozos de extracción de agua subterránea, etc. Como se describió anteriormente.

A continuación se muestra el análisis de los criterios propuestos dentro de la metodología para la selección del sitio donde se llevará a cabo la obra de infiltración. La siguiente caracterización se hace para el sitio de encharcamiento # 8, ubicado en la Colonia Valle del Campestre.

6.1. Área disponible

Una de las restricciones principales para el desarrollo de infraestructura de este tipo es la superficie disponible con que se cuenta para la construcción de la obra principal, así como de las obras complementarias para captación, si es que por diseño se requieren.

Con base en la información proporcionada por el SAPAL, se mapearon los puntos conflictivos en el programa Google Earth, de tal manera que con la ayuda de fotografías satelitales, fue posible determinar el área disponible en las cercanías de cada sitio. En la Figura 6.1 se muestra la zona de inundación # 8, donde se observa que se tiene un área verde en la cual sería posible construir una obra para infiltración de agua pluvial.

Además de contar con el área disponible, ésta zona es de fácil acceso, ya que se encuentra cerca de una vialidad importante, Blvd. Juan Alonso de Torres, y al estar en una calle paralela, la realización de obras no conflictuaría el tránsito en sus inmediaciones.

Este es el punto más importante, puesto que el tipo de suelo predominante en la zona es de tipo granular, por lo que se considera que la obra de recarga deberá ser de tipo superficial.

6.2. Cercanía a pozos de extracción

Con base en la información proporcionada por el SAPAL, se pudo saber que el pozo Ciudad 35 se ubica cerca de la zona propuesta. En la Figura 6.2 se muestra una zona de amortiguamiento de 30 metros para cumplir con esta condición de ubicación a una obra de infiltración.



Figura 6.1 Zona de inundación 8. Valle del Campestre: Colonia Valle del Campestre.



Elaborado con información de SAPAL y Google Earth.

Figura 6.2 Ubicación del pozo Cd. 35 con respecto y su área de amortiguamiento con respecto a la zona de inundación # 8.



Elaborado con información de SAPAL y Google Earth.

Por otro lado, la relativa cercanía de estas zonas a un pozo de extracción, brinda la oportunidad de conocer más acerca del medio circundante, ya que a



través de un sondeo eléctrico en el pozo # 35, se obtuvo información muy importante para la modelación del funcionamiento de un dispositivo de infiltración. O bien, en caso de contar con el perfil litológico del pozo, éste podría complementarse y corroborarse con la excavación de pozos a cielo abierto, o bien con la extracción de núcleos de suelo hasta una profundidad de 10 o 20 metros, en función del equipo y presupuesto disponibles.

6.3. Profundidad del nivel freático

Durante el recorrido de reconocimiento que se hizo en este sitio con personal del SAPAL, se informó que el nivel freático está a 30 metros de profundidad, con base en los registros que se tienen del pozo Ciudad 35.

6.4. Propuesta piloto

Con base en la disponibilidad de información se presenta la siguiente propuesta de una obra piloto para infiltración de agua pluvial.

6.4.1. Revisión geológica y estratigráfica

Como parte de la caracterización de los sitios propuestos para la ubicación de obras de infiltración, es necesario hacer una revisión geológico-estratigráfica en la vecindad de la obra. Para ello, se cuenta con información de cortes geológicos de pozos que ha elaborado la Comisión Estatal de Agua de Guanajuato (CEAG) como parte de su labor de administrador estatal del recurso. En la Figura 6.6 se muestra la ubicación de la zona propuesta y los pozos cercanos de los que se cuenta con información litoestratigráfica. A continuación se presentan las columnas estratigráficas de los pozos mostrados en la Figura 6.6.

Como se observa en la Figura 6.6, la zona propuesta se encuentra entre los pozos Ciudad 17 y Las Hilamas. Al realizarse la revisión de la información litológica entre estas dos secciones se determinan cuales son los estratos subyacentes a la zona de interés, y por tanto el tipo de suelo predominante. El contar con la columna litológica del pozo Ciudad 35 sería de mucha utilidad, ya que se tendría la certeza de los estratos inferiores al sitio propuesto en la vecindad inmediata.

Con base en las columnas litológicas de los pozos más cercanos a la zona de interés, en la Figura 6.9 se muestran los estratos en los primeros metros de ambos pozos. Debido a la ubicación de la zona con respecto a la geología superficial (ver Figura 6.10), se estima que el estrato más parecido será el del



pozo Cd. 17, encontrándose gravas en los primeros metros, correspondientes al relleno aluvial.

6.4.1.1. Geofísica

Como parte de la caracterización a detalle de las zonas potenciales, se recomienda ampliamente llevar a cabo una campaña de caracterización geofísica. La profundidad que deberán alcanzar los sondeos geofísicos tendrá poca profundidad, máximo 10-15 metros, en función de la profundidad que vaya a tener la obra de infiltración, considerando además el caso de obras que penetren a 5 metros, y que en los manuales revisados se propone una distancia mínima al nivel freático o estrato impermeable de 5 metros.

La técnica que se recomienda utilizar son los sondeos eléctricos verticales, ya que son de fácil implementación. En caso de tener la posibilidad de realizar una tomografía eléctrica para realizar cortes geofísicos, los resultados de éstos se complementarán y cruzarán con los resultados de los excavaciones de exploración que puedan realizarse en los sitios.

Para este proyecto, el SAPAL realizó sondeos geofísicos para caracterizar la zona de estudio. La interpretación de los resultados, a priori, mostró que se encontraría una zona de baja conductividad hidráulica, comunicado por el área de exploración de SAPAL. Sin embargo, los resultados de la prueba de infiltración, mostrados más adelante, se contraponen con lo obtenido por geofísica. Lo cual no quiere decir que los sondeos geofísicos hayan sido un fracaso, sino que servirán para correlacionar los tipos de suelo encontrados en el sondeo físico con el modelo geoeléctrico, teniendo así un modelo todavía más completo. En cuanto se cuente con la información resultado de los sondeos eléctricos, que proporcionará el SAPAL podrá llevarse a cabo dicha correlación.

6.4.2. Consideraciones

En la presente sección se describen las consideraciones que permitirán predimensionar un dispositivo de infiltración para la zona piloto propuesta.



6.4.2.1. Capacidad de infiltración

Como se mencionó anteriormente la capacidad de infiltración depende del tipo de suelo, se llevó a cabo una prueba de infiltración, tomando en cuenta las recomendaciones mostradas en la sección 3.2.1.1; se hicieron algunas modificaciones al modelo original propuesto para lograr una prueba lo más cercana a la realidad.

Día 1.

En el punto de encharcamiento Z-8, donde se encuentra un área verde se realizó una perforación cuadrangular con cuatro metros por lado y una profundidad también de 4 metros. Cabe destacar que no se consiguió tener una regularidad en el fondo y las paredes de la misma debido a que con la maquinaria utilizada no se logró obtener tal fineza en la excavación.

Antes de realizar la primera prueba de infiltración se llenó la fosa en el primer metro con el volumen de agua contenido en una pipa con capacidad de 10,000 litros, esto se realizó para saturar el medio adyacente a la fosa de tal manera que la prueba se apegase a las condiciones reales de funcionamiento. Se dejó que el agua se infiltrará para regresar al día siguiente y llevar a cabo la prueba.

Figura 6.3 Fosa para de prueba de infiltración (1)





Figura 6.4 Llenado de la fosa para de prueba de infiltración (2)



Día 2.

Para llevar a cabo la prueba se habilitó un flexómetro de 5 m de largo como escala de medición para el descenso del agua en la fosa.

Debido a la profundidad de la fosa no fue posible tener a una persona en la parte baja para llevar a cabo las lecturas, por lo que se hizo uso de binoculares para realizar las lecturas, con el debido error de paralaje en las mediciones, el cual fue constante, considerando así que no tuvo repercusiones al momento de estimar las velocidades de infiltración.

Para la primera prueba se llenó la fosa hasta un metro por encima del fondo y se llevaron a cabo las lecturas hasta que se tuvo una altura de 20 cm por encima del fondo. Inmediatamente se procedió a llenar de nuevo la fosa hasta el nivel de inicio de la prueba 1, para comenzar con la prueba 2. Esto mismo se repitió para la prueba # 3. En la Tabla 6.1 se muestran las lecturas de las pruebas realizadas.



Tabla 6.1 Resultados de la prueba de infiltración

Primera inundación		Segunda inundación		Tercera inundación	
Tiempo (min)	Altura de agua (cm)	Tiempo (min)	Altura de agua (cm)	Tiempo min)	Altura de agua (cm)
0	85	0	97.5	0	98
15	73.5	1	96	60	72
30	64.5	15	88	120	40
45	56	30	79	150	32
60	49	60	65	180	23
75	43.5	90	55		
90	37	120	44		
105	30	150	35		
120	25.5	180	26		
135	20				

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de infiltración se calcula como la diferencia en el nivel en el intervalo de tiempo que se llevaron a cabo las mediciones.

$$C_i = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

En las siguientes Tablas se muestran los cálculos para estimar la capacidad de infiltración en cada prueba.

Tabla 6.2 Resultados de la primera prueba de infiltración

Primera inundación						
Tiempo (min)	N.D. (cm)	Dt (min)	Dh(cm)	Dh/Dt (cm/min)	Dh/Dt (m/h)	Dh/Dt (m/día)
0	85	15	11.5	0.77	0.46	11.04
15	73.5	15	9	0.60	0.36	8.64
30	64.5	15	8.5	0.57	0.34	8.16
45	56	15	7	0.47	0.28	6.72
60	49	15	5.5	0.37	0.22	5.28
75	43.5	15	6.5	0.43	0.26	6.24
90	37	15	7	0.47	0.28	6.72
105	30	15	4.5	0.30	0.18	4.32
120	25.5	15	5.5	0.37	0.22	5.28
135	20					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.3 Resultados de la primera prueba de infiltración**

Segunda inundación						
Tiempo (min)	N.D. (cm)	Dt (min)	Dh(cm)	Dh/Dt (cm/min)	Dh/Dt (m/h)	Dh/Dt (m/día)
0	97.5	1	1.5	1.50	0.90	21.60
1	96	14	8	0.57	0.34	8.23
15	88	15	9	0.60	0.36	8.64
30	79	30	14	0.46	0.28	6.72
60	65	30	10	0.33	0.20	4.80
90	55	30	11	0.367	0.22	5.28
120	44	30	9	0.30	0.18	4.32
150	35	30	9	0.30	0.18	4.32
180	26					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.4 Resultados de la primera prueba de infiltración

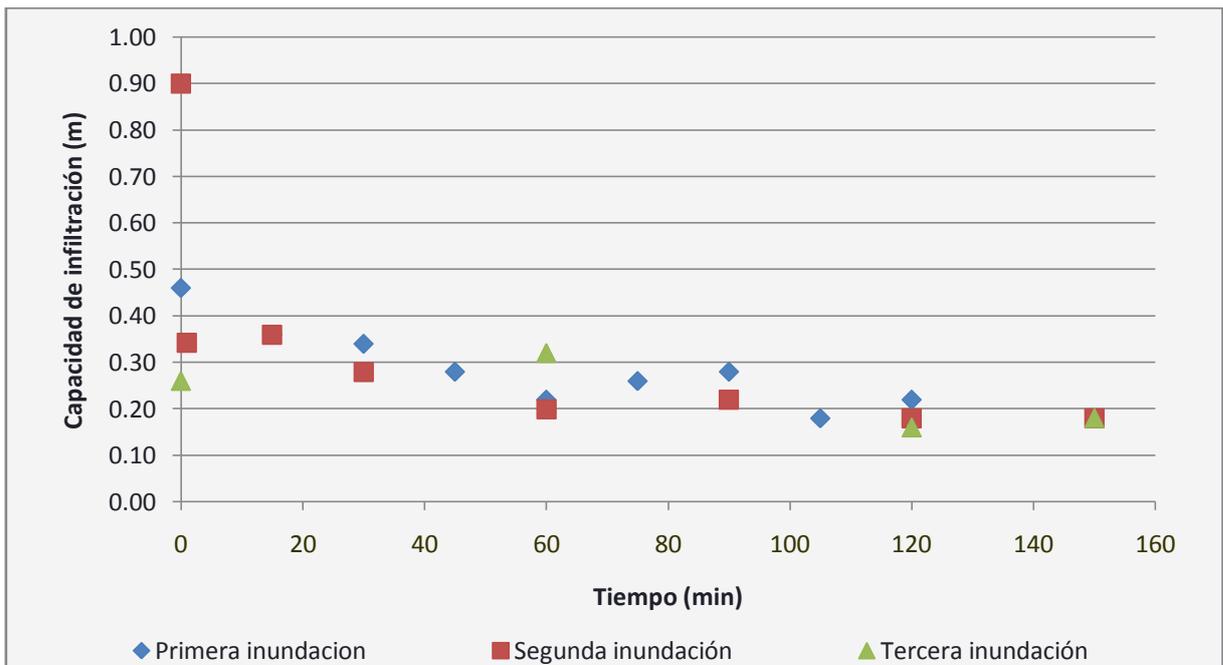
Tercera inundación						
Tiempo (min)	N.D. (cm)	Dt (min)	Dh(cm)	Dh/Dt (cm/min)	Dh/Dt (m/h)	Dh/Dt (m/día)
0	98	60	26	0.43	0.26	6.24
60	72	60	32	0.53	0.32	7.68
120	40	30	8	0.27	0.16	3.84
150	32	30	9	0.30	0.18	4.32
180	23					

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran graficados los resultados de la capacidad de infiltración para cada prueba.



Figura 6.5 Capacidad de infiltración vs tiempo (Duración de la prueba)



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se observa que los resultados de la primera prueba se encuentran ligeramente por encima de los obtenidos para las pruebas 2 y 3, esto debiéndose probablemente a que en las últimas pruebas el medio se encuentra con una mayor cantidad de agua, de tal manera que las condiciones de funcionamiento se aproximan más a las de operación bajo un evento de precipitación. Para fines de cálculo se utilizarán los resultados de las pruebas 2 y 3, una vez que se hacen constantes ($C \approx 0.18$ m/h).

6.4.2.1.1. Descripción del suelo encontrado

En la fosa de prueba pudo observarse que el suelo en la primera capa tiene un relleno de materia orgánica con altos contenidos de arcilla, que le hacen impermeable en el primer metro. Una vez que se profundiza comienza a encontrarse una intercalación de arcillas y gravas con contenidos de arenas y arcillas. En el estrato suprayacente al fondo de la excavación se hallaron nuevamente gravas con una matriz areno-arcillosa.



6.4.2.1.2. Conclusiones de la prueba de infiltración

Para una mayor confiabilidad de los resultados, se propone llevar a cabo la prueba durante un mayor periodo de tiempo, 1 semana arrojaría resultados más apegados a las condiciones reales de operación.

En las siguientes pruebas se propone realizar un ensayo combinado de carga variable (CV) sobre el fondo de la fosa y de carga constante (CC), para observar cuánto impacta esto en la capacidad de infiltración y si es posible tomar como válidos los resultados de la prueba con CV.

La capacidad de infiltración hallada es la mínima que se encontrará puesto que las últimas mediciones se realizaron con la menor carga hidráulica sobre el fondo de la fosa.

El promedio obtenido en el experimento es de 4.3 m/día, muy superior al promedio mostrado en la Tabla 4.1. Al tener una capacidad de infiltración tan alta, el suelo se hace sensible a la colmatación. Así que se deberá tener especial cuidado con la incorporación de partículas a las trincheras. Para ello deberán tenerse filtros de grava y arena, los cuales puedan ser removidos y/o limpiados.

Para elegir la capacidad de infiltración que sirva como parámetro de diseño deberá tomarse en cuenta el efecto de reducción por saturación del suelo y que el agua que se infiltrará será de una calidad diferente a la utilizada para la prueba. Por lo tanto, la capacidad de diseño utilizada se reducirá en un 30%, previendo este tipo de situaciones. Tenido que la capacidad de infiltración de diseño será la siguiente

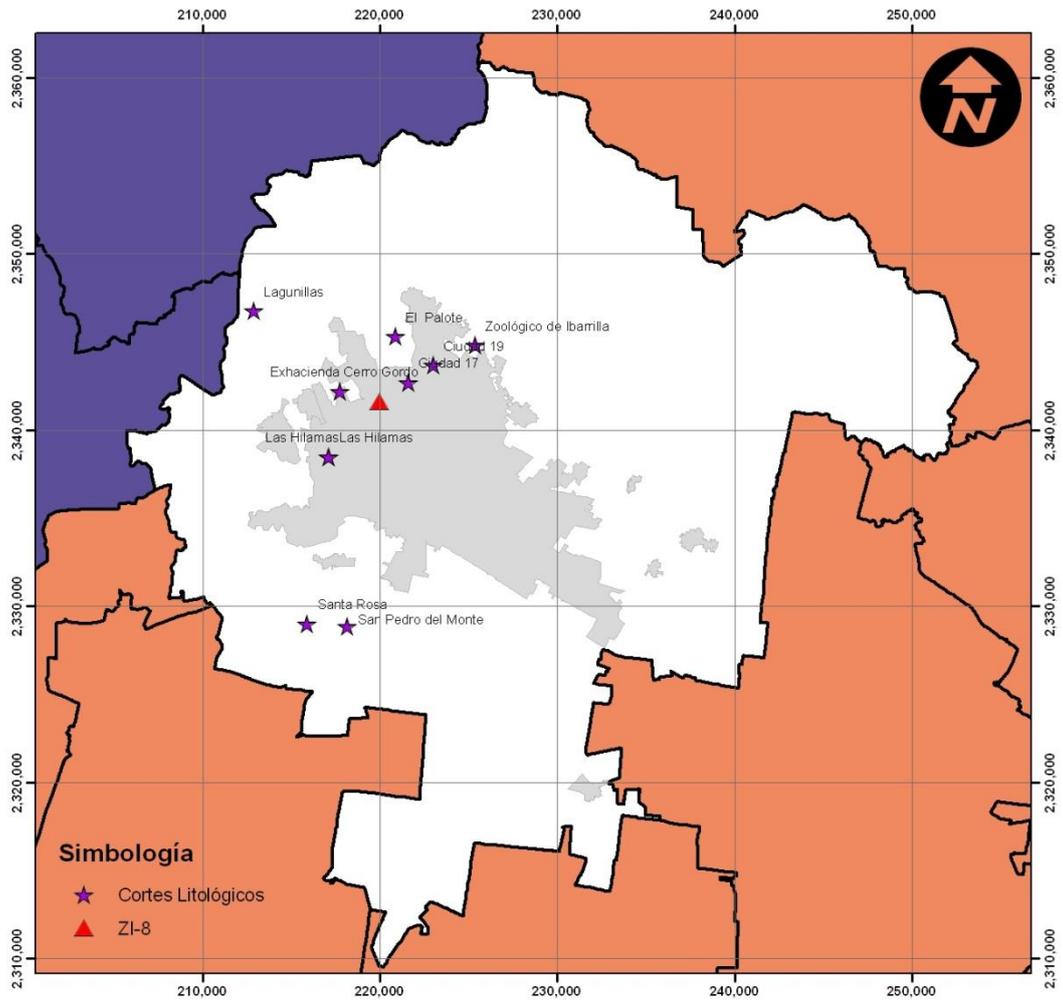
$$C = 0.126 \text{ m/h.} = 3.024 \text{ m/día}$$

6.4.2.2. Evento de diseño

Para el sitio de estudio, con base en la Tabla 4.3, para zonas de viviendas unifamiliares, se propone un período de retorno de 1.5 años, y una tormenta típica de duración de 60 minutos como evento de diseño. Con base en ésta información y la ecuación IDF estimada para el municipio, se tendrá una intensidad de precipitación de 27.63 mm/h.



Figura 6.6 Ubicación de los sitios propuestos y de los pozos con información litoestratigráfica.



Elaborado con información de INEGI y CEAG



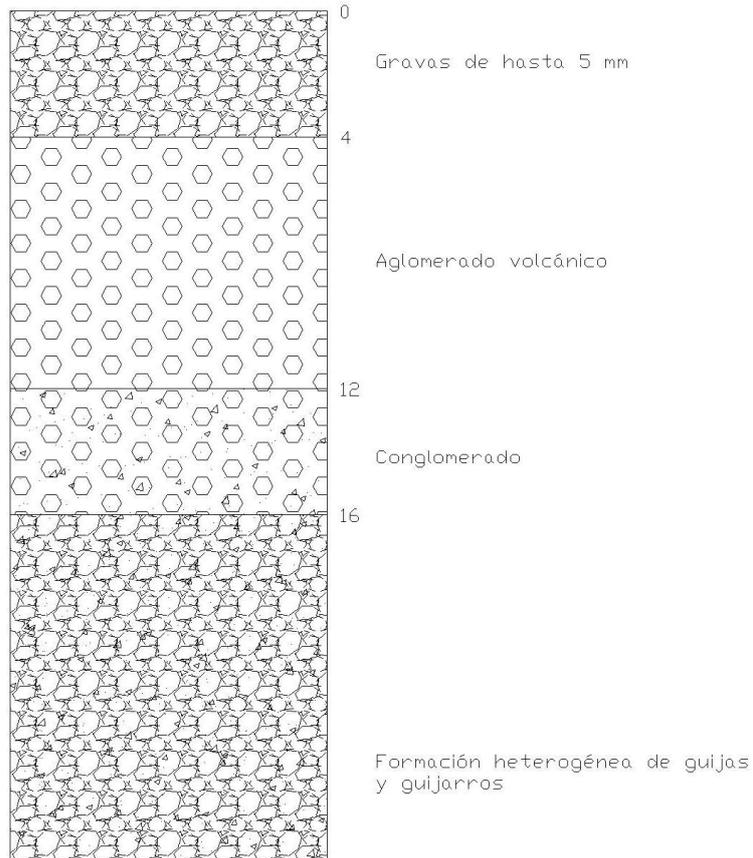
Figura 6.7 Corte litológico del pozo Las Hilamas. Cortesía CEAG.



Fuente: CEAG



Figura 6.8 Estratos más superficiales del corte litológico del pozo Ciudad 17.

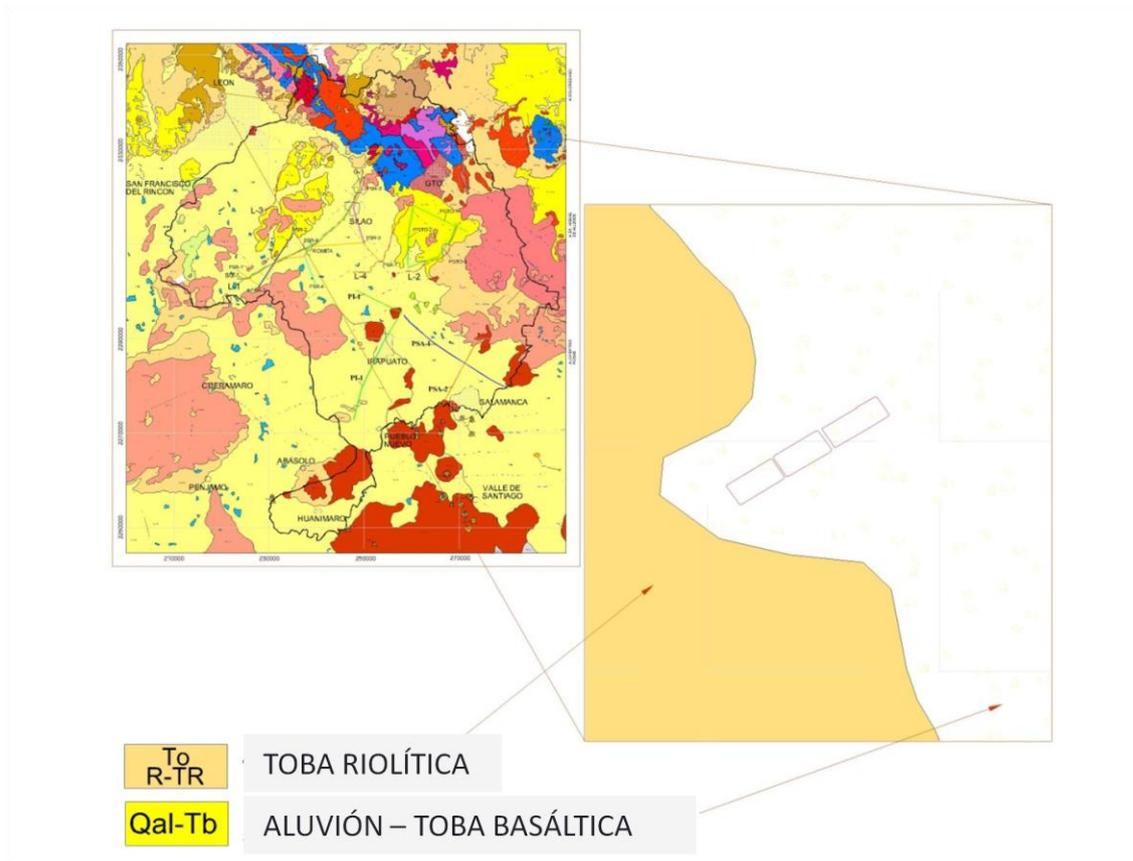


Fuente: SAPAL.

Figura 6.9 Estratos en los primeros metros de los pozos Las Hilamas y Cd. 17.

Profundidad (m)	Pozo Las Hilamas	Pozo Ciudad 17
0	Basalto Alterado con Frag. De Toba	Gravas de hasta 5 mm
1		
2	Basalto	Aglomerado volcánico
3		
4		Conglomerado
5		
6		
7		Conglomerado
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Elaborado con información de SAPAL.

Figura 6.10 Sobreposición de la zona de interés con la geología superficial.

Elaborado con información de COREMI y SAPAL.

6.4.2.3. Zona de aportación

Se dimensionará inicialmente una obra, que permita infiltrar el agua que precipita sobre la superficie correspondiente a las dos áreas verdes, presentes en la zona de inundación # 8. Una vez construida esta obra, con base en su funcionamiento, de ser favorable, se propondrán las modificaciones necesarias en la zona para que se amplíe la superficie de aportación.

6.4.2.3.1. Captación y conducción

Para captar el agua pluvial se propone la construcción de canaletas con recubrimiento de concreto a los lados de las áreas verdes, que también servirán para conducir el agua hacia la zona de infiltración.

Las dimensiones del canal, estarán dadas para conducir el gasto pico generado en las zonas de análisis. En este caso se diseñará el canal que drenará el área



donde no se tiene la obra de infiltración, y para la otra área verde se utilizará el mismo diseño tipo.

El canal debe conducir el gasto pico generado en dicha sección, con un área de 12,012 m². Para ello se utilizará la fórmula racional para determinar el gasto pico con base en los datos propuestos. Se propone un coeficiente de escurrimiento de 0.2 para áreas de juegos o áreas verdes⁹⁷ y la intensidad de precipitación 27.63 mm/h.

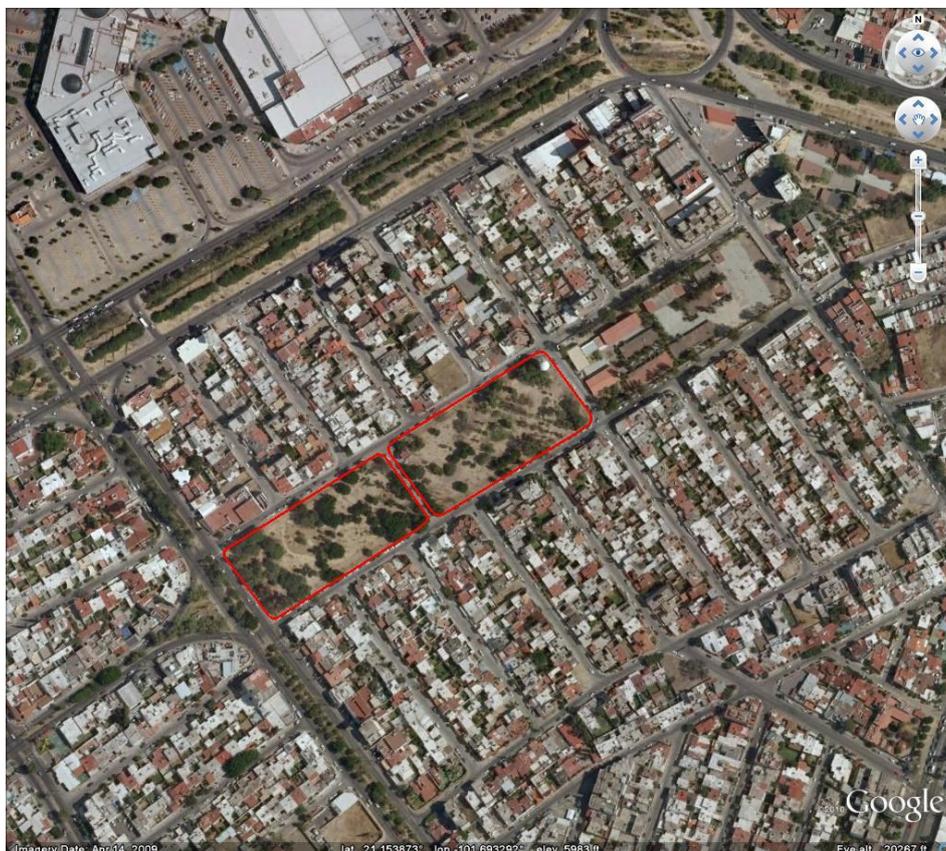
Con dicha información se tiene que:

$$Q = 2.778CiA$$

$$Q = 2.778 * 0.2 * 27.63 \left(\frac{mm}{h} \right) * 12.012 (ha)$$

$$Q = 18.44 lps$$

Figura 6.11 Zona de aportación. Fuente: Elaboración propia con información de SAPAL y Google Earth.



Elaborado con información de Google Earth

⁹⁷ Aparicio, p. 210



Se propone un canal trapecial con taludes 3:1, con una base de 0.3 metros y una pendiente longitudinal de 1 milésima, $n = 0.013$ para concreto. Mediante la utilización de la ecuación de Manning para escurrimientos a superficie libre se determinan las dimensiones para que el canal conduzca el flujo estimado.

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Con la ecuación de continuidad se tiene que:

$$Q = vA$$

El área de la sección de conducción del canal se estima con base en la siguiente relación:

$$A_T = b * h + 2 * \frac{kh * h}{2}$$

Se propone una altura de agua de 5 cm, y se tiene que la capacidad del canal es de 32.6 lps. Con éste tirante de agua se tiene garantizado que se podrá conducir el caudal de diseño. El canal deberá contar con una sobreelevación de 10 cm, para un total de 15 cm de altura. El ancho exterior del canal está dado por:

$$W = b + 2kh$$

$$W = 0.3 * 2 * 3 * 0.15$$

$$W = 1.2 \text{ m}$$

6.4.3. Dimensionamiento

6.4.3.1. Propuesta y dimensionamiento de la obra de infiltración

Como obra de infiltración se propone la utilización de una trinchera rellena de grava limpia, que con una porosidad estimada de 30% proporcionará el almacenamiento para posteriormente infiltrar de manera constante el agua pluvial hacia el subsuelo.

La superficie de captación está dada por las dos áreas verdes, teniéndose una superficie total aproximada⁹⁸ de 23, 5262 m². Con base en la intensidad, duración del evento de diseño y la superficie de captación se estima el volumen a captar de la siguiente manera:

⁹⁸ Estimado con base en el plano con la delimitación de manzanas de la zona urbana de León.
Fuente: SAPAL.



$$V = \frac{i * d * S}{1000}$$

Donde

V – volumen precipitado, en m³.

i – intensidad de precipitación, mm/h.

d – duración del evento, horas.

S – superficie de captación, m².

$$V = \frac{27.63 \left(\frac{mm}{h}\right) * 1.0 (h) * 23,526 (m^2)}{1000}$$

$$V = 650 m^3$$

Por otro lado el volumen útil de la obra de infiltración está dado por la siguiente relación:

$$V_{\text{útil}} = A * H * St$$

Dónde:

A – área de la base de la obra de infiltración, en m²

H – altura útil, en m.

St – porosidad del material de relleno, adimensional.

Tomando en cuenta que se utilizará grava limpia como material de relleno, la cual tiene una porosidad aproximada de 0.3 y que las dimensiones propuestas para la trinchera son 50 metros de largo por 30 de ancho, e igualando el volumen de la obra de infiltración al volumen captado, se tiene que:

$$H = \frac{V_{\text{útil}}}{A * S}$$

$$H = \frac{650 m^3}{1,500 m^2 * 0.3}$$

$$H = 1.44 m$$

El cual se redondeará a 1.50 metros de altura útil. Se tomará en consideración la necesidad de utilizar una sobreelevación o bordo libre de 1.00 metros, debido a que la conducción hacia la obra implica un escurrimiento a superficie



libre, y el cruce por una vialidad, por lo que tendrá que bajarse el nivel de este canal para permitir el libre paso de vehículos. Siendo la profundidad total de la obra 2.50 metros. En los planos anexos, se muestran la situación actual del parque, la propuesta para la trinchera de infiltración, la canaleta de conducción y los volúmenes de obra estimados con base en los mismos planos.

6.4.4. Caudal de infiltración

Con base en los resultados de la prueba de infiltración, y el área del fondo de la obra de infiltración, es posible estimar el caudal que infiltrará la obra.

$$Q = Ci * A$$

Donde

Q – caudal en m³/día.

Ci - capacidad de infiltración, m/día.

A – área del fondo de la trinchera de infiltración, m².

$$Q = Ci * A$$

$$Q = 3.024 \left[\frac{m}{d} \right] * 1,500 [m^2]$$

$$Q = 4,536 \left[\frac{m^3}{día} \right] = 52.5 [lps]$$

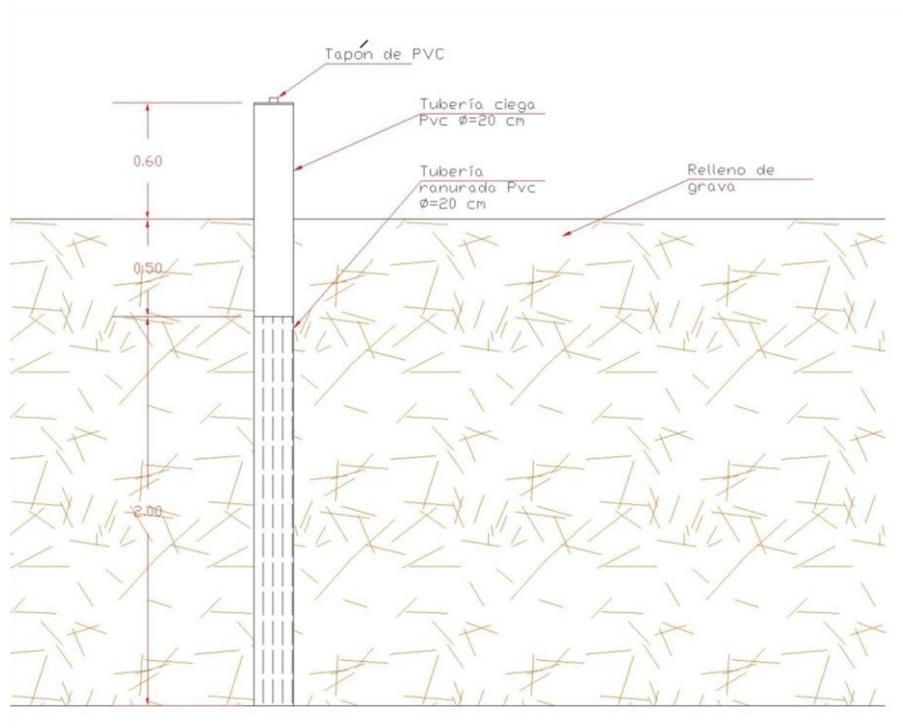
6.4.5. Monitoreo y etapa de prueba

Para verificar el funcionamiento de la obra de infiltración será necesario monitorearla durante un período de tiempo razonable que permita coleccionar la información suficiente para determinar las verdaderas condiciones de operación. Como período de prueba se propone un lapso de dos años (dos temporadas de lluvia).

En este periodo se llevará a cabo el monitoreo de los tiempos de vaciado del dispositivo en función de la lámina de precipitación que se presente en la zona, para lo cual será necesaria la instalación de un pozo de observación al interior de la obra de infiltración, que permita medir los descensos en el nivel del agua y también la toma de muestras para análisis de calidad del agua, resultados que servirán para diseño y dimensionamiento de obras similares en otras zonas de la ciudad. En la Figura 6.12 se muestran las características y dimensiones que deberá tener el pozo mencionado al interior de la obra.



Figura 6.12 Esquema del pozo de observación al interior de la obra de infiltración.



Elaboración propia

Para la medición de las láminas de precipitación en la zona de estudio, se propone la instalación de una estación climatológica, que cuente con un pluviógrafo de tal manera que sea posible obtener las intensidades de precipitación de cada evento.

6.5. Mantenimiento

Para que una obra cumpla su cometido, no sólo es importante realizar un diseño constructivo adecuado, sino también llevar a cabo obras para mantener sus condiciones de operación lo más cercano a las deseadas por aquel que proyectó dicha obra. Así, los sistemas no pierden eficiencia y continúan cumpliendo con su cometido para beneficio de los usuarios de éstos

En el caso del sistema de infiltración en trinchera que se propone, deberá tomarse en cuenta que la lluvia usualmente arrastra sedimentos y que estos pueden colmatar el medio granular que sirve de relleno. En este caso es mejor que se colmate el relleno de la trinchera y no el suelo.

Podrían tomarse varias medidas para aumentar la vida útil de la obra.

1. Se propone la instalación de piezómetros al interior de la trinchera para el monitoreo de calidad de agua y verificar cómo avanza el flujo al



- interior de la trinchera. Esto permitirá saber si existe un taponamiento considerable en el sistema y ubicar los tramos donde se requieren llevar a cabo las obras de mantenimiento.
2. Considerando que la distribución del agua en la trinchera se hace con un sistema de tuberías perforadas, se recomienda que la arena de menor calibre sea la que rodea dichas tuberías y tenga una posición lo más superficial posible. De tal manera, en caso extremo será posible retirarla y sustituirla por arena limpia que regenere las condiciones operativas de la trinchera.
 3. Una obra de mantenimiento puede llevarse a cabo mediante la inyección de agua en uno de los piezómetros y su extracción en otro, simulando un sistema dipolo. Así en el piezómetro donde se realice la extracción se estarán capturando materiales finos, de tal manera que esto permitirá la regeneración del sistema.

No se incluye un costo por las obras de mantenimiento, puesto que este podrá variar sensiblemente por ejemplo si solo se requiere sustituir una porción de relleno de un par de metros cuadrados, a si se tiene que sustituir algo equivalente a un cuarto del total. Ya que esto está relacionado con movimiento de tierras y es uno de los conceptos más costosos en obras de ingeniería. De igual manera si es necesario bombear agua, deberá considerarse el uso de un generador, dos bombas y el tiempo que se tenga que tener encendido el sistema, porque bien pueden ser un par de horas a trabajar 48 horas seguidas. Y así se pueden tener más ejemplos de variación, por lo que se recomienda ampliamente al personal que de seguimiento, valore cuidadosamente cuáles serán las obras de mantenimiento a realizar.

6.6. Catálogo de conceptos

Para la construcción de cualquier obra civil y conocer si es realmente un proyecto viable, debe elaborarse un anteproyecto que incluya una componente de costos. En éste caso, en los puntos anteriores se presentó la parte técnica del anteproyecto y en éste apartado se muestran la parte referente al costo de la obra en sí como de las obras inducidas que se deben realizar para que el proyecto se lleve a buen término. A continuación se presentan los conceptos más generales de la obra. Cabe destacar que tras la realización del proyecto ejecutivo de la obra se ahondará más en los conceptos y los costos deberán ser aquellos que apruebe el SAPAL con base en su tabulador general.



CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
PRELIMINARES					\$241,625.30
PRE-01	Trazo y nivelación topográfico del área; el Precio Unitario (P.U.) incluye: coordenadas UTM, trazo de referencias y ejes, nivelación hasta un banco de nivel oficial, marcado de palomas así como de vértices y cadenamientos a no más de 20 m, crucetas, mojoneras, herramientas, equipo y mano de obra especializada.	m ²	1,749.00	\$3.35	\$5,859.15
PRE-02	Delimitación del área de trabajo mediante cinta de protección amarilla reflejante con soportes rígidos a cada 3 m con leyenda de "Peligro"; el P.U. incluye: suministro de materiales, cargas, descargas, acarreo, colocación de cinta a dos alturas, a 50 cm del suelo y a 1.5 m del suelo, elementos rígidos, herramientas y mano de obra.	m	176	\$6.20	\$1,091.20
PRE-03	Iluminación nocturna de zanjas mediante una instalación de alumbrado hecho a base de focos de 100 Watts cubiertos por cubetas rojas; el P.U. incluye: suministro de materiales, cargas, descargas, acarreo, cable uso rudo de 3x10 American Wire Gauge (AWG), conexiones, empalmes, cortes, desperdicios, fijación, energización, herramienta y mano de obra.	Jornada (Jor)	30	\$103.49	\$3,104.70
PRE-04	Generador de energía eléctrica para iluminación nocturna de 300 Kw; el P.U. incluye: renta del equipo de acuerdo a la demanda de energía eléctrica del proyecto, combustible, resguardo, tablero general de distribución con un interruptor termomagnético general y otro para el circuito de iluminación, conexiones, herramientas, mano de obra.	Pza.	1	\$30,000.00	\$30,000.00
PRE-05	Bodega provisional para resguardo de materiales y equipo hecha a base de estructura metálica y lámina acanalada; el P.U. incluye: suministro de materiales, velador, cargas, herramientas, instalación eléctrica para iluminación, herramientas, mano de obra.	Pza.	1	\$45,860.95	\$45,860.95



Siembra de Agua



PRE-06	Renta de baños portátiles; el P.U. incluye: flete, cargas, descargas, acarreo, colocación, limpieza diaria, herramientas, mano de obra.	Jor	30	\$568.95	\$17,068.50
PRE-07	Despalme por medios mecánicos hasta una profundidad de 60 cm; el P.U. incluye: equipo, apile temporal de escombros, traspaleo, escarificado, herramienta y mano de obra.	m ²	1,749.00	\$59.20	\$103,540.80
PRE-08	Retiro de árboles existentes; el P.U. incluye: equipo de corte, maniobras de tala, señalización del área circundante, riesgos, encostado de desperdicios, carga y retiro de material producto de la tala, herramientas, escaleras, mano de obra.	Pza	18	\$1,950.00	\$35,100.00
OBRA CIVIL					\$2,798,116.84
OC-01	Excavación por medios mecánicos hasta una profundidad de 3.00 m en terreno tipo B; el P.U. incluye: equipo, traspaleo, escarificado, acarreo de material producto de excavación a primera estación a no más de 50 m, herramientas, mano de obra.	m ³	3,750.00	\$75.74	\$284,025.00
OC-02	Retiro de material producto de excavación; el P.U. incluye: acarreo, cargas, descargas, abundamiento del material hasta un 20%, tiro libre, herramientas y mano de obra.	m ³	4,500.00	\$250.00	\$1,125,000.00
OC-03	Canal de concreto hidráulico f'c = 200 Kg/cm ² , con una sección trapezoidal de 1.20 m en la corona, 0.30 m en la base y 0.15 m de altura; con un espesor de pared de 5 cm y hombro de 50 cm de largo de cada lado; el P.U. incluye: suministro de materiales, flete, cargas, acarreo, nivelación, acabado pulido, malla electrosoldada 6x6 10/10, varillas del #4 a cada 2 m a tresbolillo a forma de anclaje con una longitud de desarrollo de 30 cm, pendiente integral de 1/1000, herramienta, mano de obra.	m	322.00	\$434.07	\$139,770.54
OC-04	Relleno a volteo con grava controlada de 3/4"; el P.U. incluye: suministro, cargas, descargas, acarreo, nivelación, herramientas y mano de obra.	m ³	3,750.00	\$315.20	\$1,182,000.00



Siembra de Agua



OC-05	Pozo de visita de mampostería con un diámetro de 1.20 m y una profundidad interior de 2 m; el P.U. incluye: suministro de materiales, cargas, descargas, acarreo, plomo, aplanado interior con mortero cemento-arena 1:4, plomo, preparaciones para entrada y salida del agua por la parte superior, escalera marina hecha a base de varilla del #3, tapa y brocal de concreto, equipo, herramientas, mano de obra.	Pza	1.00	\$5,680.52	\$5,680.52
OC-06	Ranurado en concreto asfáltico de 12 cm de espesor; el P.U. incluye: equipo de corte con disco de punta de diamante, señalización del área, trabajos nocturnos, reflectores eléctricos, trazo, herramienta y mano de obra.	m	14.00	\$110.00	\$1,540.00
OC-07	Demolición de concreto asfáltico de 12 cm de espesor; el P.U. incluye: trabajos nocturnos, encostado de material producto de demolición, retiro a tiro libre, reflectores eléctricos, corte a 45° en los extremos para unión con nueva estructura, sello a base de lechada de cemento en los extremos, traspaleo, cargas, equipo, herramientas, mano de obra.	m ²	2.10	\$65.25	\$137.03
OC-08	Rejilla tipo Irving IS-05 de 1 1/2" x 3/16" para tráfico pesado dentada; el P.U. incluye: suministro de materiales, cortes, desperdicios, marco y contramarco de Ángulo LI de 1 3/4" x 3/16", patas de gallo de varilla del #3, sección de marcos de 1.2x0.60 m, nivelación, equipo de oxígeno y acetileno, puntos de soldadura en extremos para asegurar fijación, equipo, herramientas y mano de obra.	m ²	17.50	\$3,426.50	\$59,963.75
INSTALACION HIDRAULICA					\$184,839.81
IH-01	Tubería de PVC cédula 80 de 30 cm de diámetro; el P.U. incluye: suministro, cargas, descargas, cortes, desperdicios, tendido, misceláneos de fijación, pruebas de hermeticidad, herramientas, mano de obra.	m	276.00	\$605.31	\$167,065.56



Siembra de Agua



IH-02	Tubería de PVC cédula 80 de 20 cm de diámetro; el P.U. incluye: suministro, cargas, descargas, cortes, desperdicios, tendido, misceláneos de fijación, pruebas de hermeticidad, herramientas, mano de obra.	m	12.50	\$402.20	\$5,027.50
IH-03	Tee de PVC de 30 cm de diámetro cédula 80; el P.U. incluye: suministro, cargas, descargas, misceláneos de fijación, pruebas de hermeticidad, herramientas, mano de obra.	Pza.	8.00	\$868.50	\$6,948.00
IH-04	Tee de PVC de 20 cm de diámetro cédula 80; el P.U. incluye: suministro, cargas, descargas, misceláneos de fijación, pruebas de hermeticidad, herramientas, mano de obra.	Pza.	5.00	\$723.75	\$3,618.75
IH-05	Tapón capa de PVC de 20 cm de diámetro cédula 80; el P.U. incluye: suministro, cargas, descargas, misceláneos de fijación, pruebas de hermeticidad, herramientas, mano de obra.	Pza.	4.00	\$545.00	\$2,180.00
COMPLEMENTARIOS					\$20,988.00
C-01	Limpieza del área de trabajo al finalizar los trabajos; el P.U. incluye: materiales, encostado de basura, tiro libre, herramientas y mano de obra.	m ²	1,749.00	\$12.00	\$20,988.00
				SUBTOTAL =	\$3,245,569.95
				IVA DEL 16 % =	\$519,291.19
				IMPORTE TOTAL =	\$3,764,861.14