

## Propuesta de intervención 1

### Área de infiltración parque norte

#### Catálogo de propuestas de intervención para Llorente 2020.

##### 1.1 Descripción del área de intervención

La calle Itabos define la línea divisoria hidrológica de la microcuenca Siglo XXI. La escorrentía generada desde los pozos municipales hasta la entrada del parque norte es drenada en el primer pozo de inspección del sistema de alcantarillado pluvial (P1). Al estar en la parte alta de la microcuenca, ésta escorrentía no representa mayores volúmenes acumulados, por lo que medidas de gestión de la misma se asocian a tratamiento in-situ. El área de influencia, con respecto a la microcuenca Siglo XXI, se estima en 12%.



Figura 1.1 Vista superior general del área de influencia de Prototipo 1

##### 1.2 Descripción de la propuesta

Se propone un aprovechamiento del espacio público localizado en el callejón sin salida frente a la maya perimetral del parque norte, para infiltrar las aguas pluviales de toda la micro-cuenca que descarga al primer pozo de visita. Dicho callejón, tiene un ancho de calle urbana standard con carril doble vía, sin embargo, el callejón es utilizado solamente por el propietario de la casa esquinera para acceder a su garaje, ubicado en el patio trasero de la propiedad. Las obras de transformación y construcción consisten en la eliminación del actual carril de calle que transita de este a oeste, que colinda con la maya perimetral y acceso único del parque. Se construirá en este espacio de la calle e incluyendo la acera, una zona de infiltración de poca profundidad con una superficie caminable, que esperamos eventualmente sea colonizada por vegetación y se transforme en un espacio verde. Para lograrlo, se deberá abrir una nueva entrada de acceso al parque, cerca de la esquina sureste.



*Figura 1.2 Esquema del funcionamiento adaptado del Prototipo 1. Flechas azules muestran el flujo de agua pluvial, flechas naranjas muestran el flujo de agua gris y flechas verdes muestran el flujo de alivio de excesos en casos de lluvia extrema.*

### 1.3 Dimensiones y detalles técnicos

Para alimentar el flujo de agua a la zona de infiltración a construir, se desviará la escorrentía pluvial de la configuración de alcantarillado actual. Los tragantes T3 y T4, que actualmente descargan al pozo de inspección 1 (P1), serán modificados con el objetivo de separar las aguas grises de las aguas pluviales. Los tragantes T3 y T4 serán adaptados con dos salidas de diferentes diámetros. Las descargas menores (aguas grises y primeras minutos de escorrentía) se descargan directamente en el sistema pluvial actual. Cuando el caudal se incrementa, la capacidad de descarga mínima sobrepasa la capacidad de transporte de la primera salida. Éste exceso de líquido, al que determinamos "agua pluvial", se desvía hacia la zona de infiltración mediante la segunda salida. La zona de infiltración recibir  las aguas pluviales de la microcuenca que corresponde al T3 y T4.

Para lidiar con eventos extremos de lluvia y la capacidad de infiltración del área sobrepase sus límites, la zona de infiltración contará con una tubería de alivio que descarga los excesos al tragante T5, dirigiéndolos al sistema de alcantarillado actual. De tal forma, no se observarán flujos superficiales ni durante la operación regular ni durante eventos de precipitación extrema.



### 1.3.1 Tragantes y canal para flujo de entrada

El tragante T4 actualmente se conecta hacia el pozo P1, se hará la modificación de la cámara para separar las aguas grises y descargarlas al pozo P1 y las aguas pluviales se descargarán al tragante T3. En el tragante T3 se harán dos salidas, una hacia P1 (aguas grises) y otra hacia el área de infiltración (aguas pluviales). Del T3 el agua pluvial se transportará a la zona de infiltración a través de un canal excavado sobre cuneta actual, el canal tendrá una profundidad de 20 cm, un ancho de 15 cm y una longitud máxima de 10 metros hasta interceptar el área de infiltración; el canal estará relleno de piedra redondeada (bolón de 5 - 7 cm diámetro). Éste canal además de transportar el flujo de aguas pluviales, también funcionará como un filtro para evitar que sólidos y sedimentos entren al área de infiltración.

El tragante T5 no será modificado, pero será el receptor del alivio de rebose de la zona de infiltración. El alivio de rebose será un tubo de aprox. 12" instalado 10 cm debajo de la superficie en la pared del costado sur de área de infiltración, teniendo una distancia de 5 -7 metros hasta interceptar el tragante T5.

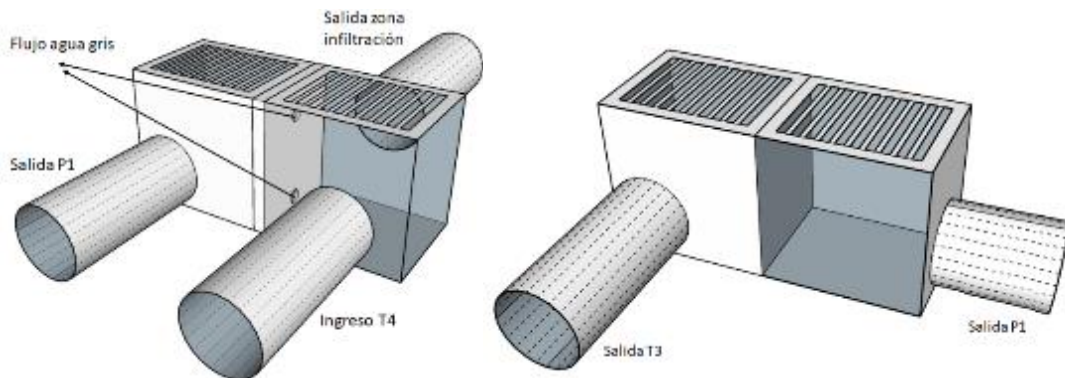


Figura 1.3 Tragantes adaptados. Derecha: T4, Izquierda: T3

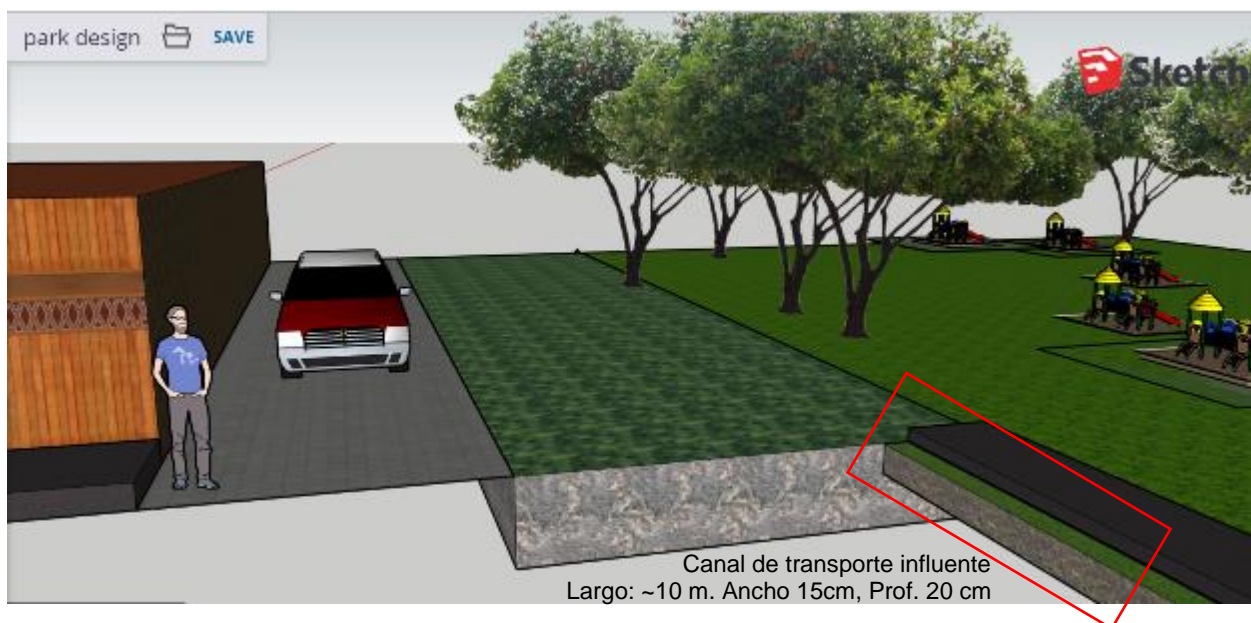


Figura 1.4 Canal en la cuneta para transporte del flujo de entrada al área de infiltración desde cámara T3

### 1.3.2 Zona de infiltración

Diferente a una laguna de retardo, la zona de infiltración se vacía lentamente en el subsuelo adyacente. Solamente en eventos de precipitación extremos, el rebose será descargado al sistema de alcantarillado pluvial actual a través de un tubo de 12" aprox. hacia el tragante 5. La zona de infiltración tendrá el área superficial equivalente a la mitad de la calle más la acera, se estima en aproximadamente 4 metros de ancho por 20 metros de fondo, comenzando desde la esquina sureste del parque (contiguo al poste de luz existente) hasta el muro del callejón, dejando una distancia de retiro prudencial con dicho muro.

El área de infiltración tendrá una profundidad total máxima de 1.5 metros, los primeros 1.10 m inferiores serán rellenos con grava, seguida por capa superior de aprox. 40 cm compuesta por bloques de construcción de concreto, acostados y acomodados de tal forma que la superficie sea caminable (\*no para vehículos) y quede al mismo nivel que el resto de la calle. Se proponen los bloques de concreto debido a sus espacios vacíos y por presentar una superficie idónea para colocar una ligera capa de suelo fértil para propiciar el crecimiento de zacate o vegetación oportunista, que contribuya al reverdecimiento del paisaje urbano.

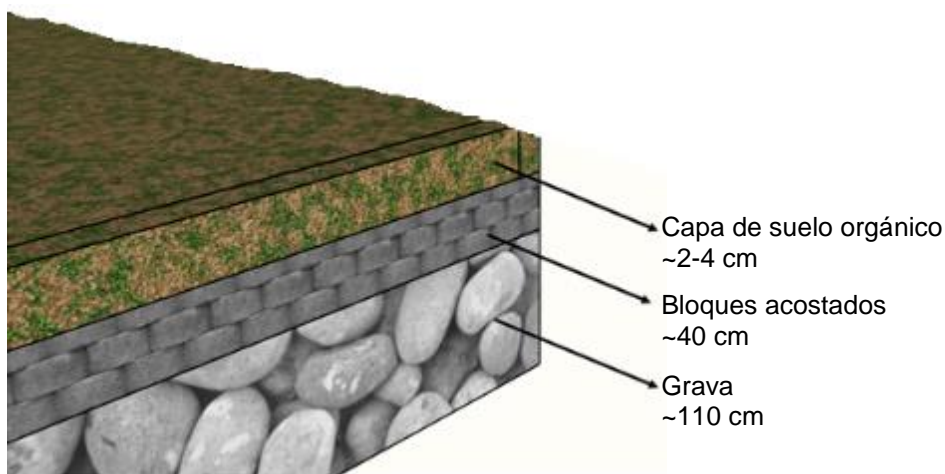
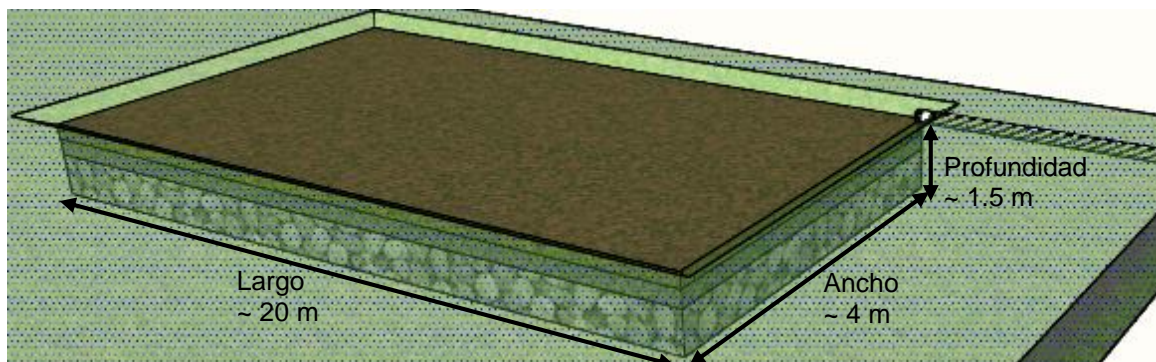


Figura 1.4 Zona de infiltración, descripción del material del relleno

---

## 1.4 Actividades de la construcción:

### 1.4.1 Tragantes y canal:

- Romper y excavar calles para instalación de tubería conectora del T3 al T4, máximo 8 metros de tubería de máximo 12" diámetro.
- Romper y excavar calle para instalación de tubería de alivio del área de infiltración al T5; máximo 7 metros de tubería de máximo 12" diámetro.
- Modificaciones dentro de tragantes, obras de concreto menor, construcción de una pared para separar los tragantes en dos cámaras.
- Excavación de cuneta (prof. 20 cm, ancho 15 cm, largo máx. 10m) para canal de e impermeabilización de canal con cemento.
- Compra, transporte y descarga de piedra redondeada (bolón de 5-7 cm diámetro) para relleno de canal. Total 0.5 metros cúbicos.

### 1.4.2 Infiltración:

- Excavación de un área aproximada de 80 m<sup>2</sup> por 1.5 m de profundidad, transporte de material excavado a un área cercana (posiblemente se re-use el material en otra de las propuestas).
- Compra, transporte y descarga de grava, total 90 m<sup>3</sup>, para rellenar 1.1 m de profundidad
- Compra transporte y descarga de bloque de concreto (dos líneas acostadas) para la capa superior. Aproximadamente 2000 bloques.

## 1.5 Sistema de monitoreo

Dentro de la zona de infiltración se instalarán dos sensores para monitorear el nivel de agua en eventos de retención, y la humedad en el suelo para aproximar la capacidad de infiltración del mismo. Al ser una medida experimental, se monitoreará además el mantenimiento requerido y percepciones sociales en torno al elemento, tanto durante época seca como lluviosa.

\*Los equipos de monitoreo serán adquiridos por el equipo SEE-URBAN-WATER en Alemania. No se requiere cotizar estos elementos.



## Propuesta de intervención 2

### Sistema de distribución, retardo e infiltración

#### Catálogo de propuestas de intervención para Llorente 2020

##### 2.1 Descripción del área de influencia

La calle Urbanización Siglo XXI es la arteria principal del barrio. El tráfico en ésta zona es mayor debido a ser una conexión importante hacia la zona franca. Debido a su topografía, la zona muestra un transporte hidráulico eficiente de descargas combinadas (aguas grises y pluviales). Las opciones de intervención se ven reducidas al ser una zona totalmente urbanizada y con pocos espacios verdes públicos disponibles, limitándose a las zonas verdes en aceras. El área de influencia de esta área corresponde aproximadamente al 23% de toda la microcuenca Siglo XXI (SXXI).



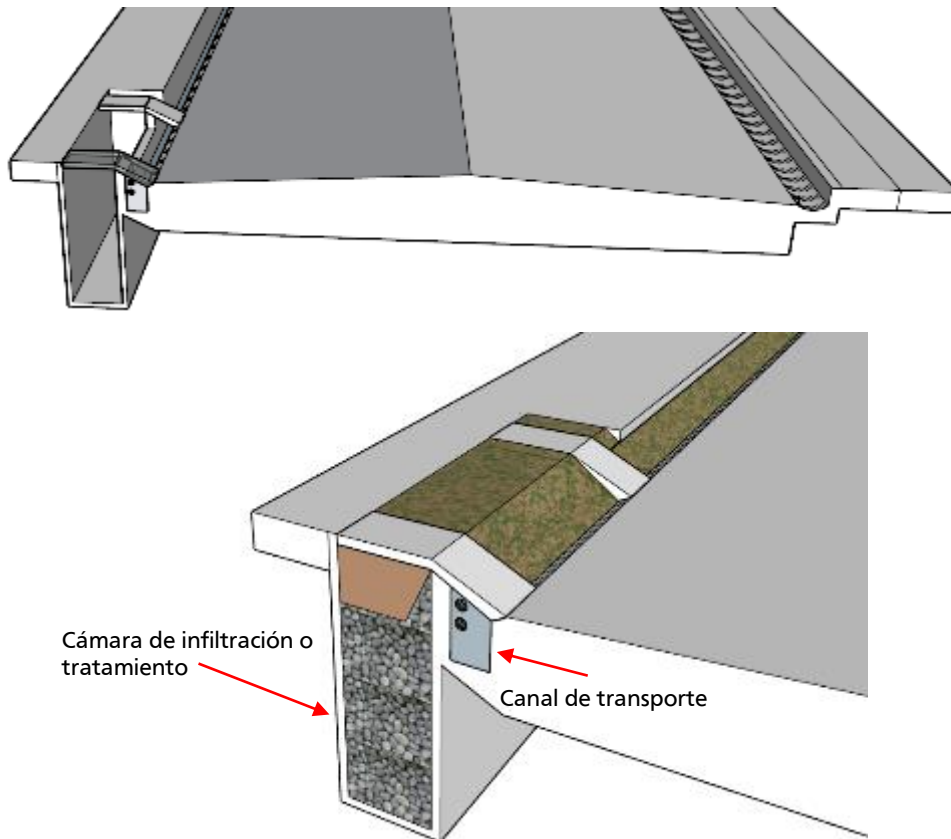
Figura 2.1 Área de influencia de Prototipo 2. Imagen de la derecha: Cunetas a intervenir señaladas con línea verde; cámaras de infiltración sobre calle UrbSiglo XXI señaladas con línea verde oscuro y cámaras de tratamiento de aguas grises señaladas con línea roja.

## 2.2 Descripción de la intervención

Esta propuesta pretende modificar el curso de la escorrentía combinada (pluvial y gris) que actualmente fluye superficialmente por las cunetas de SXXI, en el área descrita en la figura 2.1. Se propone realizar cambios leves en las cunetas y aprovechar los espacios verdes ya existentes en las aceras para el tratamiento e infiltración de aguas, sin afectar ninguna de las funcionalidades actuales de las aceras o calles (movilidad peatonal, accesos de vehículos a propiedades). Se plantea la construcción de un sistema experimental de transporte lento, áreas de retención y tratamiento de aguas grises, así como áreas infiltración de agua lluvia. Para lograrlo, los tragantes serán adaptados para evitar que el caudal del área de influencia sea drenado directamente al sistema de alcantarillado, funcionando solamente como aliviaderos del sistema experimental en eventos de lluvia extremos. Se controlarán las descargas desde el pozo 1 hasta el pozo 5, incluyendo la calle de acceso hacia Calle Badilla.

**La intervención comprende la construcción de 3 componentes:**

1. Canales de transporte de flujos combinados a lo largo de la cuneta actual, logrando la separación de aguas grises de las aguas pluviales.
2. Cámaras de infiltración para aguas pluviales, completamente permeables
3. Cámaras de bio-filtración/tratamiento de aguas grises, completamente impermeables con tubería de descarga hacia el sistema de alcantarillado actual.



*Figura 2.2 Componentes de la Propuesta 2: canales de transporte y cámaras de infiltración o tratamiento*

## 2.3 Dimensiones y detalles técnicos

### 2.3.1 Canales artificiales

Sobre la cuneta actual donde corre el agua pluvial, se propone excavar un canal de poca profundidad: 15 cm de ancho por 20 cm de profundidad, a lo largo de las calles a intervenir, que suman aproximadamente 750 metros lineales. El ancho del canal corresponde aproximadamente a la mitad del ancho actual de la cuneta. El canal será impermeabilizado con concreto y será relleno hasta el nivel de la calle con piedra redondeada (piedra bolón de aprox. 5 cm diámetro), se espera que eventualmente el zacate cubra de manera natural la superficie. Estos canales permitirán el transporte del agua de manera sub-superficial, evitando el contacto visual con flujos de aguas grises. Adicionalmente, los canales reducen la cantidad de agua transportada ya que se intensifica el humedecimiento sub-superficial y se incrementa la evaporación de caudal base. De esta forma, flujos superficiales serán visibles solamente en caso de escorrentía pluvial excesiva.

El canal cumplirá la función de separación entre los flujos de aguas grises y el de agua pluvial. El flujo base de este canal, determinado como agua gris, se dirige hacia áreas verdes impermeables destinadas al tratamiento de dicho flujo. En cambio, los flujos de agua pluvial son dirigidos hacia áreas verdes de infiltración.

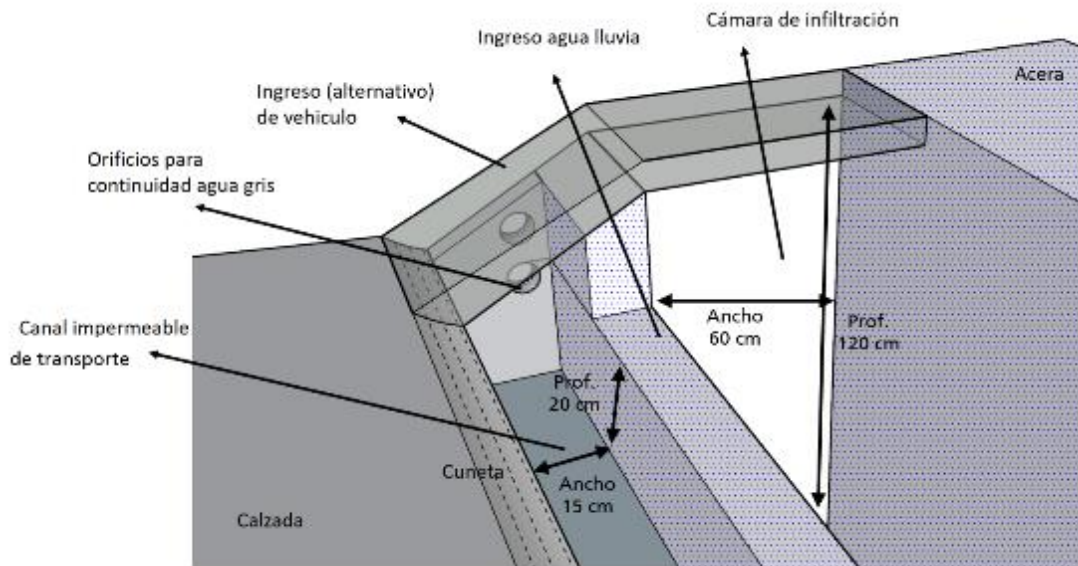


Figura 2.3 Componentes de la Propuesta 2: canales de transporte y cámaras de infiltración o tratamiento

### 2.3.2 Tragantes

La salida del tragante 6 se incrementará varios centímetros para evitar el drenaje directo al sistema actual, sino solo en casos de eventos mayores. El tragante 7 se adaptará para permitir un caudal restringido hacia 8, siendo los excedentes drenados al pozo 5. Los pozos 8,9, y 10 seguirán conectados hacia el sistema pluvial actual, pero con adaptaciones para permitir la retención sub-superficial de agua.



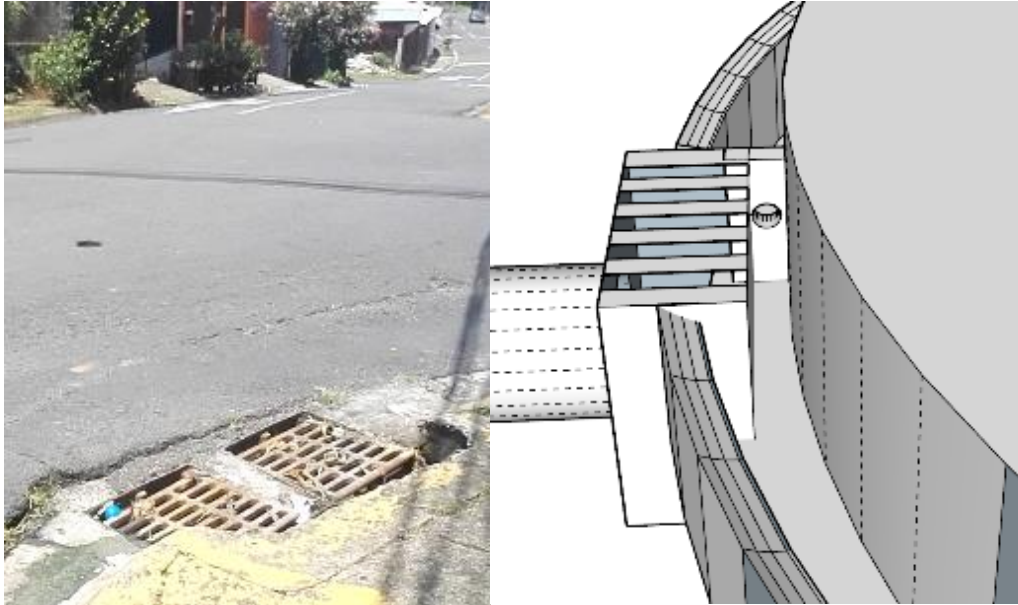


Figura 2.4 Propuesta de tragante adaptado para prototipo 2 (salida a P5)

### 2.3.3 Cámaras de infiltración

Durante eventos de precipitación, el rebose de los canales se dirige a cámaras permeables para su infiltración, ubicadas en las áreas verdes disponibles en la acera. Las cámaras tendrán una profundidad de 1.2 metros, serán rellenas con grava. Los últimos 20 cm superficiales serán rellenas con suelo local para ser cubiertas por zacate o plantas ornamentales, la superficie de las cámaras estará al mismo nivel que las áreas verdes existentes.

Se construirán 2 cámaras permeables para infiltración, con dimensiones aproximadas de 60 cm de ancho por 10 metros de largo cada una, utilizando las áreas verdes existentes en la actualidad. En el caso que se requiera paso de vehículos sobre ésta superficie de infiltración, se pueden adaptar barras metálicas móviles o concreto permeable, sin mayor modificación del sistema. Estas adaptaciones se realizarán en dependencia de las demandas del vecino propietario del sitio.

### 2.3.4 Cámaras de bio-filtración/tratamiento

Los canales artificiales transportan el flujo base, al que denominamos agua gris, por gravedad hacia los tragantes. Se construirán 4 cámaras experimentales de tratamiento de aguas grises, previo a que los canales intercepten el tragante correspondiente. Las cámaras se construirán en espacios verdes disponibles en las aceras, tendrán una profundidad de 1.2 metro, un ancho de 60 cm y un largo máximo de 4 metros. Las cámaras serán impermeabilizadas, impidiendo la infiltración de aguas grises al subsuelo. La cámara estará rellena de grava, piedra volcánica y arena de construcción; en su superficie se plantarán especies ornamentales con alta resistencia a la humedad. En el fondo de la cámara, se instalará un tubo perforado para la colección del efluente, el tubo se conectará directamente al tragante, descargando las aguas grises tratadas al sistema de alcantarillado actual. Se espera que la filtración del agua a través de las diferentes capas de relleno remueva contaminantes de las aguas grises, logrando descargar aguas con mejor calidad hacia el río.

Durante eventos de precipitación, la cámara se llenará hasta su máxima capacidad hidráulica y el agua correrá su curso por vía superficial hacia el tragante adyacente y entrar al sistema de alcantarillado actual. La superficie de la cámara de tratamiento quedará aproximadamente al mismo nivel que la calle, evitando que en eventos de precipitación el rebose invada la acera. Se espera tener una diferencia de nivel de al menos 10 cm entre la cámara de bio-filtración y la acera.

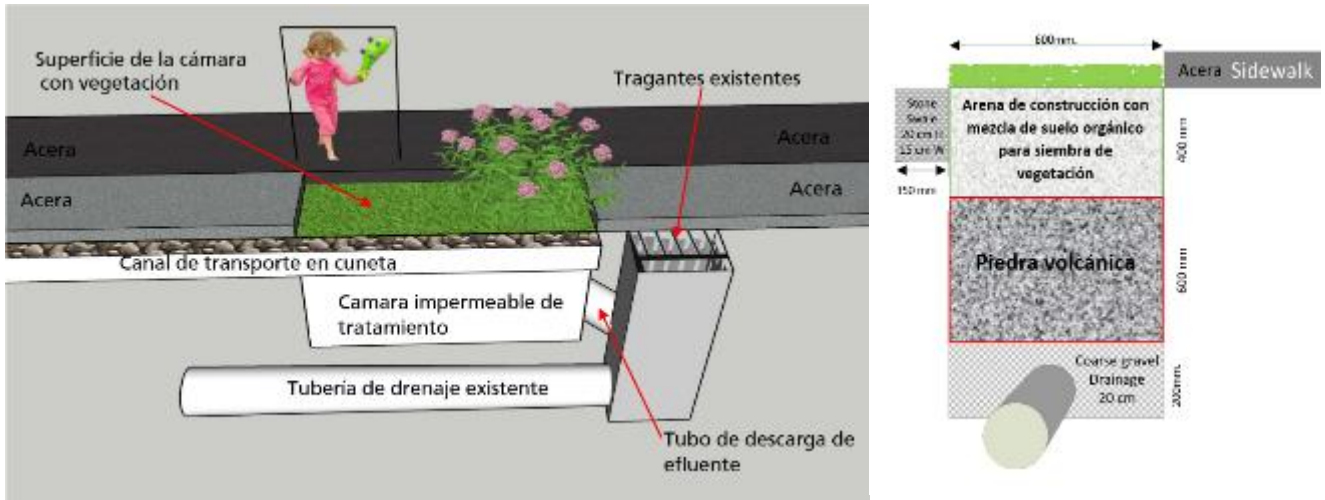


Figura 2.5 Cámara de bio-filtración para tratamiento de aguas grises, ubicadas previo a la descarga a los tragantes existentes. Imagen derecha: corte transversal de cámara de bio-filtración con detalle de capas de material filtrante.

#### 2.4 Elemento de transformación: área de infiltración extendida invadiendo un carril de calle

Se propone usar uno de los dos carriles de la calle sin salida, paralela a la calle Urb.Siglo XXI. Para transformarlo en un área verde de filtración y ornamento (área de jardín). Ésta área se integrará al sistema del prototipo 2, extendiendo el área verde de infiltración de la acera hasta la mitad de la calle. Esta transformación del espacio público se puede utilizar cómo un área de análisis y estudio de la percepción y adaptación social al cambio en el uso de espacio público, posterior a su construcción.

La construcción de este elemento consiste en la excavación de 1 metro de profundidad en un área de 3 metros de ancho por un largo máximo de 10 metros. El área será rellena de grava y los últimos 20 cm se rellenará suelo orgánico para plantar especies ornamentales.



Figura 2.6 Sitio propuesto para la implementación del área de infiltración en un carril de la calle, rectángulo verde. Los rectángulos azules muestran las áreas de bio-filtración y tratamiento.

---

## 2.5 Actividades de construcción

### 2.5.1 Canales

- Excavación de cuneta (Prof. 20 cm, ancho 15 cm) a lo largo de 750 metros lineales, para el canal artificial en las calles de propuestas.
- Impermeabilización con cemento del canal de 750 metros lineales.
- Compra, transporte y descarga de piedra redondeada (bolón de ~5 cm diámetro) para relleno de canal. Aproximadamente 25 metros cúbicos de piedra.
- Obras de separación de flujo dentro del canal, obras menores con concreto

### 2.5.2 Cámaras de infiltración y extensión

- Excavar 2 zanjas con las siguientes dimensiones cada una: 1.2 metros de profundidad, 60 cm de ancho por máximo 10 metros de largo, en espacios verdes existentes sobre la acera.
- Compra, transporte y descarga de grava, total aprox. 36 m<sup>3</sup>
- Excavar una zanja de 1 metro de profundidad, 3 metros de ancho por máximo 10 metros de largo.
- Rellenar las zanjas excavadas con material filtrante
- Compra y siembra de plantas ornamentales

### 2.5.3 Cámaras de bio-filtración y tratamiento de aguas grises

- Excavar 4 zanjas con las siguientes dimensiones cada una: 1.2 metro de profundidad, 60 cm de ancho por 4 metros de largo, en espacios verdes existentes sobre la acera.
- Impermeabilizar las zanjas con concreto
- Compra y perforación de tubos de 6" para colectar el efluente, máximo 30 metros de tubo
- Instalación de tubería en el fondo de cada zanja y conexión a cámara de tragante adyacente
- Compra y transporte de piedra volcánica, total aprox. 6 m<sup>3</sup>
- Compra y transporte de grava, total aprox. 4 m<sup>3</sup>
- Compra y transporte de arena de construcción, total aprox. 2 m<sup>3</sup>
- Rellenar las zanjas con tres capas
- Compra, transporte y siembra de especies ornamentales pre-seleccionadas, aproximadamente 100 unidades, en dependencia de la especie.

## 2.6 Sistema de monitoreo

Se instalarán sensores de nivel y humedad en el suelo alrededor a las cámaras de infiltración, mediante tubos de inspección. De tal manera, se analizará los tiempos de retención e infiltración en los elementos. Las cámaras de bio-filtración de aguas grises se monitorearán manualmente a través de muestreos del afluente y el efluente de la cámara para determinar la calidad de los efluentes y el desempeño del tratamiento. El monitoreo se realizará durante época seca y lluviosa.

Adicionalmente, la operación de todo el sistema se monitoreará durante el transcurso del proyecto para determinar y adaptar medidas necesarias de mantenimiento.

\*Los equipos de monitoreo serán adquiridos por el equipo SEE-URBAN-WATER en Alemania. No se requiere cotizar estos elementos.





# VISIÓN URBANA DEL AGUA

## Propuesta de intervención 3

Sistema combinado para atenuación de  
escorrentía pluvial y tratamiento de aguas grises

### Catálogo de propuestas de intervención para Llorente 2020

#### Introducción

El sistema de alcantarillado actual en Siglo XXI transporta escorrentía pluvial y de aguas grises directamente hacia el río mediante un colector principal de 75cm de diámetro en su sección final. La diferencia de nivel entre el fondo del último pozo de inspección y el final de la tubería es 5.8m, con una distancia horizontal de 86m y una pendiente de 4°.



Figura 1: Descripción del sistema pluvial actual

Para entender los procesos hidrodinámicos del alcantarillado, se desarrolló un modelo de alta resolución usando el software SWMM. Un sensor ultrasónico de flujo fue instalado en el último pozo de inspección para calcular el caudal basado en la altura de agua y geometría de la tubería (Figura 2). El modelo tiene una resolución de 1 minuto y utiliza datos históricos de las estaciones San Joaquín y Belén para determinar el caudal en eventos específicos de lluvia. La Figura 3 presenta un evento de lluvia típico (percentil 75%). Basado en estos resultados se infiere que el sistema actual tiene una baja capacidad de retención, es decir tiene una alta eficiencia hidráulica gracias a la configuración del sistema, grado de impermeabilización y topografía del área.

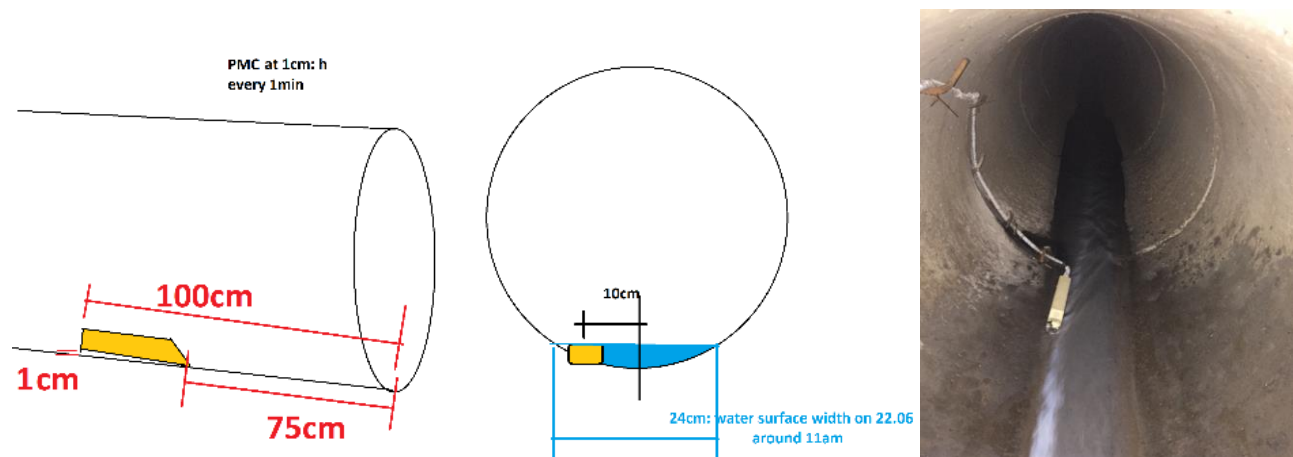


Figura 2: Sensor ultrasonido instalado para determinar caudal.

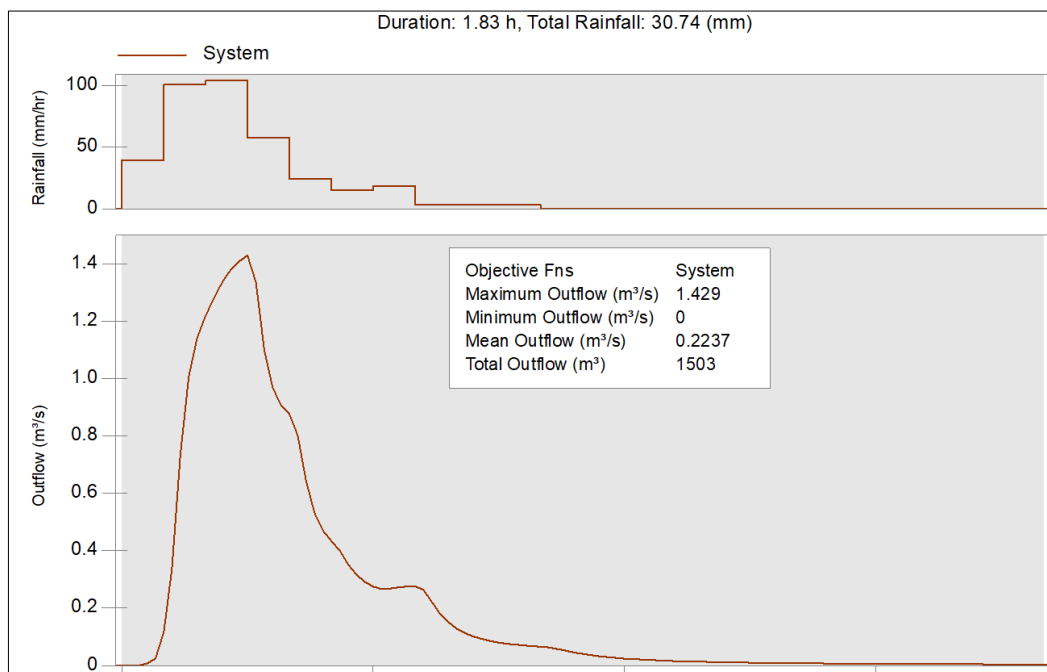


Figura 3: Hidrógrama representativo de un evento de lluvia típico

## Propuesta

Basado en la diferencia de elevación, el alcantarillado funcionará temporalmente como tanque de almacenamiento para retardar y atenuar los picos de caudal, así como para transportar aguas grises mediante una tubería independiente que descarga en un humedal artificial localizado cerca del río. Al ser un prototipo experimental, su objetivo es evaluar el potencial y beneficios a mayor escala en torno al río, así como su capacidad de adaptarse como sistema alternativo en zonas residenciales. Por tal motivo, los criterios de diseño principales son la topografía y la configuración del sistema actual. Se considera además que una de las características del sistema debe ser la viabilidad económica y espacial.

El humedal artificial se localiza en la ribera del río, un área que ha sido explícitamente elegida debido a la disponibilidad de espacio. Su ubicación permitiría además la formación de nichos ecológicos, o convertirse en una medida para apoyar en el control de erosión y degradación de riberas y taludes. En el humedal se plantará vegetación local adaptada, que contribuirá a reducir los contaminantes en el agua gris que se descargan al río. Adicionalmente, se propone que el humedal artificial sea completamente permeable para promover la infiltración del flujo al suelo adyacente, de esta forma se reduciría la descarga superficial directa en el río.

## Funcionamiento

El prototipo tiene cuatro elementos principales. El primer sistema (SW1) está relacionado al almacenamiento y atenuación de volúmenes relativamente altos de escorrentía. El segundo sistema (GW1) transporta las aguas grises hacia un tercer sistema (AW1). Como medida complementaria, la escorrentía generada en el último tramo de calle (Sr-Street) será también descargada en AW1 a través de un canal de caño modificado, como se indica en la Figura 4.



Figura 4: Vista general del sistema propuesto



## SW1

Se cerrará la alcantarilla dos metros antes de la salida final en el río para ser conectado a un nuevo pozo (Mh-SW1) similar a los pozos de inspección, como se muestra en la Figura 5. De esta manera, la escorrentía se almacenará temporalmente en Mh-SW1 y en la tubería principal aguas arriba (Sw-SW1) para incrementar el volumen de retención. El diseño se basa en la diferencia de alturas, asegurando que la capacidad de descarga en Mh-SW1 es mayor al de la tubería en eventos de alta precipitación (Figura 5).

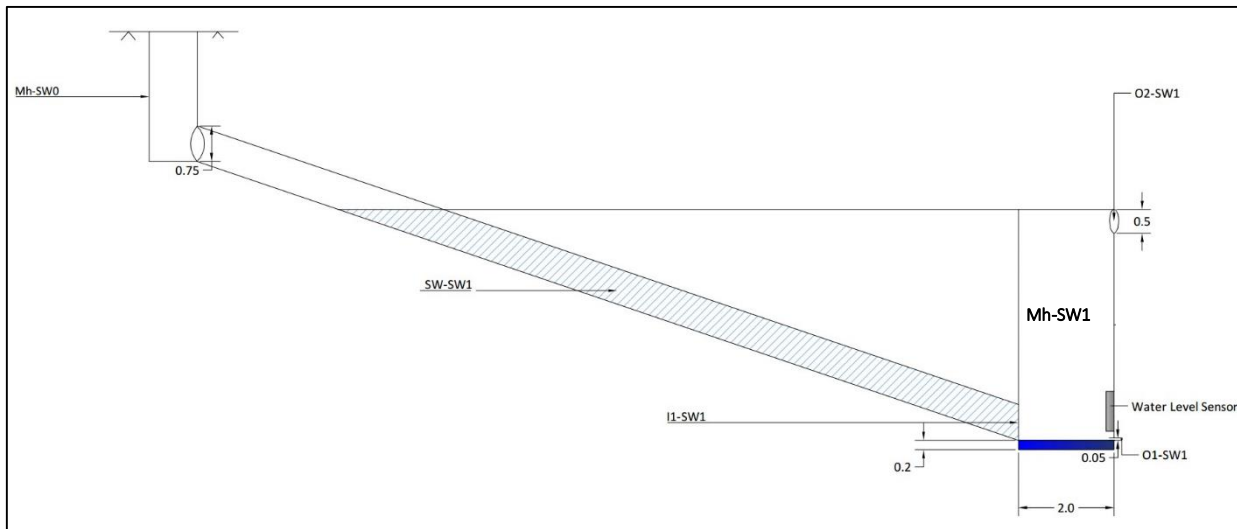


Figura 5: Sistema SW1

SW1 tiene un ingreso y dos salidas de agua en Mh-SW1. El ingreso (I1-SW1, diámetro=75cm) corresponde a la sección transversal de la tubería por donde se transporta actualmente la escorrentía hacia el río. La primera salida (O1-SW1) se encuentra cerca del fondo de Mh-SW1 y permite un vaciado lento del sistema después de eventos de lluvia. Se propone un tiempo de vaciado de aproximadamente 16 horas, cuando se llena hasta su máxima capacidad, mediante un orificio de 5cm. Lo anterior, basado en los resultados obtenidos del modelo hidráulico. Para evitar que el sistema colapse aguas arriba, más allá de la altura de diseño, un segundo orificio (O2-SW1) descarga el volumen excedente. O2-SW1 se ubica en la parte superior de Mh-SW1 y descarga directamente en el río. Su área de descarga es 1.25 veces mayor al de I1-SW1 para asegurar una completa descarga cuando la capacidad de retención sobrepasa sus límites. Adicionalmente, la altura del volumen retenido definido por O2-SW1 se localiza al menos 1m por debajo del fondo de Mh-SW0.

Se asume que la carga de sedimento en Mh-SW1 es mínima ya que la mayoría son transportados hacia AW1 mediante GW1. Así, la baja cantidad de sedimentos que se encuentren en SW1 serán descargados directamente en el orificio a través de las salidas, o sedimentados al fondo de Mh-SW1, que se encuentra 20cm por debajo de I1-SW1. Lo anterior asegura que no exista un taponamiento de O1-SW1, permitiéndose una limpieza periódica del sistema durante actividades de mantenimiento.

---

SW1 tiene forma rectangular para facilitar su construcción. Las paredes deben ser reforzadas para evitar erosión o efectos de fuerzas internas o externas. La base de SW1 es un rectángulo de 2m de largo y 1.5m de ancho para atenuar el flujo de ingreso. La profundidad de 4m permite incrementar la capacidad de retención aguas arriba (Sw-SW1). Se puede acceder a SW1 mediante una tapa en la parte superior de Mh-SW1; su acceso se permite en especial para operaciones de mantenimiento e inspección. Un sensor de monitoreo del nivel de agua será instalado y operado por el equipo de Visión Urbana del Agua para monitorear la dinámica hidráulica del sistema. Debajo SW1 se encuentra una cámara de sedimentación, descrita como parte del sistema GW1.

## **GW1**

La tubería Pi-GW1 (diámetro=10cm) colecta aguas grises y las transporta hacia AW1, como se indica en la Figura 6. Pi-GW1 es un sistema independiente con dos extremos abiertos: ingreso (In-GW1) y salida (Ou-GW1). El transporte de agua es posible debido a la diferencia de altura entre estos extremos y la acción de presión del agua en la tubería llena. Se cuenta con una diferencia de altura de 1.5m entre el fondo de Mh-SW0 y la superficie del área donde se ubica el humedal artificial AW1. Sin embargo, la superficie final de AW1 quedará a 1m por debajo del nivel actual para asegurar carga hidráulica y garantizar el flujo continuo de agua gris, sin estancamientos. Pi-GW1 se conecta a una cámara de sedimentación (SC-GW1) mediante una tubería de PVC de 10cm de diámetro. La mayoría de sólidos se sedimentarán en ésta cámara, esta cámara permanecerá totalmente llena, se vaciará solamente durante mantenimiento e inspección. La cámara está completamente sellada, siendo todo el caudal transportado hacia AW1 mediante Ou-GW1. SC-GW1 se localiza debajo de Mh-SW1, y tiene la misma superficie (2m x 1.5m) y una profundidad de 1m para proveer más espacio para los sólidos sedimentados.

El ingreso de agua hacia SC-GW1 es mediante In-Sc-GW1, conectado con Pi-GW1 mediante un codo de 90° localizado en la parte superior de SC-GW1. La cámara SC-GW1 cuenta con dos salidas O1-Sc-GW1 y O2-Sc-GW1. Durante la operación normal del sistema la salida de agua gris se realiza a través de O1-Sc-GW1, una tubería de 10cm de diámetro que se eleva dentro de la Mh-SW1. La salida O2-Sc-GW1 consiste en una serie de 3 válvulas localizadas a lo ancho del fondo de SC-GW1, éstas permanecen cerradas durante la operación y se abren solamente para inspección y mantenimiento de la cámara. Cálculos preliminares sugieren que ésta diferencia mínima de 2.5m entre los extremos de GW1 permiten un caudal máximo de 2-3 l/s, valor mayor al caudal máximo registrado para las aguas grises.

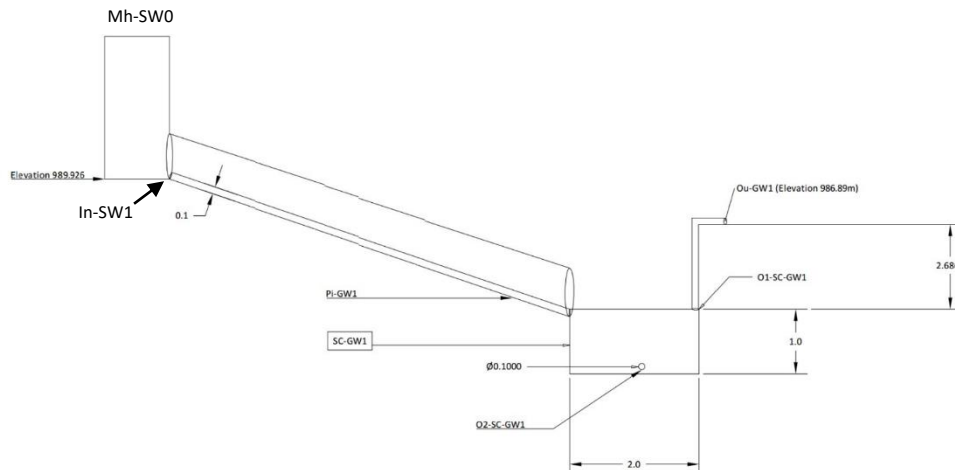


Figure 6: Sistema GW1

El agua gris y escorrentía pluvial inicial es colectada en el punto In-SW1 ubicada al fondo de Mh-SW0. Para asegurar una completa recolección del caudal, se adaptará la sección transversal de la tubería en este punto como se indica en la Figura 7, de tal manera que el nivel de agua hasta los 10m se colecta solamente a través de Pi-GW1. Se colocará un filtro de 1cm de abertura para evitar el ingreso de sólidos a la tubería.

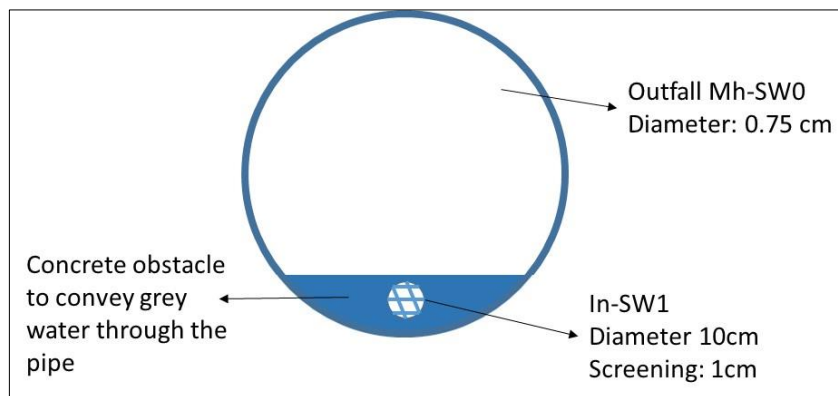


Figura 7: Sección transversal In-SW1

## AW1

Un humedal artificial (AW1) se construirá en un espacio público baldío localizado en las inmediaciones del río. El humedal tendrá un área total aproximada de 300m<sup>2</sup>, con perímetro de 75m. Dos descargas de aguas grises provenientes de Ou-GW1 y Sr-Street fluyen hacia AW1 a través de un pozo de inspección (Mh-AW1), este pozo sirve como un recolector y decantador de las aguas grises, desde el cual el agua sale a través un tubo que forma una T (In-AW1) para distribuir el flujo de entrada a AW1. Así como incrementar la capacidad de descarga desde GW1, incrementando la diferencia de elevación entre In-GW1 y Ou-GW1.



La descarga final de AW1 se realiza por dos vías, mediante infiltración en el suelo y salida directa al río a través de tubería (Ou-AW1), como se observa en la Figura 9. El área del humedal (fondo y paredes) no será impermeabilizado, para propiciar la infiltración del flujo al suelo y disminuir la descarga superficial directa al río, funcionando como un lecho de infiltración. La superficie de AW1 se ubicará 1m debajo del nivel actual del terreno para incrementar la capacidad hidráulica.

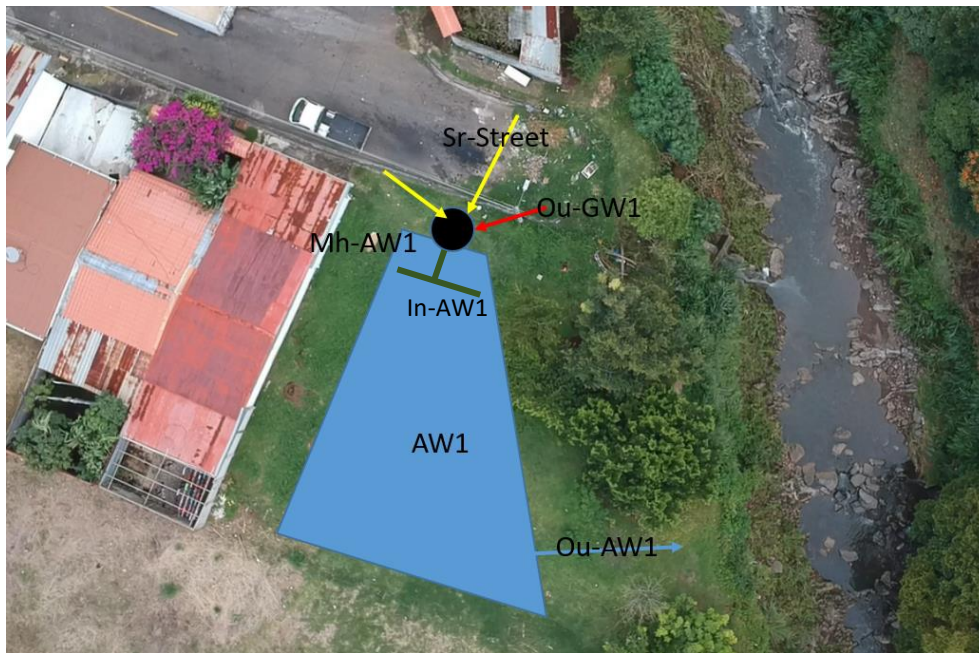


Figura 9: Vista general del sistema AW1

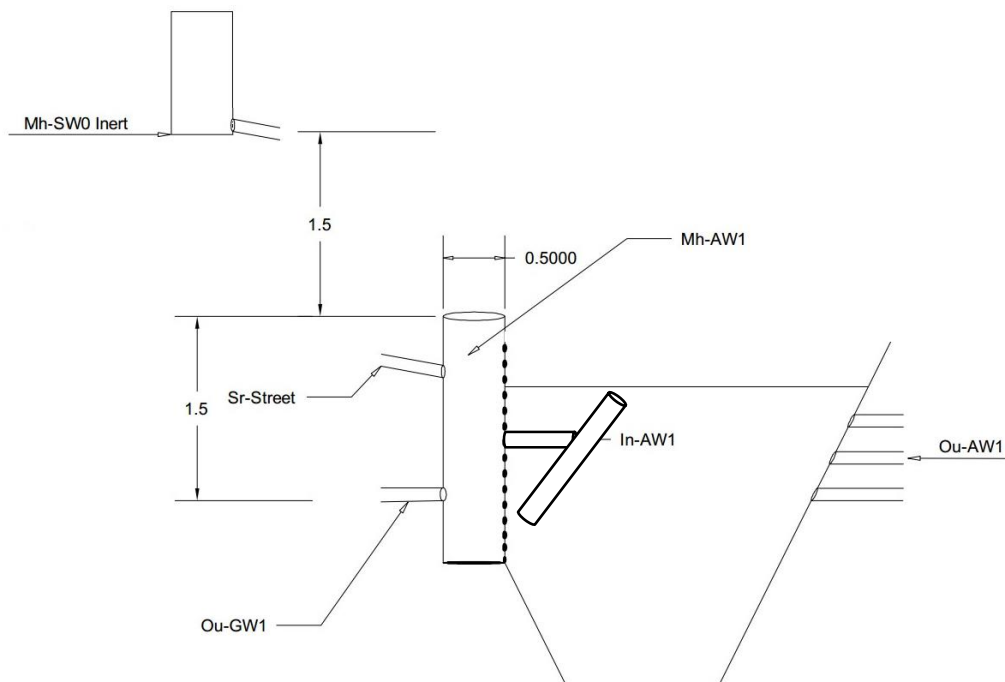


Figura 10: Sistema de tubería en Humedal artificial AW1

El nivel de agua en AW1 se encuentra siempre debajo de la superficie para evitar visualización de agua. El material de relleno es un sustrato poroso para incrementar la permeabilidad y retención en el sistema. Se colaborará con la UNA para definir el tipo de vegetación más apropiada en el lugar, ya que ellos han trabajado previamente en sistemas similares en la ciudad de Heredia. La salida (Ou-AW1) se encuentra a la misma elevación que Ou-GW1, manteniendo así una tabla de agua constante infiltrando en el subsuelo, pero con rápida descarga al río cuando el nivel se sobrepasa (por ejemplo: durante eventos de lluvia).

## Sr-Street

La segunda entrada de agua hacia AW1 proviene de la escorrentía superficial producida en el tramo final de la calle, cercana a AW1 (Sr-Street en la Figura 11). Similar al prototipo 2, la cuneta a lo largo de la calle será transformada en un canal de retención temporal rellena con material poroso, que transporta el agua desde el ultimo tragante hacia Mh-AW1 (80 metros lineales aprox.). Si la escorrentía sobrepasa la capacidad de descarga en AW1, el agua se descarga directamente en el río.

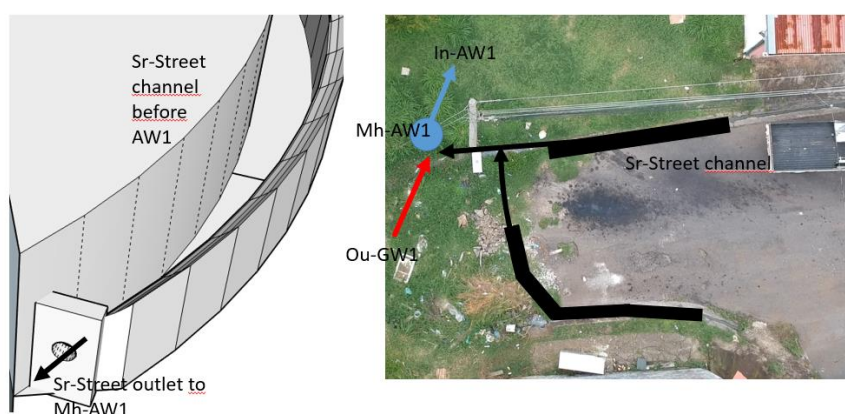


Figura 11: Configuración del sistema Sr-Street

## Monitoreo

Se cuenta con un sensor ultrasónico instalado en Mh-SW0 para determinar el caudal de ingreso, el mismo que se mantendrá en ésta posición luego de la intervención. En Mh-SW1 se instalará otro sensor de nivel asegurado a una de las paredes laterales (Sensor-Mh-SW0). Éste sensor registra el nivel de agua cada minuto para definir posteriormente el comportamiento hidráulico del sistema. En AW1 también se colocarán dos sensores con las características similares, instalados en tubos de inspección de 5 pulgadas, para determinar el flujo en AW1.

---

Para conocer la mejora en la calidad del agua lograda por la filtración de agua gris en el humedal artificial, se realizarán campañas de muestreo de agua tomando como afluente las muestras en Mh-AW1 y el efluente las muestras en Ou-AW1.

#### **Actividades de construcción:**

- Excavación de manjole rectangular, profundidad 4 metros, 2m de ancho y 1.5m de largo
- Trabajo de concreto en el manjole rectangular: impermeabilización y división en dos cámaras, una sobre otra.
- Excavación de manjole circular de aguas grises, 2 metros de profundidad con diámetro de 0.5 metros
- Excavación del área del Humedal Artificial, aproximadamente 300 m<sup>2</sup>, profundidad 2 metros. Taludes en V de 1 metro de alto, el relleno del humedal será hasta 1 metro de profundidad, la superficie del humedal quedará a 1 metro bajo la superficie del terreno.
- Excavación de canal en cuneta, profundidad 20 cm, ancho 15 cm, por 90 metros de largo.
- Instalación de tubo de 4 pulgadas por ~90 metros de largo dentro de tubería existente, de afuera hacia adentro, sin romper calle. Sujetado con concreto
- Instalación de tubo de 4 pulgadas para descarga de aguas grises, en posición vertical dentro de manjole rectangular, máximo 4 metros de alto
- Excavación e instalación de 10 metros de tubería de 4 pulgadas, a 1 metro de profundidad
- Perforar orificios en tubos de PVC de 5 pulgadas, por 20 metros. E instalarlos en el humedal para de red de distribución y colección de aguas, y dos tubos de observación.

#### **Materiales:**

- Concreto para manjole rectangular Mh-SW1 y manjole circular Mh-AW1
- Tubo de 4 pulgadas por 90 metros (continuos) para instalarse dentro de tubería existente, incluir conectores necesarios.
- 14 metros de Tubo de 4 pulgadas para descarga de aguas grises (dos secciones: una de 4 metros de largo y la otra de 10 metros)
- 3 codos de 4 pulgadas PVC
- 3 Válvula de 4 pulgadas PVC
- Tubería del humedal: 30 metros de tubo PVC de 5 pulgadas
- 1 T PVC de 5 pulgadas
- 1 codo PVC de 5 pulgadas
- 2 tapones PVC de 5 pulgadas

- 
- Piedras para rellenar canal de caño, 3 m<sup>3</sup> de piedra redondeada (~5 cm diámetro).
  - Relleno del humedal: 250 m<sup>3</sup> de piedra volcánica.
  - Arena para construcción 25 m<sup>3</sup>, capa superior de humedal
  - Plantas 600 unidades, especie heliconias.

### **Mantenimiento**

El sistema requiere inspección y mantenimiento periódico, que será determinado luego de la etapa de implementación y experimentación. Las principales actividades de mantenimiento consisten en la limpieza e inspección de la cámara SC-GW1, Mh-AW1, Mh-SW0, Mh-SW1, Sr-Street.



## Catálogo de propuestas de intervención para Llorente 2020

Autores: Fernando Chapa, Rebecca Wiegels

### Introducción

CECUDI es un centro de cuidado infantil ubicado en el barrio El Rosario, Flores. El edificio tiene un área techada de 450 m<sup>2</sup>. En eventos de lluvia, la escorrentía es descargada al alcantarillado pluvial, que descarga a su vez en el río ubicado a una distancia de 50m. El consumo de agua potable durante los últimos tres años se muestra en la Tabla 1. Éste consumo ha variado significativamente durante los últimos tres años de registros sin razón específica. Posibles causas pueden ser error humano de lectura, ya que el personal que registra la medición cambió en septiembre 2018, o cambio en el patrón de consumo de agua al cambiar el personal de la institución en diciembre 2018. No se ha registrado fugas de agua en el edificio. Los mayores usos de agua potable en el edificio son para cocción de alimentos, servicios higiénicos, e irrigación de áreas verdes. La Figura 1 muestra la ubicación del CECUDI en el mapa.

Consumo mensual de agua en CECUDI El Rosario. Expresado en m <sup>3</sup>			
	2017	2018	2019
Enero		125	25
Feb		291	34
Mar	59	303	38
Abril	86	352	34
Mayo	82	298	39
Jun	111	167	36
Jul	19	172	35
Agosto	180	261	43
Sept	142	323	49
Oct	111	316	
Nov	103	177	
Dic	99	71	
Promedio	82.8	238	37

Tabla 1. Consumo mensual de agua en CECUDI (m<sup>3</sup>)



Figura 1: Ubicación y vista de conjunto del CECUDI El Rosario

## Propuesta

Se propone un sistema de cosecha de agua lluvia por las siguientes razones:

1. La presión de demanda actual en los acuíferos locales.
2. El alto potencial del agua lluvia para usos no potables debido a la cantidad y distribución de lluvias en la región.
3. El impacto negativo actual en los ríos urbanos producido por la descarga directa de escorrentía.
4. El incremento de demanda de agua potable debido a la urbanización de la región.
5. El beneficio económico y ambiental que se puede obtener al implementar éstas técnicas.
6. La falta de promoción y entendimiento de éstos sistemas en la región.

El sistema de canaletas será adaptado a un sistema de colección-distribución basado en la configuración actual del sistema. El uso del agua colectada se propone inicialmente para usos no potables tales como servicios higiénicos, irrigación de jardines y limpieza de pisos. Se necesitará por lo tanto una readecuación del sistema de conexión en tuberías actual para separar las mismas, pero únicamente en las conexiones directas hacia los inodoros. El tanque actual de almacenamiento de agua para usos potables no será intervenido, por lo que éste sistema se mantiene independiente. La ubicación exacta de las tuberías se debe analizar con más detalle en el sitio, sin embargo, se propone la Figura 1 como tentativa del trazado final.

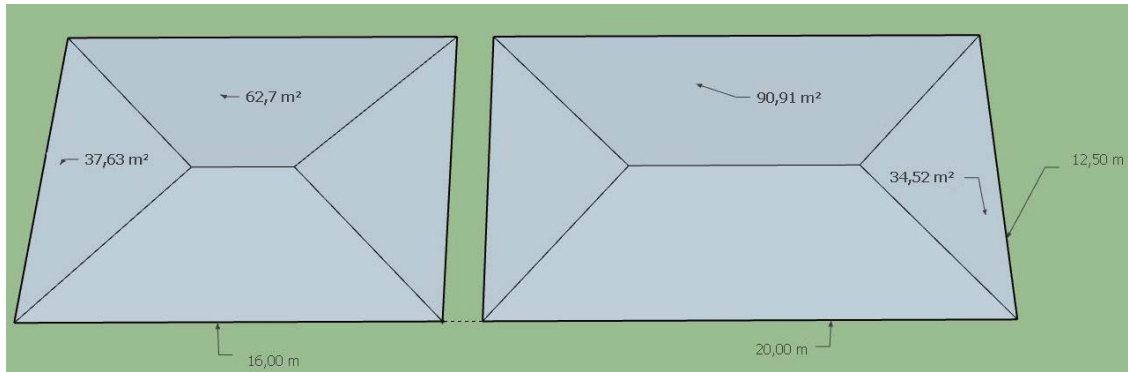


Figura 2. Dimensiones del techo de CECUDI El Rosario

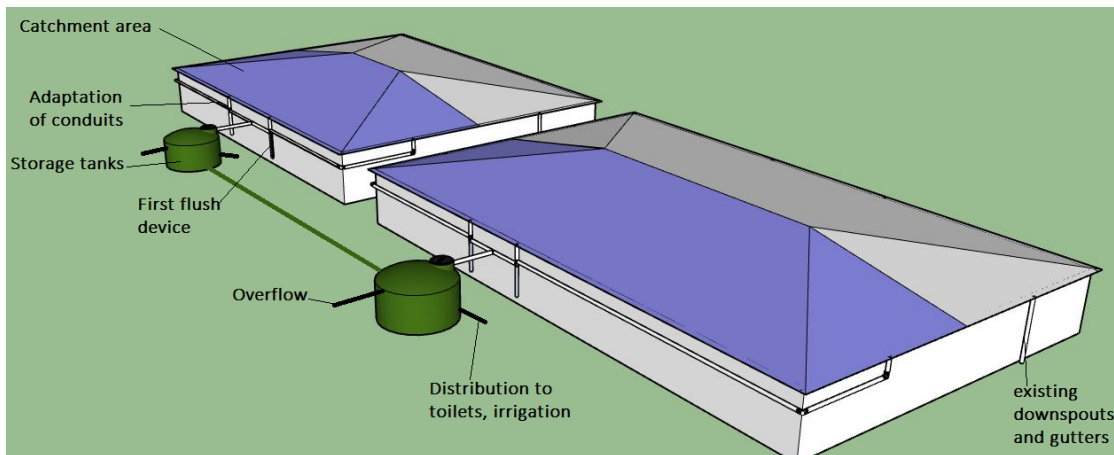


Figura 3: Área y sistema de recolección propuesto

### Diseño, dimensiones y componentes del sistema

Basado en los consumos mensuales de agua y registros de las estaciones meteorológicas San Joaquín y Mercedes, de la municipalidad de Belén, se desarrolló un modelo para determinar el volumen óptimo del tanque de agua lluvia. Éstos registros pueden observarse en la Figura 4.

La Figura 5 muestra los resultados obtenidos a partir del modelo. Ésta figura presenta el rendimiento esperado para un tanque y demanda de agua específicos en un rango entre 500 y 12000 L/d. No se puede determinar con certeza aún el consumo diario esperado desde el tanque, pero se propone un consumo de 500 L/d, por lo que una capacidad de almacenamiento de 5m<sup>3</sup> produce una eficiencia del sistema del 80%. En otras palabras, el 80% de días en un año se puede utilizar del tanque una cantidad aproximada de 500L diarios de agua. Para los cálculos se utilizó la mitad del área techada, es decir 225 m<sup>2</sup>.

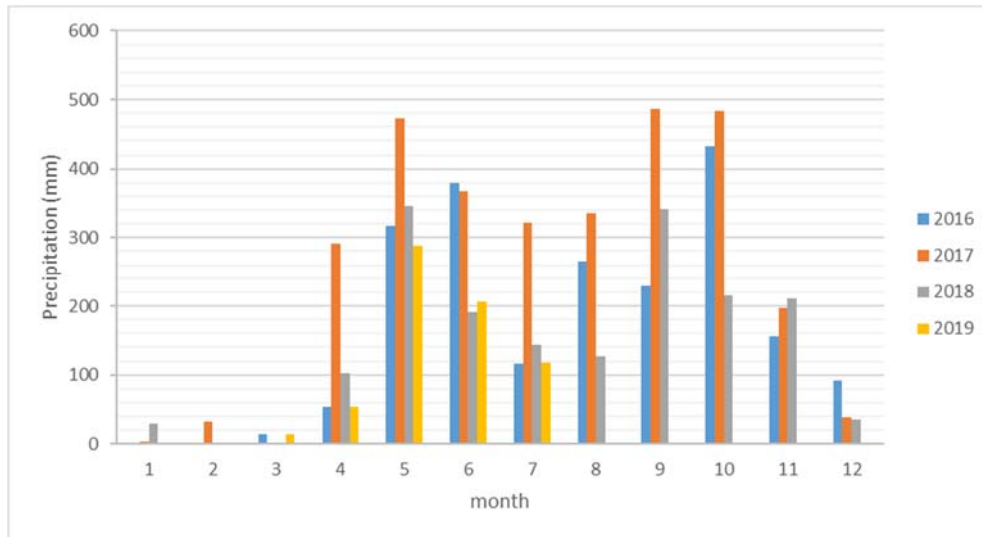


Figura 4: Grafica de distribución mensual de lluvia por el periodo de diseño

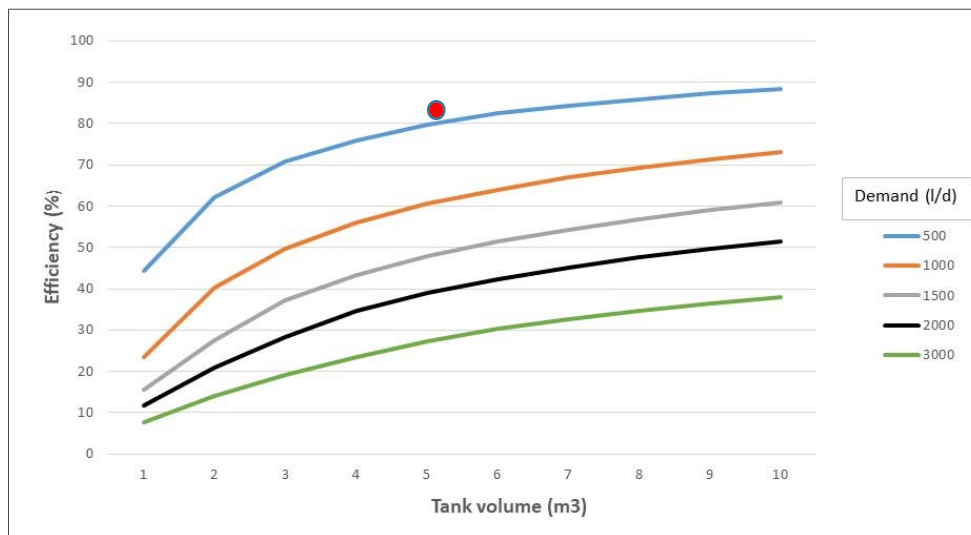


Figura 5: Eficiencia de tanque de almacenamiento con diferentes tasas de demandas de agua.

Los tanques de almacenamiento se colocarán en la parte trasera del edificio donde se ha identificado área disponible para su ubicación. Debido a que los primeros mm de lluvia realizan un prelavado del tanque, esta cantidad no será almacenada, se pre-almacenará temporalmente en un sistema ubicado previo a la entrada del tanque (Ver Figura 6). Dos o más sistemas pueden ser interconectados para incrementar la capacidad del sistema después de su construcción. Cada tanque tiene una salida de emergencia cuando su capacidad se desborda, dicha salida estará conectada al sistema de drenaje público. Adicionalmente, las entradas y salidas al tanque se cubrirán con una malla para evitar el ingreso de mosquitos u otros elementos indeseados en el sistema.



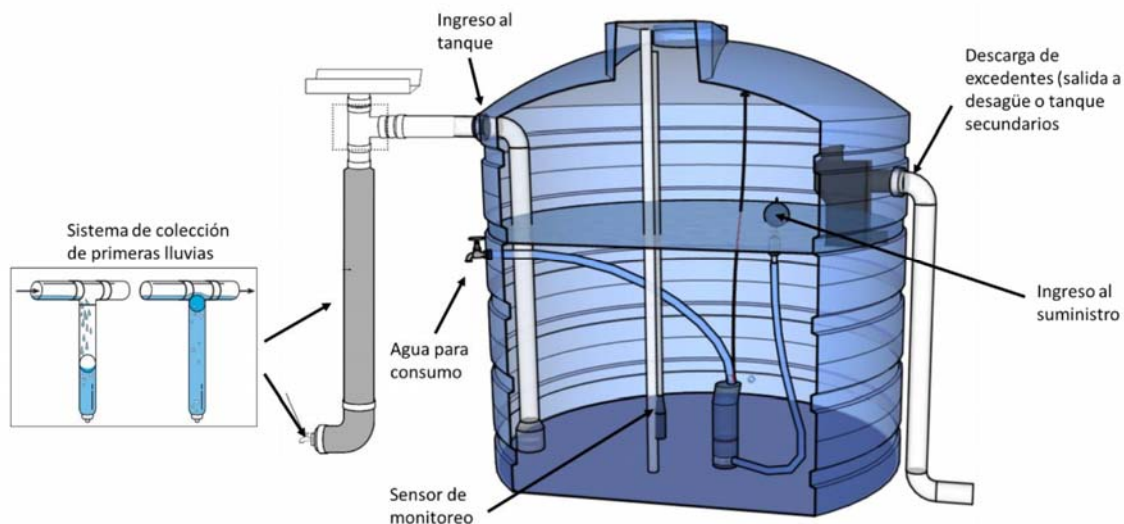


Figura 6: Componentes principales del tanque de almacenamiento

### Monitoreo y mantenimiento:

En junio, 2019 se instaló un pluviógrafo con una resolución de 0.2mm en el sitio (Figura 7), que provee información de alta resolución de la lluvia local. Luego de la instalación del sistema, el volumen almacenado y utilizado será monitoreado mediante un sensor de nivel a instalar en el tanque. Se instalará además un medidor de agua para comparar y validar los resultados. Entre otras actividades especiales a realizarse en el monitoreo, se planifica el análisis de la calidad del agua y capacidad de retención del sistema.



Figura 7: Estación pluviométrica Hobo con resolución de 0.2mm instalada en CECUDI El Rosario en junio 2019

Las actividades de inspección y mantenimiento del sistema son mínimas por lo que se realizarán en conjunto con el personal de la institución, quienes serán capacitados en el manejo del sistema para una optimización del mismo.