

# INFRAESTRUCTURA VERDE

## PARA COMUNIDADES DEL DESIERTO SONORENSE



# Infraestructura Verde para Comunidades del Desierto Sonorense

Version 1.3

revisada en octubre de 2014

## *Escrito y editado por*

Watershed Management Group: James MacAdam, James DeRoussel, Joaquin Murrieta-Saldivar, Karilyn Roach, Catlow Shipek, Lisa Shipek, y Tory Syracuse

## *Ilustraciones de*

Dean Alexander, Allen Denomy, y James DeRoussel

## *Diseñado por:*

Watershed Management Group: Becky Blacher y Karilyn Roach

Financiado por el United States Environmental Protection Agency, el Arizona Department of Environmental Quality, el Urban and Community Forestry Financial Assistance Program administrado por la División Forestal del estado de Arizona – Urban & Community Forestry, el USDA Forest Service, y donantes de Watershed Management Group.

Versión en inglés y español disponible en internet en: <http://www.watershedmg.org/green-streets>

Traducción y adaptación al español hecho por Sociedad de Historia Niparajá A.C. y Raíz De Fondo Jardines y Educación A.C.

## *Agradecimientos:*

Este manual está basado en la experiencia, trabajo arduo y contribuciones de numerosas personas. Quisiéramos agradecer en lo particular a: Brad Lancaster, Christine Wilke, Dave Stewart, y Gary Wittwer. Sobre todo, quisiéramos agradecer la dedicación, duro trabajo y altruismo de los cientos de voluntarios del Watershed Management Group que han contribuido en docenas de talleres de instalación de infraestructura verde que son la base de este manual.

Agradecimientos especiales por la revisión de la adaptación de este manual al Arq. Erasmo Gijon Campoy y su equipo, Jefe del Departamento de Planeación, Programación y Presupuestación del Instituto Tecnológico de La Paz. Agradecemos a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) su apoyo en la promoción del concepto de Infraestructura Verde en las comunidades fronterizas entre México y los Estados Unidos.

## *Publicado por:*

Watershed Management Group  
1137 N Dodge Blvd  
Tucson, Arizona 85716  
520-396-3266  
[www.watershedmg.org](http://www.watershedmg.org)

© 2014 Watershed Management Group, todos los derechos reservados









# *¿Qué es la infraestructura verde?*

**La infraestructura verde (IV) son aquellas construcciones que usan sistemas vivos y naturales para proporcionar servicios ambientales, tales como contener, limpiar y filtrar agua de lluvia; crear hábitats para vida silvestre; dar sombra, refrescar calles y edificios; así como desacelerar el tránsito.**

La infraestructura verde es una estrategia que cada vez usan más comunidades para administrar el agua de lluvia de manera más sustentable, así como para aumentar la vegetación con múltiples beneficios.

Las estrategias de IV se desarrollaron en áreas templadas de Norteamérica y apenas están siendo ajustadas para uso en las zonas semiáridas y áridas del Desierto Sonorense. Estas áreas enfrentan largos periodos de sequía intercalados con intensas lluvias que pueden dificultar la implementación de IV.

Este manual es para líderes comunitarios, ciudadanos y profesionales que quieren usar estrategias de infraestructura verde para mejorar las condiciones de las cuencas y de vida en comunidades del Desierto Sonorense.

Esta guía está respaldada por la experiencia del Watershed Management Group en su trabajo con gobiernos locales para la instalación IV en el Desierto Sonorense. Las especificaciones de diseño se dan únicamente para comprensión de los conceptos, y siempre requerirán ser adaptados a las condiciones de cada lugar y a las regulaciones gubernamentales.





Este manual proporciona  
lineamientos para calles,  
derechos de vía y estacionamientos  
existentes con prácticas de IV.





# La Región del Desierto Sonorense

La Región del Desierto Sonorense consiste en el Desierto Sonorense más sus comunidades biológicas circundantes como el Mar de Cortés (Golfo de California) y sus islas.



Mapa provisto por Arizona-Sonora Desert Museum

# *El Desierto Sonorense*

Biológicamente hablando es el desierto más diverso del planeta Tierra, esto se debe a que tiene dos épocas de lluvia, las lluvias de invierno o “equipatas” y las lluvias de verano conocidas como “monzones”. Existen porciones del Desierto Sonorense con mínimas precipitaciones anuales fluctuando entre 0-50mm como lo son la región del Pinacate y otras regiones con fluctuaciones entre 600-700mm anuales al Este del Estado de Sonora. Estas precipitaciones junto con la humedad generada por las costas tanto del Golfo de California como las del Pacífico, crean un ambiente único de gran diversidad biológica de flora y fauna.

El Desierto Sonorense es un desierto “compartido” entre México y los Estados Unidos de América con coordenadas de 32° 15' 36" N y 112° 55' 34" W. Los Estados Mexicanos que abarcan al Desierto Sonorense son Sonora, Baja California y Baja California Sur y en los EUA son Arizona y California. Alrededor de 8 millones de personas habitan este Desierto con sus urbes delimitándolo al Norte con la ciudad de Phoenix, Arizona; al Sur el Puerto de Guaymas, Sonora; al Este la Sierra de Mazocahui, Sonora y al Oeste la ciudad de Mexicali. En los límites del Desierto Sonorense, en la península de Baja California tenemos ciudades importantes como lo son, Los Cabos, La Paz, Loreto y Guereño Negro.

El presente manual se adapta a las condiciones áridas y semiáridas que caracterizan la región del Desierto Sonorense. Su intención es la de presentar estrategias comunitarias para aprovechar el agua de lluvia usando infraestructura verde en sus calles, estacionamientos y otras áreas públicas aportando múltiples beneficios a sus ciudades.

*Joaquin Murrieta-Saldivar*









# Table of Contents

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| ¿Que es la infraestructura verde? .....                      | 2  |
| El Desierto Sonorense .....                                  | 5  |
| Sobre infraestructura verde .....                            | 8  |
| Infraestructura verde y calidad del agua.....                | 11 |
| Principios de la infraestructura verde .....                 | 14 |
| Prácticas generales de infraestructura verde .....           | 16 |
| Vegetación.....                                              | 16 |
| Acolchado .....                                              | 24 |
| Prácticas de infraestructura verde al lado de la calle ..... | 26 |
| Trabajando en el derecho de vía .....                        | 26 |
| Cortes en la guarnición .....                                | 32 |
| Corte en guarnición, bordes empedrados.....                  | 34 |
| Corte en guarnición y zanja, inclinación leve .....          | 38 |
| Trampas de sedimento.....                                    | 42 |
| Otras aplicaciones.....                                      | 44 |
| Prácticas de infraestructura verde en la calle.....          | 46 |
| Trabajando en la calle .....                                 | 46 |
| Salientes.....                                               | 50 |
| Camellones .....                                             | 54 |
| Glorietas.....                                               | 57 |
| Reducción del ancho de la calle.....                         | 60 |
| Prácticas de infraestructura verde en estacionamientos.....  | 63 |
| Mantenimiento .....                                          | 68 |
| Referencias.....                                             | 70 |
| Glosario .....                                               | 71 |
| Apéndices .....                                              | 72 |
| Sobre Watershed Management Group.....                        | 78 |
| Sobre Nuestros Colaboradores .....                           | 79 |

## El problema

Cuando se desarrolla una comunidad, se quita la vegetación y la tierra es cubierta con asfalto, concreto y techos. Estas superficies impermeables no permiten que el agua se filtre hacia el subsuelo.

Las ciudades consideradas dentro de la región del Desierto Sonorense no son la excepción, donde la infraestructura enfocada en los automóviles ha creado extensas áreas suburbanas con calles anchas y diseños ineficientes que maximizan las superficies impermeables (también conocidas como duras).

Cuando la lluvia cae en estas superficies, ésta:

- Inunda edificios, calles y canales
- Incrementa la erosión en riachuelos, lechos de río y arroyos
- Incrementa la velocidad a la que fluye el agua
- Se mezcla con contaminantes como aceite de automóvil, herbicidas y heces de animales, y las reúne en los canales a los que fluye

Las superficies impermeables también:

- Poseen mínima vegetación en las calles y estacionamientos del Desierto Sonorense, elevando las temperaturas y dificultando la vida en las comunidades
- Retienen y emiten calor, causando el “efecto isla de calor”, fenómeno en el que las áreas desarrolladas se vuelven más calientes que las rurales cercanas (lo que produce mayor consumo de energía y contaminación del aire)
- Incrementan las condiciones locales de sequía entre lluvias ya que se evita que la lluvia llegue al subsuelo

## Infraestructura gris

La mayoría de las ciudades han lidiado con el desvío del agua de las superficies duras usando “infraestructura gris”, como canales de concreto, tuberías y depósitos de detención estériles.

### *Ventajas*

- Reduce inundaciones locales al sacar el agua del sistema tan rápido como sea posible
- Controla las escorrentías o flujo del agua causada por el hombre

### *Desventajas*

- Fomenta las inundaciones río abajo
- Los canales de concreto destruyen hábitats silvestres y áreas recreativas en los riachuelos
- No trata problemas de calidad del agua
- Realiza una sola función a un costo muy alto
- Requiere mantenimiento por tiempo indefinido
- Incrementa el efecto de isla de calor
- Evita la infiltración y crea desviaciones peligrosas de flujo rápido



Infraestructura gris: los canales de concreto, que han reemplazado a los lechos de arroyos naturales, envían el agua de lluvia arroyo abajo a gran velocidad.



# *Sobre infraestructura verde*

## Una solución integral

### Infraestructura verde

La infraestructura verde ofrece una solución integral para el manejo de agua de lluvia, lo que quiere decir que resuelve varios problemas y provee beneficios al mismo tiempo. Los métodos de IV usan el agua de lluvia como un recurso al distribuirlo en una zona urbana, en lugar de desviarlo lejos del sitio lo más rápidamente posible, tal como lo hace la infraestructura gris.

#### *Ventajas*

- Limpia el agua de lluvia
- Puede integrarse con otros objetivos como la desaceleración del tránsito y la seguridad de peatones y ciclistas
- Usa procesos auto-renovables del suelo y la vegetación que necesitan menos mantenimiento
- Proporciona irrigación pasiva para los árboles de las calles y otra vegetación, lo que a cambio:
  - Da sombra y refresca las calles
  - Provee un hábitat silvestre
  - Embellece las comunidades
  - Incrementa el valor de las propiedades

#### *Desventajas*

- No siempre puede proporcionar control de inundaciones a gran escala



Infraestructura verde: la implementación de IV en esta esquina de una colonia en Tucson, AZ captura el agua que antes inundaba la calle, a la vez que crea un recurso con valor para la comunidad.



# Infraestructura verde y calidad del agua

## Contaminación no puntual

La contaminación no puntual (CNP) es contaminación que proviene de fuentes dispersas como combustible de automóvil, heces de animales, herbicidas y sedimentos.

Al juntarse por la lluvia, estos contaminantes pueden crear serios problemas para la vida silvestre al igual que para la salud humana. Otros contaminantes no puntuales comunes en zonas desarrolladas son el polvo de las balatas de frenos y llantas, fertilizantes, herbicidas y detergentes.

- Consumo: las plantas y organismos del suelo usan nutrientes como nitrógeno y fósforo para su crecimiento.
- Acción microbiana: las bacterias en el suelo y las raíces de las plantas descomponen contaminantes como nitrógeno e hidrocarburos, además de productos derivados del petróleo. El acolchado orgánico también puede incrementar la presencia de microorganismos benéficos en el suelo.

## Bioretención

La IV trata el problema de la contaminación no puntual a través de la bioretención, el uso de vegetación y suelos para limpiar el agua de escorrentías de lluvia. Cuando el agua de lluvia fluye hacia una zanja acondicionada con plantas y acolchado, los contaminantes del agua se filtran o descomponen por estos procesos:

- Sedimentación: el sedimento que arrastra el agua de lluvia se asienta al dejar de fluir y se estanca.
- Absorción: contaminantes como los metales, el fósforo y los hidrocarburos se adhieren a las partículas de arcilla en el suelo.
- Filtración: la vegetación, el suelo y las raíces de las plantas cueban fuera del agua de lluvia a la materia orgánica, el fósforo y cualquier sólido.



**A**



**B**

**A** Las zanjas de bioretención, como ésta entre el estacionamiento de un restaurante y la calle, capturan y filtran el agua de lluvia. El área del paisaje-jardín está debajo del nivel del estacionamiento

**B** El suelo, el acolchado y las plantas filtran contaminantes del agua de lluvia. Algunos contaminantes potenciales, como el fósforo, son absorbidos por las raíces de las plantas como nutrientes.

# Infraestructura verde y calidad del agua (continuación)

## Arroyos

La mayoría de las comunidades dentro de la región del Desierto Sonorense son atravesadas por canales efímeros llamados lechos de río o arroyos que fluyen solamente de manera esporádica. Los lechos de río proporcionan hábitat a vida silvestre de importancia y con frecuencia están localizados en superficies que permiten al agua infiltrarse hacia el subsuelo. En zonas desarrolladas, los lechos de río con frecuencia han sido:

- Erosionados y contaminados por el flujo proveniente de zonas urbanas
- Entubados o estabilizados con concreto
- Relegados a patios traseros y puestos fuera de vista por muros, donde son:
  - Usados para actividades delictivas
  - Usados como basureros
  - Invadidos por hierbas/plantas no nativas
  - Invadidos por viviendas irregulares

La IV puede ayudar a mejorar las condiciones de los arroyos, capturando y tratando el agua desde lo más alto de la cuenca colectora, pudiendo así:

- Reducir la erosión y contaminación
- Reducir la necesidad de hacer canales de concreto
- Crear lazos entre los hábitats silvestres de los lechos de río y las zonas desarrolladas
- Convertir los lechos de río en atractivos caminos para los peatones y ciclistas

Finalmente, la IV cambia el manejo de agua de lluvia de estar fuera de la vista, y como “ojos que no ven, corazón que no siente”, a ser administrado

en jardines de entrada, estacionamientos y calles aledañas. De esta manera, la IV puede convertirse en una herramienta para crear conciencia y cambiar la conducta relacionada con los hábitos y costumbres en el tratamiento de aguas contaminadas.

## Limitaciones de la IV para mejorar la calidad del agua

Cualquier cosa que pongamos en la tierra termina en el agua. Aunque la IV tiene la capacidad de descomponer muchos contaminantes del agua, hay otros que no puede descomponer (como metales pesados). Estos contaminantes se acumularán en las instalaciones de IV y se debe disponer adecuadamente de ellos periódicamente (para mayor información sobre el mantenimiento de sitios de IV, vea las páginas sobre características individuales y “Mantenimiento” en la página 62).

Si no cambia el comportamiento de la gente (que tira basura y hace mal uso de los herbicidas), y la naturaleza de los productos que usamos (sobre todo los automóviles, que aportan aceite, metales pesados, etc. al agua de lluvia), la IV no puede solucionar todos los problemas de contaminación urbana no puntual.





Entubados o estabilizados  
con concreto

Usados para  
actividades delictivas

Usados como basureros

Invadidos por hierbas/  
plantas no nativas



Un lecho de arroyo contaminado y degradado en La Paz, BCS.  
Existen lechos de arroyos en condiciones similares en todo el  
Desierto Sonorense.

**A** (Photo en 12) Denota contaminación de un típico  
arroyo del Desierto Sonorense.

Aunque no es una lista exhaustiva, esta sección menciona algunos de los principios más importantes que deben seguirse al hacer prácticas de infraestructura verde <sup>2,3</sup>:

## 1. Proteger y restaurar áreas naturales

Las áreas naturales—como bosques, pastizales, o áreas ribereñas relativamente poco afectadas—realizan las funciones que la IV emula. Estas áreas ofrecen servicios como filtración de agua y aire, así como un hábitat para la vida silvestre.

Cuando una zona natural como un pantano es removida, es costoso y difícil reconstruir sus características originales, pues son una red compleja de interacciones ecológicas, y por lo tanto también es difícil reconstruir los servicios que ofrece. Por esta razón, siempre es preferible preservar y proteger las áreas naturales, no solamente en lugares donde hay nuevo desarrollo, sino también en los oasis naturales que existen en nuestras ciudades y poblaciones.

En la mayoría de las comunidades, las zonas no desarrolladas que quedan están más degradadas que en su estado original. Trabajar con la naturaleza para restaurar las funciones y servicios ecológicos de estas áreas es una práctica fundamental de la infraestructura verde.

## 2. Realizar funciones múltiples con la IV

La IV es una nueva forma de pensar sobre cómo logramos nuestros objetivos como comunidad. En lugar de hacer infraestructura que solamente tenga una función (como el canal de concreto de la página

9), las mejores prácticas de IV cumplirán múltiples funciones, como desacelerar el tránsito; mejorar los caminos para peatones y ciclistas; refrescar y embellecer las calles; reducir y limpiar el flujo del agua de lluvia; y crear hábitats silvestres. Tal diseño integral genera prácticas de IV que son más rentables y benéficas para las comunidades.

## 3. Incluir a la comunidad

El enfoque de la IV requiere de un proceso y planeación multidisciplinario e incluyente. Incluir a los residentes locales, colonias, negocios e instituciones como escuelas e iglesias es fundamental para que los proyectos sean exitosos y tengan apoyo a largo plazo. A través de métodos como talleres de voluntarios y plantaciones de árboles, hasta la construcción de IV puede ser un proceso guiado por la comunidad que sea educativo, divertido y que cree lazos comunitarios. Muchos de los sitios mostrados en este manual fueron instalados por voluntarios en talleres públicos.





Voluntarios instalando zanjas de bioretención en un derecho de vía en un taller en Tucson (arriba) y La Paz (derecha) coordinado por Watershed Management Group.

# Prácticas generales de infraestructura verde: vegetación

## Función

La vegetación es un elemento esencial de todas las prácticas de infraestructura verde. Los beneficios de usar vegetación en zonas desarrolladas están bien documentadas (particularmente para árboles)<sup>4</sup>, pues:

- Quita contaminantes del aire y el agua de lluvia
- Reduce las temperaturas locales al dar sombra a las superficies duras y proporcionar evapotranspiración refrescante, lo que a cambio ahorra energía
- Alarga la vida del asfalto por la sombra
- Proporciona un hábitat para vida silvestre
- Construye materia orgánica en el suelo
- Incrementa la permeabilidad del suelo a través de la penetración de raíces<sup>5</sup>
- Absorbe dióxido de carbono atmosférico
- Embellece las colonias
- Aumenta la plusvalía
- Desacelera el tránsito en las calles de la colonia
- Aumenta el bienestar humano

Las plantas endémicas o nativas por lo general son la mejor opción para las prácticas de IV, pues ellas:

- Están adaptadas de manera única a crecer en las condiciones locales del suelo y el clima, incluyendo la precipitación escasa y variable en las regiones del Desierto Sonorense, y por lo general no requieren riego adicional una vez establecidas
- Proporcionan el mejor hábitat para la vida silvestre nativa
- Ayudan a crear identidad mediante la conexión con el entorno natural

En La Paz, por ejemplo frecuentemente se escogen a especies exóticas para el paisaje, sobre las especies nativas, por ejemplo, los mezquites chilenos son preferidos a los mezquites nativos por su habilidad para crecer más rápida y densamente. Mientras éstas son características valiosas, las especies exóticas frecuentemente tienen los siguientes problemas que las especies nativas no tienen<sup>6</sup>:

- Necesitan riego frecuente, incluso en la madurez
- Tienen raíces superficiales que pueden dañar el asfalto cercano
- Sus sistemas de raíces tienden a crecer demasiado y se vuelven vulnerables a desprenderse en las tormentas
- Se hibridan con mezquites nativos de manera silvestre

Frecuentemente es difícil encontrar plantas no nativas que proporcionen mejores servicios ambientales a largo plazo que las nativas.



## Selección del sitio

Si bien cada práctica de IV tiene sus propios lineamientos de selección de sitio, deben seguirse las siguientes especificaciones para plantas en todos los casos:

- De ser posible, escoja sitios donde la escorrentía sea adecuada, para prescindir del riego de vegetación a largo plazo (ver página 20).
- Escoja sitios donde la vegetación proporcione el máximo beneficio deseado, tal como dar sombra al asfalto o a los automóviles, desacelerar el tránsito o crear espacios de esparcimiento comunitario.
- Planee con base en el tamaño de las plantas en la madurez al seleccionar y diseñar los sitios de IV. Plantar muy densamente con base en el tamaño pequeño de las plantas jóvenes puede resultar en paisajes sobrecargados, plantas atrofiadas que compitan por los recursos, o que invadan espacios adyacentes (por ejemplo calles, guarniciones, cables de luz) que requieran ser podadas constantemente.



Este mezquite nativo se desarrolla en una depresión que contiene el flujo de agua de lluvia de la calle, proporcionando sombra a la banqueta.

# Vegetación: lineamientos de diseño

## Lineamientos de diseño: selección de plantas y colocación

Estas dos páginas informan sobre los beneficios ambientales, estética y colocación apropiada de los diferentes tipos de plantas usados en sitios de IV (a - f se describen a continuación y se denotan en Figura 1). Una consideración clave al acomodar plantas es dónde están colocadas en relación con el agua. Durante las tormentas, el agua permanecerá en áreas de bioretención hasta varias horas (ver página 22 sobre lineamientos para asegurar la filtración en los periodos de tiempo apropiados). Los troncos y tallos de muchas plantas desérticas se pudrirán al permanecer en agua mucho tiempo o si están rodeados por largo tiempo con acolchado húmedo.

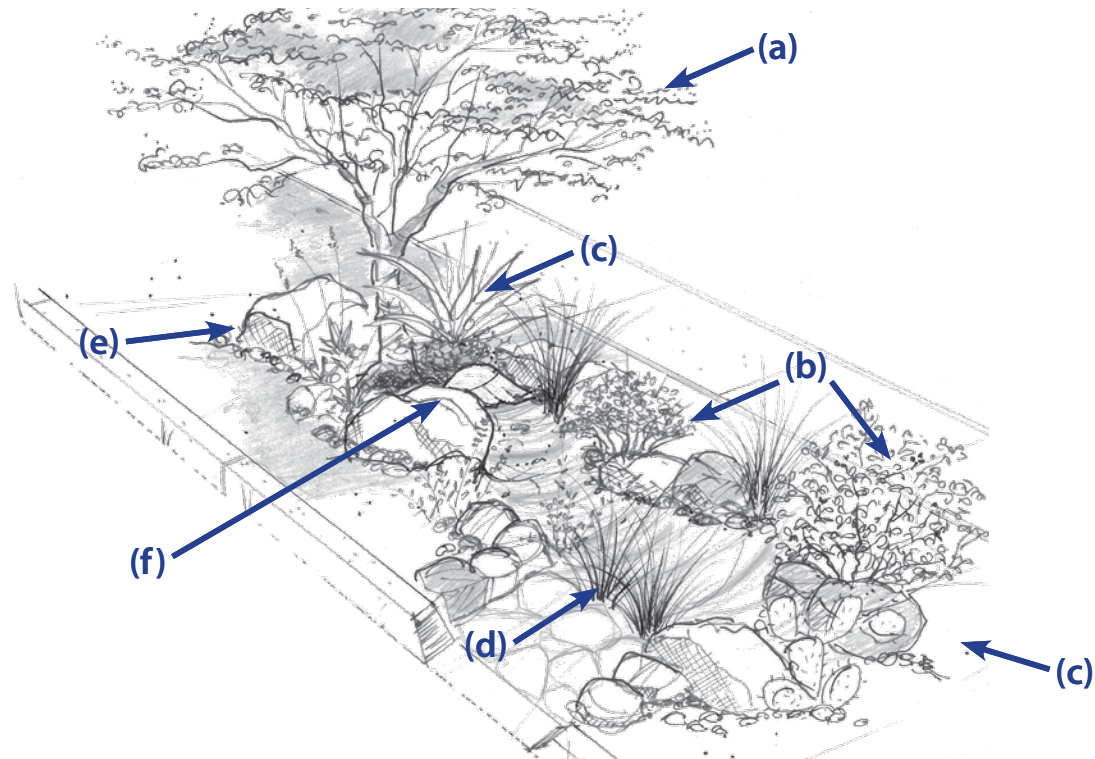


Figura 1. Colocación apropiada de plantas en una práctica de infraestructura verde (se muestra el corte de guarnición con una zanja alineada con piedras).

### Árboles (a)

#### Servicios ambientales

Ver página 16 para una lista extensa

#### Estética

- Fundamentales para crear paisajes atractivos

#### Colocación

- Deben plantarse en superficies elevadas adyacentes a áreas de bioretención, o en explanadas elevadas dentro de ellas. Los sistemas de raíces extensas de los árboles les permiten alcanzar el agua mucho más allá del alcance de sus hojas

- Requieren más agua que otras plantas, y pueden requerir riego en zonas sin escorrentía significativa proveniente de las superficies duras o pavimentadas

#### Otras consideraciones

- Algunas regiones desérticas no tienen árboles nativos—en estas zonas, tienen que usarse árboles no nativos, o árboles nativos de elevaciones más altas u otras regiones del mismo ecosistema, los cuales pueden tener mayor necesidad de agua

### Arbustos (b)

#### Servicios ambientales

- Proporcionan un excelente hábitat, flores, frutos y semillas—para aves, insectos, reptiles y mamíferos nativos
- Reducen la erosión al proteger la superficie del suelo

#### Estética

- Crean un “nivel intermedio”, un importante elemento estético que normalmente hace falta entre árboles altos y plantas más pequeñas



# *Vegetación: lineamientos de diseño (continuación)*

## *Colocación*

- Es mejor que se siembren en la inclinación de la zanja/depresión o en una plataforma elevada justo arriba del nivel de inundación, donde están lo suficientemente abajo para que las raíces alcancen la humedad del suelo pero no tan abajo que puedan permanecer inundadas por largos periodos de tiempo

## **Cacti, agaves, yuccas (c)**

### *Servicios ambientales*

- Las flores y frutos de los cactus y las suculentas son importantes fuentes de alimento para una variedad de aves, murciélagos y otros mamíferos
- No ayudan mucho a filtrar el agua de lluvia o construir suelo, aunque no deben ser el único tipo de plantas que se usen en sitios de IV

### *Estética*

- Proporcionan elementos de un paisaje único y escultural que ayudan a definir un sentido de lugar
- Suculentas como los ocotillos y algunas yucas pueden proporcionar elementos verticales a los paisajes, usando mucha menos agua que los árboles

### *Colocación*

- Deben plantarse sobre el nivel de inundación en los depósitos de bioretención
- Usan muy poca agua, y pueden usarse

en zonas que no reciben escorrentía extra proveniente de las superficies duras

## **Pastos (d)**

### *Servicios ambientales*

- Proporcionan redes densas de tallos y raíces que filtran con efectividad los contaminantes del agua de lluvia, reducen la erosión y aumentan la filtración de agua de lluvia hacia el subsuelo

### *Estética*

- Pueden proporcionar increíbles elementos al paisaje

### *Colocación*

- Por lo general sobreviven tanto a inundaciones como a largas sequías en buenas condiciones, y dan los mejores beneficios al limpiar agua de lluvia en el fondo de las zonas de bioretención

### *Otras consideraciones*

- Crecen en todo la región del Desierto Sonorense en forma de manojos. Muchos ambientes del Desierto Sonorense no tienen césped nativos, que son un elemento esencial para prácticas de IV en otras regiones

## **Flores silvestres (e)**

### *Servicios ambientales*

- Proporcionan importantes fuentes de alimento para polinizadores como colibríes, abejas y mariposas

### *Estética*

- Por lo general son las primeras plantas en alcanzar la madurez en nuevos sitios de IV, y pueden aportar color y estética muy necesaria, en los sitios durante el periodo de establecimiento inicial de árboles y arbustos
- Sembrar plantas anuales puede crear una ola de color estacional en la primera temporada de lluvias posterior a la plantación, pero rápidamente se secan cuando regresan las condiciones de calor/frío. Planee el mantenimiento de acuerdo a estas consideraciones

### *Colocación*

- Tienen una tolerancia variable a las inundaciones. Busque el conocimiento y experiencia local

## **Plantas pequeñas a nivel del suelo-mantillo (f)**

### *Servicios ambientales*

- Algunas flores silvestres y arbustos perennes pueden usarse para cubrir el suelo, para protegerlo y retener acolchado orgánico

### *Estética*

- Ayudan a crear una sensación de exuberancia incluso en zonas áridas

### *Colocación*

- Tienen una tolerancia variable a las inundaciones. Busque el conocimiento y experiencia local.

# Vegetación: lineamientos de diseño (continuación)

## Manejo del agua

Uno de los mitos sobre infraestructura verde en la región del Desierto Sonorense es que siempre requiere de irrigación a largo plazo. En muchos casos, la necesidad de riego a largo plazo puede eliminarse o reducirse significativamente 1) al usar plantas nativas que estén adaptadas a los patrones de precipitación de la zona, y 2) al colocar vegetación en áreas donde recibirá escorrentía de lluvia adicional proveniente de techos, calles y estacionamientos adyacentes.

Para crear un sitio de IV con vegetación que no requiera irrigación a largo plazo, elabore y siga un presupuesto de agua para el lugar usando uno de los dos métodos:

1. Para sitios donde se sabe a dónde llega el flujo (como una sección de estacionamiento que se descargue en una zanja de bioretención), use los promedios locales de precipitación mensual o anual para calcular cuánta agua fluirá hacia el área de bioretención durante el periodo de tiempo dado. Diseñe un plan de plantación basado en el estimado de agua disponible. Estos cálculos están perfectamente detallados y disponibles sin costo en el sitio web de Brad Lancaster, autor de *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond*.
2. Para depósitos de bioretención que se alimentan del flujo de las calles, tales como salientes, camellones y glorietas, use el método del cuadro a la derecha.



Un árbol de *Prosopis articulata* plantado en un terreno por encima del nivel de inundaciones en un sitio de IV. Este árbol recién plantado eventualmente dará sombra a la banqueta y a la calle.



## Elaboración de presupuestos de agua para zonas de bioretención en la calle o derecho de vía, por ejemplo, para La Paz, Baja California Sur, México

Calcular presupuestos de agua para instalaciones de IV que capturan agua de las calles es un proceso inexacto. Este método asume que, dadas las grandes cantidades de agua que fluyen en las calles, en una zona de bioretención en la calle tal como una saliente (p. 50), o una zanja que captura escorrentía de la calle con los cortes de guarnición (p. 32), se llenarán a toda su capacidad después de lluvias de cierta intensidad. Este método es conservador ya que asume que una zona de bioretención se llenará solamente una vez durante todas las lluvias (es decir, que no hay filtración). Aunque de hecho se necesita filtración para que un sitio de IV funcione (vea la siguiente página), para este método conservador se recomienda tomar en cuenta factores como la variabilidad del clima. Observe las condiciones locales para determinar si este método es apropiado para su sitio, y modifíquelo de acuerdo a sus necesidades.

1. Determine la capacidad del área de bioretención (vea la Referencia #7 para detalles sobre el cálculo de volúmenes). Ejemplo: una zanja en el derecho de vía con pendiente con proporción 3:1 (p.36) está diseñada para tener 6 metros de largo y 2 metros de ancho llena a su capacidad máxima, con 0.2 metros de profundidad. Volumen = profundidad x  $[(L1 \times A1) + (L2 \times A2)]/2$ ; Volumen = 0.2 metros x  $[(6 \text{ m} \times 2 \text{ m}) + [4.85 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}]]/2 = 1.5 \text{ m}^3$ ; 1 m<sup>3</sup> = 1000 litros; 1.5 m<sup>3</sup> x 1000 l/m<sup>3</sup> = 1500 litros de capacidad
2. Determine la cantidad promedio de lluvias anuales en su región. Esta información puede estar disponible de manera local a través de la Comisión Nacional del Agua (<http://smn.cna.gob.mx>). Ejemplo: La Paz, B.C.S. recibe un promedio de 19 días de lluvia al año, 11 de estos llueve más de 2.5 mm y 8 menos de 2.5 mm.
3. Reste las lluvias con caídas de agua con profundidad menor a 2.5 milímetros, puesto que estos eventos no suelen causar flujo. Ejemplo: alrededor de 40% de las lluvias por año registradas en La Paz son menores a 2.5 milímetros.
4. Multiplique la cantidad restante de lluvias superiores a 2.5 milímetros por la capacidad de la zona de retención para estimar el flujo anual disponible para esa instalación.

Ejemplo: 11.3 lluvias por 1500 litros = 16,950 litros de flujo anual de lluvias disponible

5. Diseñe un plan de plantación apropiado para la el flujo de precipitación anual estimado para el sitio (acuda a oficinas locales, secretarías del agua, manuales de paisaje para información sobre plantas nativas. Ejemplo: esta instalación de bioretención tiene capacidad para 1 árbol de *Prosopis articulata* con altura máxima de 5 metros y copa de árbol de alrededor de 12 metros (cada uno requiriendo 12,000 litros anuales) además de varios arbustos nativos, pastos, flores silvestres y cactus<sup>10</sup> (que requieren aproximadamente 350 litros de agua al año cada uno).

# Vegetación: lineamientos de diseño (continuación)

## Manejo del agua (continuación)

- Riegue las plantas por un periodo de establecimiento de 2-3 años después de plantarlas; disminuya el riego a medida que sea posible después de ese periodo.
- Después del periodo de establecimiento, considere riegos ocasionales durante periodos largos de sequía (en La Paz, por ejemplo, establezca un riego mensual a profundidad en los meses más calientes y secos, como son: mayo, junio, julio y septiembre durante 2-3 años después del periodo de establecimiento).
- Riegue manualmente donde sea posible. Este método conserva los recursos, reduce costos, ahorra agua y asegura un mejor cuidado de las plantas.<sup>11,12</sup>
- En zonas donde se considere necesario regar por goteo a largo plazo, establezca patrones de riego que simulen los patrones de lluvia naturales que rieguen profundamente y de manera irregular (esto puede reducir las necesidades de mantenimiento al controlar el crecimiento de las plantas).
- Riegue por la tarde y al anochecer para minimizar la evaporación.

## Suelos

- Todos los sitios de IV deben diseñarse para filtrar su máxima capacidad en 24 horas para evitar la reproducción de mosquitos. Haga una prueba de filtración (una sencilla prueba para evaluar que tan rápido se absorbe el agua en la tierra) para determinar la tasa de filtración.
- En áreas con suelos de arcilla o caliche (una capa de carbonato de calcio impenetrable que se encuentra

con frecuencia en los desiertos), considere hacer hoyos, y/o mejorar el suelo con composta. En algunos casos, el suelo puede ser que sea reemplazado por mezclas que permitan una filtración adecuada.

- Evite compactar el suelo durante la construcción, y/o abrir la superficie del suelo después de la construcción para reducir la compactación.
- En zonas donde el nivel del agua es alto y/o la filtración es baja, puede ser necesario incorporar desagües inferiores en la zanja de bioretención— estos no aparecen en este manual.
- Use acolchado para mejorar la filtración (p. 24)
- Las mejoras a la tierra tales como composta, minerales, etc. no ayudan mucho al crecimiento de gran parte de las plantas nativas<sup>13</sup>. Sin embargo, mezclar tierra con composta puede ser una herramienta útil para mejorar la filtración en la tierra y la retención de humedad.





## Requisitos

- Los requisitos que pide la ciudad de La Paz son un ejemplo del tipo de consideraciones requeridas para la vegetación. Consulte a las oficinas de vialidad local sobre las regulaciones de su área.
- Cumpla con los requisitos para instalaciones exteriores y subterráneas según los reglamentos locales.
- En zonas donde sea necesario que el transporte tenga visibilidad (normalmente en cualquier práctica de calle y en las intersecciones de los derechos de vía), plante solamente arbustos menores a 76 cm y árboles con copa limpia de hojas y ramas que no sobrepasen los 1.8 metros de altura.
- Los árboles deben localizarse a 90 cm de las guarniciones y la calle.
- Los árboles con copas que cubran las guarniciones deben podarse para dar un paso de 2.5 metros de altura.
- Los árboles con copas que cubran carriles de tránsito deben podarse para dar un paso de 4.3 metros de altura.

## Mantenimiento

- Use acolchado y establezca plantas pequeñas perennes para reducir el crecimiento de hierba.
- Poda los arbustos y árboles para mantener libre el paso y la visibilidad en los caminos.
- Corte las ramas y cambie el acolchado según sea necesario.
- De ser posible, permita que los árboles crezcan 2-3 años sin podarlos para que desarrollen troncos fuertes.
- Reemplace las plantas muertas.



# Prácticas generales: acolchado

**Acolchado se refiere a cualquier sustancia que se use para cubrir y proteger el suelo.**

- El acolchado orgánico se compone de pedazos secos y triturados de plantas
- El acolchado de roca se compone de grava, piedras, concreto o ladrillos rotos

## Función

Una de las funciones principales del acolchado en infraestructura verde es reducir la evaporación de humedad del suelo. Esta función es fundamental en zonas desérticas, donde la evaporación potencial (1,467 mm en La Paz) excede por mucho la precipitación (165 mm en La Paz). El acolchado es la base para otros beneficios. Vea la tabla en la siguiente hoja para un resumen.

## Selección y diseño del sitio

Es preferible usar acolchado orgánico cuando sea posible por sus múltiples beneficios. La principal ventaja del acolchado de roca es que no se mueve en zonas de mucho tránsito peatonal o flujo significativo de agua de lluvia.

Tomando en cuenta estos factores, la regla general para escoger acolchado es:

- Use acolchado orgánico en zonas donde se hagan encharcamientos, tales como zanjas que estén junto a un corte de la guarnición.
- Use acolchado de roca en zonas donde fluya el agua o donde las inundaciones puedan ser un problema, tales como depresiones o instalaciones en la calle.



Una capa de acolchado orgánico de 10 cm reduce dramáticamente el crecimiento de hierba. Use acolchado orgánico donde el agua de lluvia fluye a baja velocidad.



## Función, costos y beneficios del acolchado orgánico y de roca/grava

|                                                       | Acolchado orgánico | Acolchado de roca/grava |
|-------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Controla la hierba                                    | Sí                 | Más o menos             |
| Retiene humedad del suelo                             | Sí                 | Más o menos             |
| Regula la temperatura del suelo                       | Sí                 | No                      |
| Construye materia orgánica en el suelo                | Sí                 | No                      |
| Reduce la erosión                                     | Sí                 | Sí                      |
| Permanece en su lugar en zonas con alto flujo de agua | No                 | Sí                      |
| Proporciona un hábitat silvestre                      | Sí                 | Más o menos             |
| Las hojas que caen deben limpiarse                    | No                 | A veces                 |
| Renovable, fuente de baja huella de carbono           | Sí                 | No                      |
| Proporciona microbios benéficos al suelo              | Sí                 | No                      |
| Costo                                                 | Bajo/gratis*       | Más alto                |

\*Las compañías que podan árboles a veces proporcionan hojarasca sin costo.



En esta saliente recién instalada, se usa una escollera con roca de 10 – 20 cm de diámetro en el canal donde el agua fluirá rápidamente, y grava de 2.5 cm de diámetro cubre las pendientes más altas.

Otras consideraciones al usar acolchado son:

- Se necesita una capa de acolchado orgánico de por lo menos 10 cm para reducir efectivamente el crecimiento de malezas-hierba.
- Mantenga el acolchado lejos de troncos de árboles o arbustos para evitar que se pudran.
- No use granito descompuesto o grava sin lavar en o cerca de áreas de filtración; las partículas pequeñas pueden tapan los poros de la tierra y evitar la filtración.
- Use piedras de mayor tamaño y muy unidas (10 – 20 cm o más grandes) para reducir la erosión en lugares donde las inundaciones puedan ser un problema.

## Mantenimiento

- Reestablezca el acolchado orgánico cada año para mantener una profundidad de por lo menos 10 cm.
- Limpie las hojas que caigan sobre la superficie del acolchado de roca de ser necesario (con el acolchado orgánico, la hojarasca que se acaba de recoger del acolchado de piedra puede ser de utilidad para reponer el acolchado orgánico).

# *Prácticas de infraestructura verde al lado de la calle: trabajando en el derecho de vía*

## **¿Qué es el derecho de vía?**

**Los derechos de vía (DDV) son zonas reservadas para el transporte, servicios públicos, peatones y otros usos.**

Las calles de una colonia están ubicadas en DDV pertenecientes al municipio que por lo general incluyen a la calle misma y franjas de tierra en cualquier lado donde haya guarniciones, servicios públicos y árboles de la calle. Para los propósitos de esta guía, el término derecho de vía se refiere únicamente a la franja de tierra entre la calle y las propiedades privadas.

## **¿Por qué trabajar en el DDV?**

Unos 10 milímetros de lluvia que cae en la calle de una típica cuadra de una ciudad (1m x 40m) genera como 4800 litros de flujo.

Muchos DDV de la región del desierto sonorense no tienen vegetación, y son simplemente áreas de tierra compacta o grava uniforme. Al usar las técnicas de las siguientes páginas, estas áreas pueden convertirse en jardines de lluvia que infiltran agua pluvial desde las calles de la colonia y hacen crecer hermosos árboles y arbustos que dan sombra a las calles y banquetas.

Es más fácil legal y logísticamente trabajar en los DDV que en las calles mismas, lo que los convierte en buenas ubicaciones para plantar árboles con grupos de voluntarios y para proyectos de infraestructura verde.

## **Selección del sitio, diseño y proceso de trabajo**

El trabajo en el DDV puede ser emprendido por una ciudad, un grupo vecinal e incluso un residente en lo individual. Aunque un solo corte en la guarnición y un depósito enfrente de una casa puede tener un impacto pequeño en los problemas de flujo de lluvia locales, puede otorgar grandes beneficios como una demostración de principios y prácticas de infraestructura verde que otros pueden ver claramente. Si se instaura una práctica como parte de un taller educativo o esfuerzo de vecinos voluntarios, también se multiplica su valor educativo. Las prácticas de DDV de las siguientes páginas fueron instaladas por talleres de voluntarios a través del Watershed Management Group en Tucson, Arizona y de talleres impartidos por las organizaciones Raíz de Fondo y la Sociedad de Historia Natural Niparájá en La Paz, BCS, México.





Un DDV en Tucson captura el flujo de la calle para alimentar un refrescante camino de árboles y arbustos nativos.



Este típico DDV suburbano no tiene vegetación.



El DDV (para los propósitos de este manual) es la franja de tierra entre la calle y las propiedades privadas.





Voluntarios crean zanjas de retención en el derecho de vía una calle de La Paz.



# Trabajando en el derecho de vía (continuación)

Al trabajar en el DDV, siga estos pasos:

1. *Identifique a los dueños de propiedades adyacentes y obtenga los permisos necesarios.* El DDV es propiedad pública, pero los propietarios adyacentes son con frecuencia responsables del mantenimiento del DDV frente a su casa o negocio. Los propietarios también pueden ser considerados responsables por accidentes ocurridos en el DDV. Conozca las políticas de su municipio, y obtenga un permiso escrito de los dueños adyacentes.

Los mejores sitios para trabajar en el DDV son con frecuencia aquellos donde el dueño está activamente interesado: ellos tenderán a estar más al pendiente del sitio (regando, dando mantenimiento) que dueños ausentes o vecinos desinteresados.

2. *Identifique quién dará mantenimiento al sitio y cómo.* Este paso es ignorado con frecuencia, y es fundamental para el éxito de cualquier sitio de IV. Para mayor información, vea la página 72.

3. *Visite el sitio para evaluar el flujo de agua.* Visitar un sitio durante un evento de lluvia proporcionará información invaluable para evaluar los sitios apropiados para IV, tal como:

- ¿Cuánta agua fluye a través del sitio con diferentes intensidades de lluvia? Esto le ayudará a desarrollar un presupuesto de agua para el lugar (p. 25).
- ¿El agua de lluvia fluye por la alcantarilla o a la mitad de la calle? Si es el segundo caso, el flujo de la calle no estará disponible para plantas en el DDV.
- ¿El nivel del agua rebasa la altura de la guarnición con lluvia fuerte? Si es el caso, tome en cuenta el control de la erosión atrás de la guarnición.

4. *Localice los servicios públicos.* El DDV se usa con frecuencia para cables y tubos de agua, gas y otros servicios subterráneos. Localícelos desde el inicio del proceso, pues hay restricciones para la excavación y/o plantación alrededor de ellos. Comuníquese con la Comisión Federal de Electricidad, el Organismo Operador de Agua Potable y con Teléfonos de México o con las empresas y agencias de servicios públicos. Recorra a un servicio de ubicación de cables para marcar líneas en el sitio, y determinar los requisitos necesarios para plantar y excavar. Sea creativo al trabajar cerca de cables—a veces excavar manualmente con cuidado convierte a un sitio en un candidato viable para IV. Al plantar árboles, tome en cuenta los cables externos.

Nota: muchos proyectos de IV en DDV no pueden llevarse a cabo por la presencia de cableado subterráneo. Algunas ciudades vanguardistas, sabiendo que los DDV son excelentes lugares para plantar árboles, exigen que el cableado esté en la calle. Ya hay métodos “libres de zanjas” que permiten mantener el cableado sin excavar en el asfalto.

5. *Cree un presupuesto de agua para el sitio.* Vea la página 25.

6. *Haga un diseño.* Use la información sobre prácticas individuales (p. 36-66).

7. *Obtenga los permisos necesarios para el diseño.* Por lo general se necesita un permiso municipal para trabajar en un DDV. Contacte a su jurisdicción local para aprender sobre el proceso de permisos.

## Trabajando en el derecho de vía (continuación)

8. *Lleve a cabo excavación previa de ser necesario.* Los suelos desérticos, sobre todo si han sido compactados por años de tránsito peatonal, pueden ser increíblemente duros. Con frecuencia será necesario usar maquinaria para llevar a cabo excavaciones del sitio. Planee a dónde llevará el suelo excavado. Usar el suelo excavado de manera local (como en pasos elevados en el sitio) puede reducir los costos de traslado.

9. *Haga cortes en la guarnición.* Si hacer cortes en la guarnición es parte del proyecto, debe hacerse después de la excavación y antes de la instalación final para facilitar la colocación correcta de la roca controladora de erosión (ver la siguiente sección).

10. *Llevar a cabo el moldeo de tierra, trabajo con roca, plantación y establecimiento de acolchado.* Este puede ser un paso adecuado para involucrar a voluntarios de la zona. Las instalaciones en DDV mostrados en este manual fueron instalados en gran parte por talleres de voluntarios.

11. *Visite el lugar para evaluar el funcionamiento, necesidades de mantenimiento y reunir información para futuros sitios.* Haga cambios según se requiera. Los sitios de IV requieren de evaluación constante para conservar sus funciones.

Nota: para una excelente descripción paso a paso sobre la instalación de IV en DDV, vea la referencia #12 en la página 70.









# Prácticas al lado de la calle: cortes en la guarnición

**Los cortes en la guarnición son aperturas creadas para permitir el flujo de agua de la calle (o cualquier superficie impermeable adyacente, como un estacionamiento) hacia una zanja, depresión o área de plantas.** Esta

página se enfoca en los cortes de la guarnición en sí; las prácticas de las páginas 38-45 dan detalles sobre cómo crear las zonas de bioretención adyacentes.

## Función

- Es una herramienta útil para modernizar las colonias existentes con prácticas de infraestructura verde sin mucha reconstrucción.
- Mucho más barato que hacer el trabajo para concentrar agua de lluvia con instalaciones en la calle.
- Puesto que los cortes en la guarnición son perpendiculares al flujo de agua en la calle, por lo general reúnen solamente una parte del agua que fluye por la alcantarilla. Si el objetivo es reducir el flujo de agua a lo largo de la calle, haga numerosos cortes separados a lo largo de la calle.

## Selección del sitio

- Las calles coronadas (más altas en el medio, el agua fluye a lo largo de la guarnición) son apropiadas para usar cortes.
- Observe el sitio durante una lluvia para determinar si fluye agua y que tanto a lo largo de la guarnición donde planea hacer el corte. Incluso en una calle coronada, un lado podría ser más alto que el otro o los flujos pueden alterarse por factores a contracorriente. Además, las imperfecciones del pavimento también pueden dirigir el flujo de lluvias moderadas lejos del corte.

- Evite calles con una inclinación mayor a 5% o en zonas donde la guarnición termina siempre sumergida.
- Podría necesitar un contratista con permiso y/o licencia para hacer los cortes en la guarnición a lo largo del DDV. Verifique con la oficina de vialidad de su localidad la información sobre permisos, así como los requisitos y lineamientos de ubicación (en Tucson, por ejemplo, los cortes deben estar a 1.50 m de los conos aluviales y 6 m lejos de las intersecciones).
- El ancho mínimo del área de tierra entre la guarnición/camino debe ser de por lo menos 2 metros de ancho en zonas con estacionamiento sobre la calle (1.75 metros sin estacionamiento).

## Diseño y construcción

- Haga cortes transversales en la guarnición de 45 cm – 60 cm, con lados ajustados de 45° o según los reglamentos locales.
- El fondo del corte debe sobresalir ligeramente hacia el área de la zanja (lejos de la calle).
- Debe construirse un cono aluvial y una escollera donde el flujo del agua se cruza con la zona del DDV. El cono aluvial evitará la erosión del suelo y que se debilite la superficie de la calle. Pueden colocarse piedras de 10 – 20 cm de tamaño en una sola fila alrededor de la entrada. La parte superior de la superficie de la roca debe extenderse 3 – 5 cm debajo del nivel del corte en la guarnición para asegurar el flujo positivo de agua hacia la zanja.



## Mantenimiento

- Limpie con regularidad los cortes de la guarnición- de cualquier desecho que pueda impedir el libre paso del agua hacia las zanjas (1-2 veces al año).
- Revise que no haya erosión en las escolleras y conos aluviales y haga las reparaciones/refuerzos necesarios (anualmente).

Un corte en la guarnición permite el paso de agua de lluvia hacia una zanja de bioretención en el derecho de vía, en La Paz.



# Prácticas al lado de la calle: corte en la guarnición, bordes empedrados

Para concentrar e infiltrar el agua de lluvia desde los cortes en la guarnición hacia los derechos de vía, las zanjas de bioretención deben excavarse en el DDV con una profundidad por debajo del nivel de la calle. Las rocas se usan para prevenir la erosión a los lados de la zanja.

## Función

### *Ventajas*

- Puede usarse para concentrar agua de lluvia desde DDV relativamente estrechos.
- Los bordes rocosos crean una zona delineada para poner acolchado y plantas.

### *Desventajas*

- Los bordes rocosos con frecuencia sobresalen en el paisaje (para bien o para mal).
- Los bordes rocosos y las zanjas pueden considerarse peligrosos para los peatones en zonas muy transitadas.
- Las inclinaciones pueden erosionarse si no están bien colocadas y con rocas bien fijas

## Selección del sitio

- Siga los lineamientos de selección del sitio para cortes en la guarnición (p. 32) y vegetación (p. 16).
- El ancho mínimo entre el borde y la guarnición debe ser de por lo menos 1.8 metros en calles donde se estacionen automóviles (1.5 metros si no se estacionan).
- Evite calles con inclinaciones mayores a 5%.

- Cumpla con los requisitos establecidos para las instalaciones de servicios (agua, gas, luz, etc.) exteriores y subterráneas.

## Diseño y construcción

- Excave la zanja 25 – 30 cm por debajo de la superficie de la calle y rellene con 10 – 20 cm de acolchado. (Nota: no deben permitir que el agua exceda una profundidad de 20 cm). Hacer excavaciones más profundas y rellenarlas con acolchado permite una mayor capacidad de retención de agua de lluvia—la parte superior del acolchado debe estar por lo menos 5 cm debajo de la entrada del agua).
- En zonas donde las inclinaciones de la zanja son mayores a 33% (3:1), los bordes de la zanja deben tener rocas en las orillas para evitar la erosión.
- Si se necesitan accesos peatonales al DDV, el tamaño de las zanjas no debe exceder 6 metros de largo, con un espacio de 1.5 metros a nivel normal entre zanjas.
- Haga el área del fondo de la zanja lo más grande posible para maximizar la filtración de agua de lluvia.
- En zonas con estacionamiento sobre la calle, conserve una “zona de no pasar” de 45 cm de tierra o grava plana (inclinada 1% hacia la zanja) junto a la saliente para permitir el ascenso y descenso de los pasajeros de los automóviles.
- Conserve un área de 30 cm de ancho, ligeramente inclinada (1%) hacia la zanja junto al paso peatonal o guarnición.
- Si no hay banqueta, conserve un paso peatonal en el DDV de por lo menos 1.2 metros (inclinado 1% hacia la zanja).



- Debe haber un corte en la guarnición tanto del lado que fluye hacia la zanja como hacia afuera. Para ello, el corte debe estar por lo menos 10 cm más abajo que el borde de la zanja o depósito. Este paso es fundamental para asegurar que el flujo regrese hacia la calle y no hacia propiedades adyacentes. Entre más inclinado sea un lugar, menos profunda debe ser la zanja para mantener estos niveles.
- Cree terrazas de plantación a lo largo de la zanja para mantener árboles y arbustos nativos. Asegúrese de que las plantas no bloquean el flujo del agua a lo largo de la zanja.
- Para mantener la visibilidad, no plante árboles o arbustos que invadan los carriles de circulación. La copa de un árbol debe estar a una altura mínima de 2.45 metros en zonas de estacionamiento y a 4.25 metros en carriles de circulación (revise los reglamentos locales).

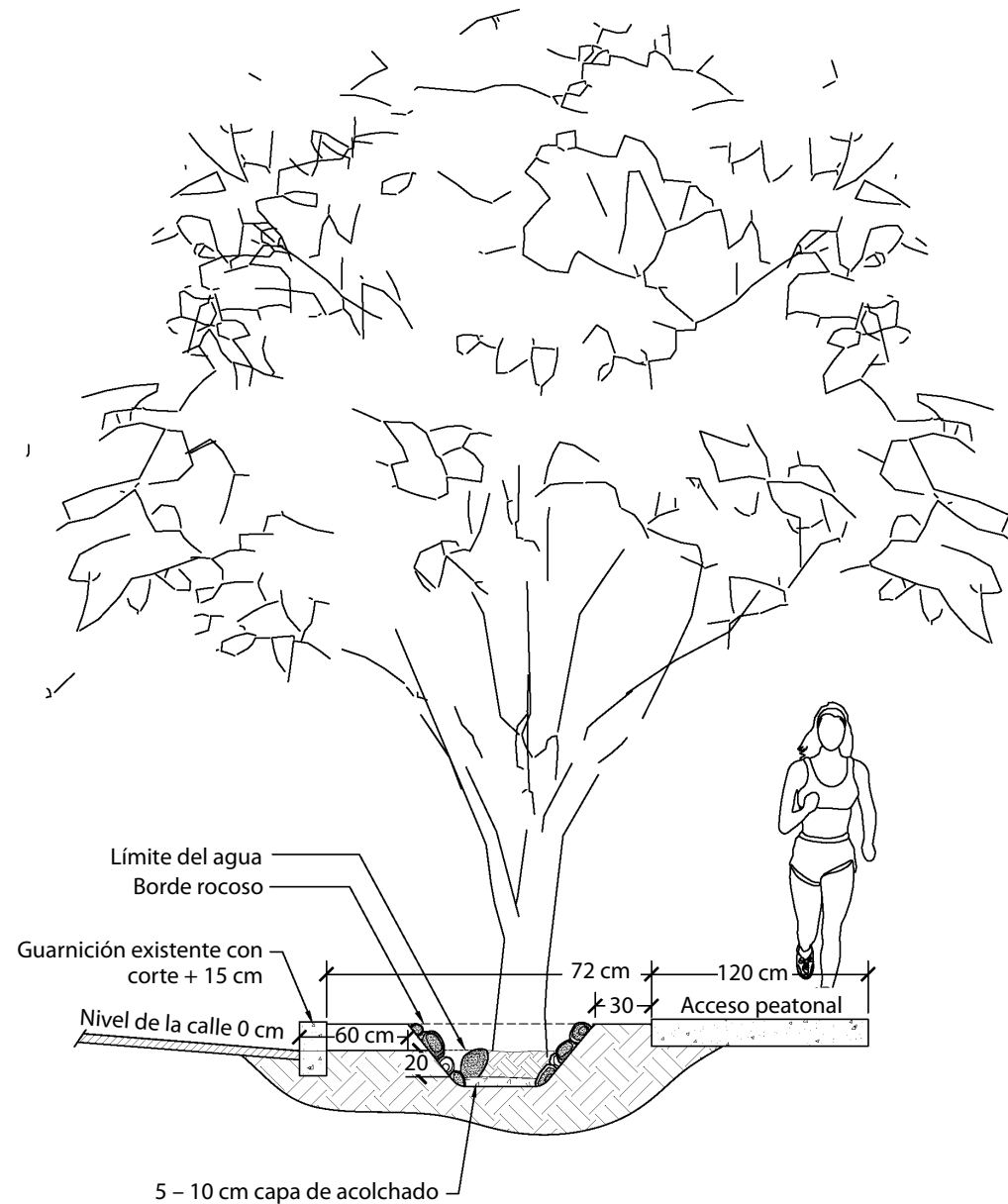


Figura 2. Sección A. Muestra de una zanja con bordes rocosos, de acuerdo a los lineamientos de una calle en una zona residencial con estacionamiento sobre la calle en la ciudad de Tucson, AZ. Para el plan completo, vea el Apéndice.

# Corte en la guarnición y zanja, bordes rocosos (continuación)

## Materiales

- Haga una escollera de 20 – 50 cm para delinear el perímetro del depósito.
- Haga una escollera de 10 – 20 cm como cono aluvial debajo del corte de la guarnición para reducir la erosión.
- Use acolchado orgánico en la zanja donde sea posible. Podría necesitarse en caso de que la calle se inunde mucho.

## Mantenimiento

- Observe el depósito durante las lluvias para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.
- Quite la basura acumulada periódicamente.
- Añada acolchado orgánico (anualmente) para mantener una profundidad máxima de 20 cm

(o la profundidad diseñada) desde la superficie de la calle.

- Si se usa acolchado de roca, remueva los restos de plantas de la superficie del acolchado (1-2 veces al año).
- Limpie el sedimento acumulado en el fondo del depósito para mantener la profundidad original (cada 1-2 años). En áreas con mucho sedimento considere usar una trampa de sedimento (p. 42).
- Revise que no haya erosión en el cono aluvial interno, las inclinaciones, bordes, etc. y haga las reparaciones necesarias (anualmente).
- Poda la vegetación para mantener la visibilidad y prevenir la obstrucción de carriles de tránsito y pasos peatonales (anualmente).
- Use lo que podó como acolchado renovable en el sitio.

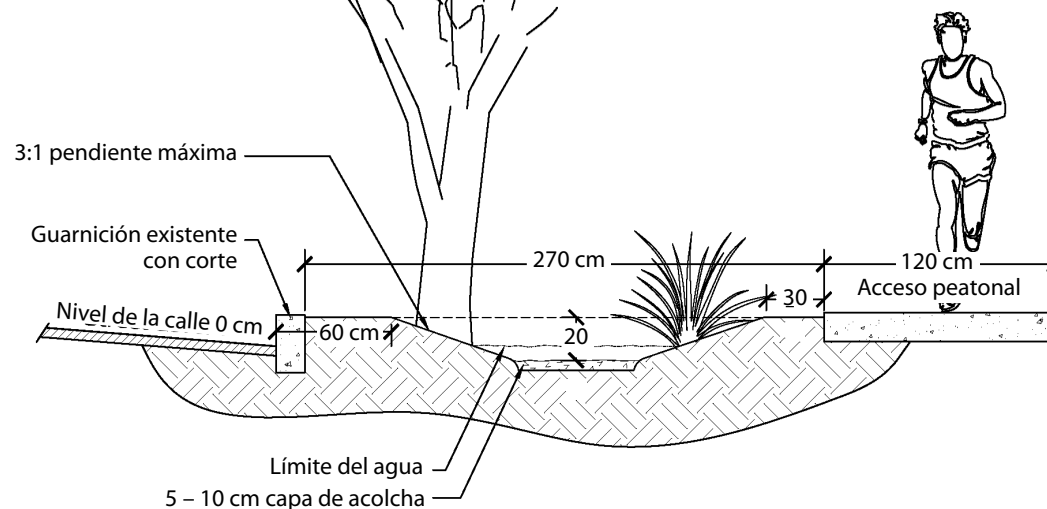


Figura 3. Sección B. Muestra de una zanja con inclinaciones, de acuerdo a los lineamientos de una calle en una zona residencial con estacionamiento sobre la calle en Tucson, AZ. Para el plan completo, vea el Apéndice.



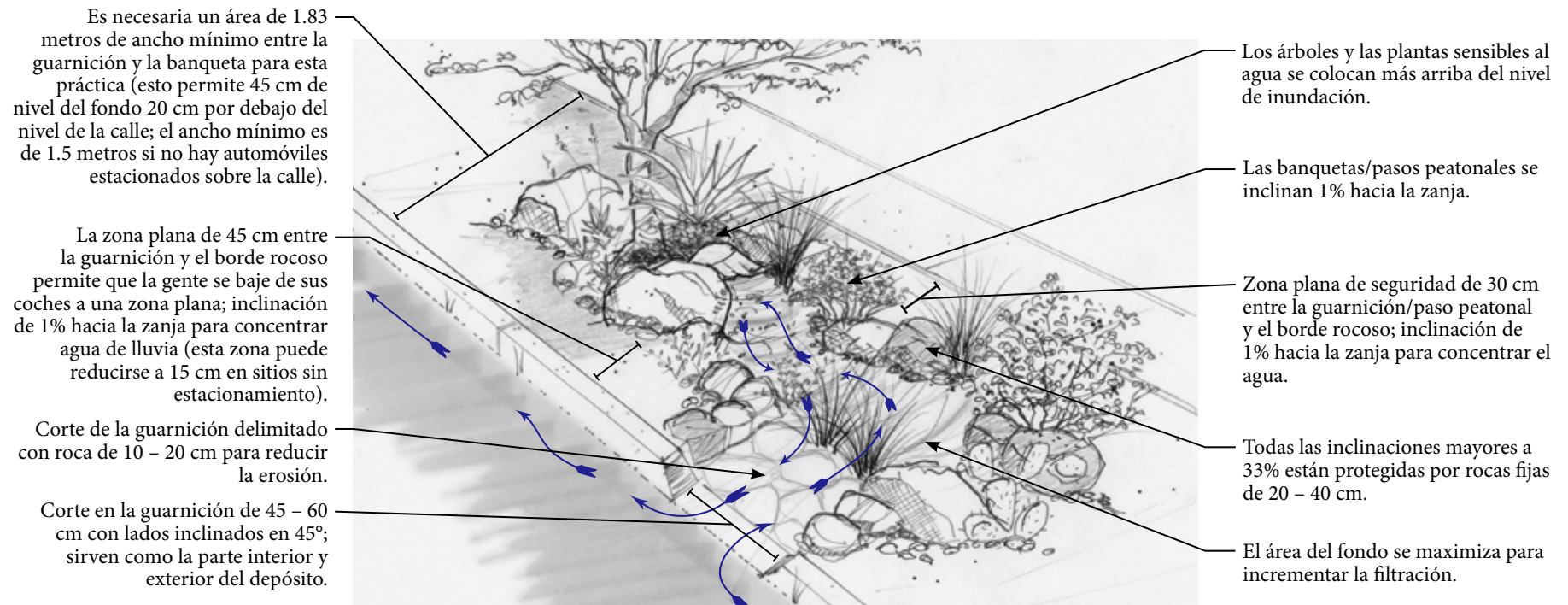


Figura 4. Dibujo conceptual de un corte en la guarnición y un borde rocoso en el DDV.

## Adaptando la práctica a su sitio

- En zonas de DDV sin estacionamiento de automóviles, reduzca la “zona de descenso” a un mínimo de 15 cm.
- Si el cableado cruza el DDV perpendicularmente, use estas áreas como pasos elevados para que los peatones crucen el DDV entre zanjas.
- En lugares donde el DDV no es lo suficientemente ancho para hacer esto, considere hacer depósitos más pequeños sin cortes para concentrar el agua de las banquetas y propiedades adyacentes (p. 44).

# Prácticas al lado de la calle: corte en guarnición y zanja, inclinación leve

Una opción para hacer cortes en guarniciones en zonas de tierra muy anchas (2.75 metros o más) entre la guarnición y la banqueta (DDV) es hacer zanjas con inclinaciones leves sin bordes rocosos. Estos depósitos son similares en estructura y funciones a las que tienen bordes rocosos (p. 34), la diferencia principal es el uso de lados inclinados. Esto es posible en zonas donde los DDV son más anchos.

## Función

### Ventajas

- Las inclinaciones leves son más seguras para ambientes peatonales
- Las inclinaciones no requieren bordes rocosos
- Se pierden en el paisaje

### Desventajas

- Se necesita un DDV de tierra relativamente grande
- No hay un límite bien señalado, lo que puede resultar en mayor tránsito peatonal en zonas plantadas, y puede ser un problema mantener el acolchado en su lugar

## Selección del sitio

- Siga los lineamientos para selección de sitio para cortes en la guarnición (p. 32) y vegetación (p. 16).
- El ancho mínimo de la zona de tierra entre la guarnición y la banqueta debe ser de por lo menos 2.75 metros en zonas donde se estacionen automóviles (2.45 metros sin estacionamiento).
- Evite calles con inclinaciones mayores a 5%.
- Cumpla los requisitos para instalaciones de servicios (agua, luz, cable, etc.) exteriores y subterráneas.

## Diseño y construcción

- Excave el fondo de la zanja a 25 – 30 cm por debajo del nivel de la calle y rellene con 5 – 10 cm de acolchado (nota: no deben permitir que el agua exceda una profundidad de 20 cm). Excavar más profundo y rellenar con acolchado permite una capacidad mucho mayor, por lo menos, el acolchado debe quedar 5 cm debajo del borde).
- Si hay paso peatonal en el DDV, las zanjas no pueden ser más largas de 6 metros, con pasos entre zanjas de 1.5 metros.
- Haga el fondo de la zanja lo más grande posible para maximizar la capacidad de filtración.
- En zonas con estacionamiento, conserve una “zona de descenso” de tierra o grava aplanada de 45 cm (inclinada 1% hacia la zanja) junto a la guarnición para permitir que las personas bajen y suban a los vehículos.
- Conserve un área de 30 cm de ancho, ligeramente inclinada (1%) hacia la zanja junto a los pasos peatonales o guarniciones.
- Si no hay guarnición, conserve un paso peatonal de 1.2 metros en el DDV (inclinado 1% hacia la zanja).
- Debe haber un corte en la guarnición tanto del lado que fluye hacia la zanja de infiltración como hacia afuera. Para ello, el corte debe estar por lo menos 10 cm más abajo que el borde de la zanja. Este paso es fundamental para asegurar que el flujo regrese hacia la calle y no hacia propiedades adyacentes. Entre más inclinado sea un lugar, menos largo paralelo a la calle debe ser la zanja para mantener estos niveles.
- Cree terrazas de plantación a lo largo de la zanja para mantener árboles y arbustos nativos. Asegúrese de



que las plantas no bloquean el flujo del agua a lo largo de la zanja.

- Para mantener la visibilidad, no plante árboles o arbustos que invadan los carriles de circulación. La copa de un árbol debe estar a una altura mínima de 2.45 metros en zonas de estacionamiento y a 4.25 metros en carriles de circulación (revise los reglamentos locales).

## Materiales

- Haga una escollera de 10 – 20 cm como cono aluvial debajo del corte de la guarnición para reducir la erosión.
- Haga una capa de 5 – 10 cm de acolchado orgánico o rocoso a lo largo de la zanja, incluyendo el fondo y las inclinaciones.

## Mantenimiento

- Observe una zanja durante las lluvias para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.
- Quite la basura acumulada periódicamente.
- Añada acolchado orgánico para mantener una profundidad máxima de 20 cm (o la profundidad diseñada) desde la superficie de la calle (anualmente).
- Si se usa acolchado de roca, remueva los restos de plantas de la superficie del acolchado (1-2 veces al año).
- Limpie el sedimento acumulado en el fondo del depósito para mantener la profundidad original (cada 1-2 años). En áreas con mucho sedimento considere usar un trampa de sedimento (p. 42).
- Revise si hay erosión en el cono aluvial interno, las inclinaciones, bordes, etc. y haga las reparaciones necesarias (anualmente).

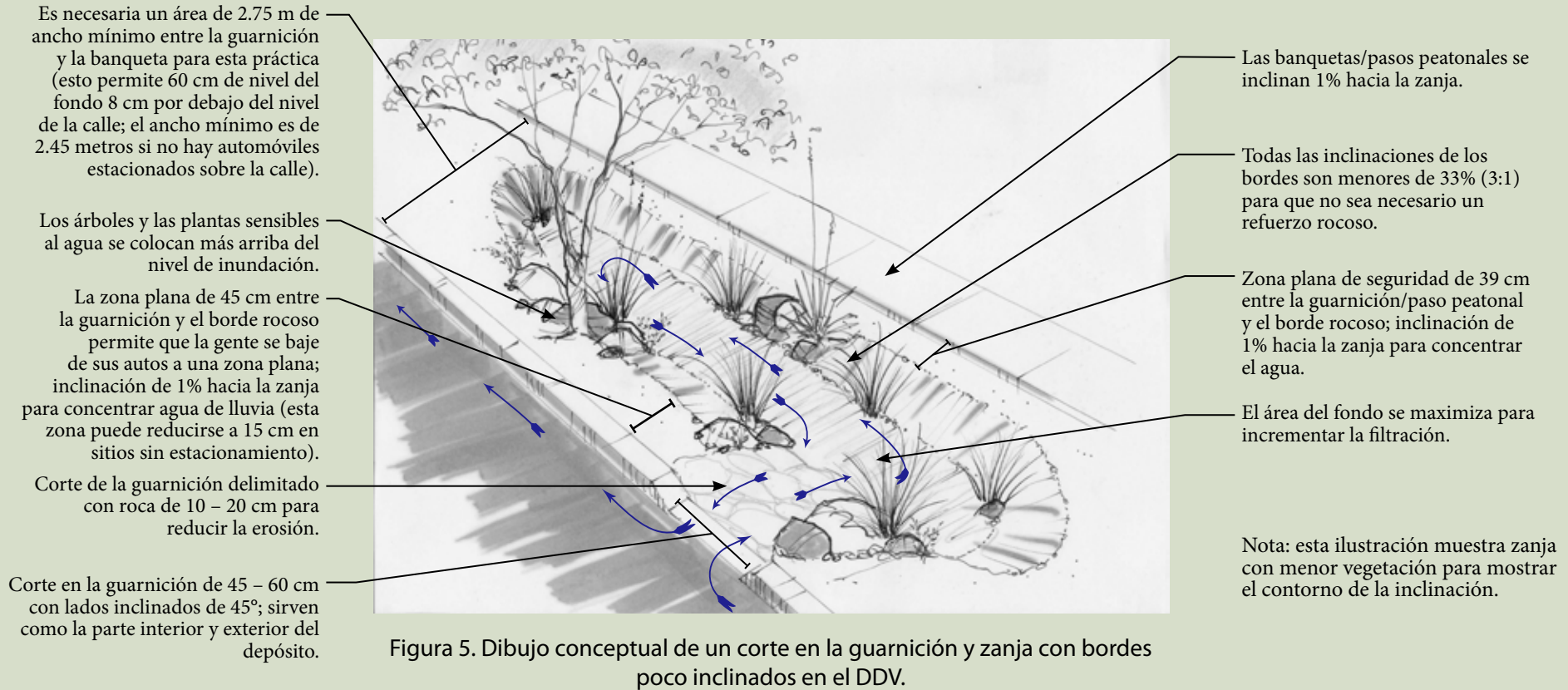
- Poda la vegetación para mantener la visibilidad y prevenir la obstrucción de carriles de tránsito y pasos peatonales (anualmente).

## Adaptando la práctica a su sitio

- En zonas de DDV sin estacionamiento de automóviles, reduzca la “zona de descenso” a un mínimo de 15 cm.
- Si el cableado cruza el DDV perpendicularmente, use estas áreas como pasos elevados para que los peatones crucen el DDV entre zanjas.
- En lugares donde el DDV no es lo suficientemente ancho para hacer esto, considere hacer depósitos más pequeños sin cortes en la guarnición para concentrar el agua de las banquetas y propiedades adyacentes (p. 44).



# Corte en guarnición y zanja, inclinación leve (continuación)









# Prácticas al lado de la calle: trampas de sedimento

Quitar el sedimento es un desafío para el mantenimiento de sitios de IV. En el árido Desierto Sonorense, es común encontrar suelo descubierto, lo que acelera la erosión y la sedimentación. Por ello se necesita que los sitios de IV en lugares con flujo elevado se protejan con roca o grava, lo que a cambio hace más difícil la remoción de sedimento. Las trampas de sedimento solucionan este problema.

## Función

Las trampas de sedimento capturan y concentran el sedimento en la entrada de las zonas de bioretención, facilitando la remoción periódica de sedimento y alargando la vida útil de la infraestructura.

## Selección del sitio

- Use trampas de sedimento en zonas donde se junte mucho sedimento durante las lluvias.
- Las trampas pueden usarse en la entrada del flujo en cualquier instalación de IV – estos diagramas muestran un ejemplo de uso para una zanja con corte en la guarnición y borde rocoso.

## Diseño y construcción

- Excave una depresión de 20 - 30 cm de la parte interior del corte en la guarnición, de aproximadamente 60 x 60 cm.
- Cree una berma o bordo de tierra de 8 – 10 cm que separe esta zona del resto de la zanja.
- Plante pastos nativos en la berma para estabilizarla y filtrar contaminantes del agua de lluvia.

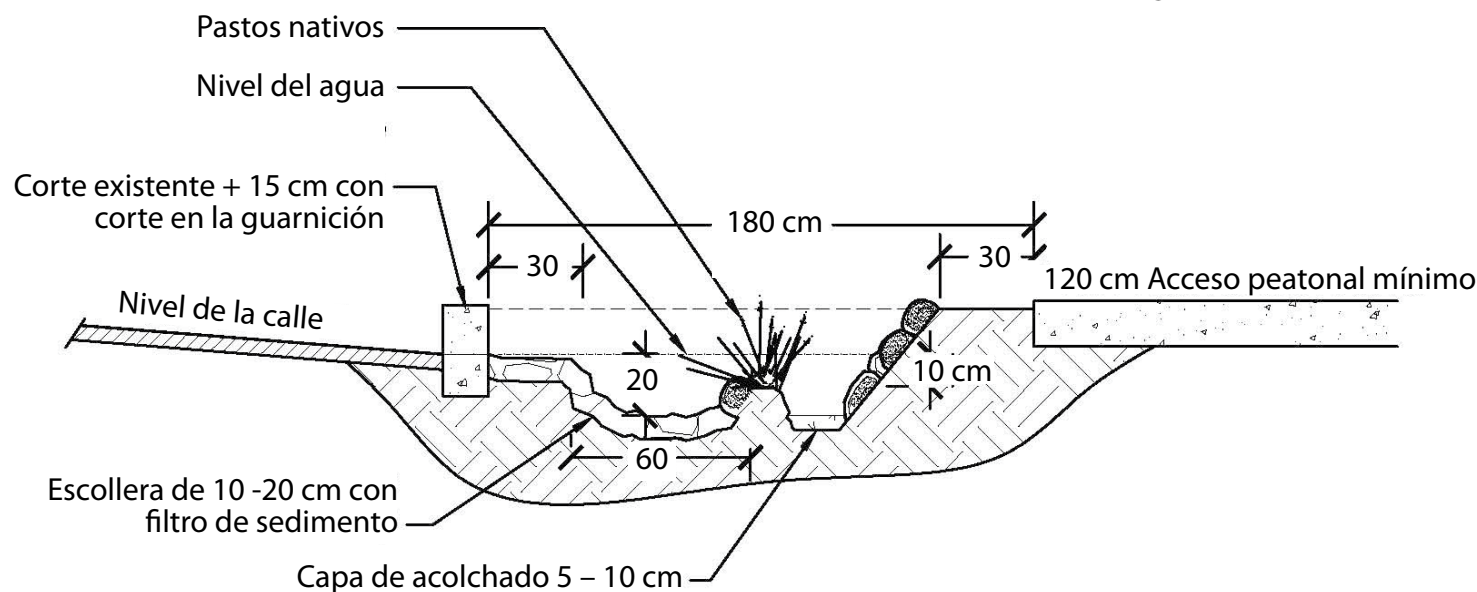


Figura 6. Sección A1. Muestra de una trampa de sedimento para corte en la guarnición y borde rocoso.



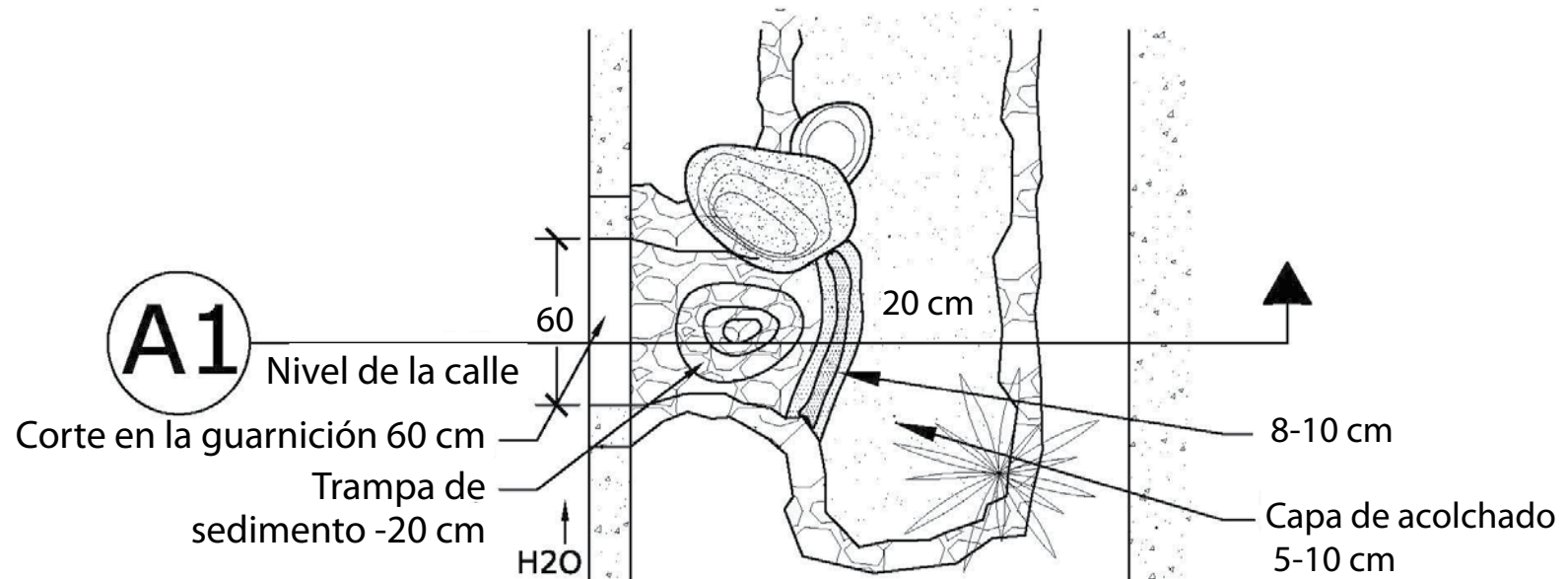


Figura 7. Vista del plan de trampa de sedimento para el corte de guarnición con borde rocoso.

## Materiales

- Coloque el cono aluvial, el fondo de la trampa y la inclinación de la berma con una escollera simple de piedra de 10 – 20 cm.
- Asegure una roca de 10 – 20 cm (arriba) en los extremos de la escollera de la zanja más grande (vea el plan arriba).

## Mantenimiento

- Revise la infraestructura para asegurar que la entrada del agua no se bloquee (antes/después de la temporada de lluvias).
- Remueva el sedimento del fondo de la trampa (la frecuencia dependerá de la tasa de sedimentación).

- Revise que no haya erosión en el cono, las inclinaciones, los bordes, etc. y haga reparaciones y refuerzos según sea necesario (anualmente).

## Adaptando la práctica a su sitio

- Este concepto será útil para muchas aplicaciones de IV además de la que se muestra. El concepto clave es crear un lugar donde el agua se estanque momentáneamente para permitir que el sedimento más grueso se separe del agua, antes de que éste se derrame dentro de la infraestructura de bioretención.
- Siempre verifique que lo más alto de la berma esté por lo menos 10 cm por debajo del depósito de agua (o corte de flujo).

# Prácticas al lado de la calle: otras aplicaciones

## Depresión de flujo con cortes en la guarnición

**Una depresión de flujo es una instalación de bioretención con lados ligeramente inclinados que es larga y con forma linear.**

Una depresión de flujo puede capturar y infiltrar agua de lluvia (estando nivelado al fondo) o transportar el agua hacia el drenaje u otra instalación de detención. En el ejemplo siguiente, se hizo una gran depresión para concentrar escorrentía de la calle a través de una serie de cortes.

Este diseño es muy similar a las zanjas de infiltración poco profundas de la página 42 (puede tener un corte transversal idéntico); la diferencia es que la depresión es continua y no está dividida en zanjas individuales. Esta práctica no funcionaría en zonas con mayor flujo de peatones, o en inclinaciones más grandes donde la erosión puede ser causada por el flujo del agua dentro y fuera de los cortes (esto se evita en los diseños de zanjas de infiltración al hacer que los cortes sean tanto la parte de entrada de agua como la salida de exceso de agua de la zanja de infiltración).

## Zanja de Infiltración o depresiones sin cortes

Incluso en zonas donde el DDV es demasiado pequeño para hacer una zanja con cortes o donde el agua no fluye junto con la guarnición, también pueden hacerse zonas de bioretención para concentrar el flujo desde banquetas y propiedades adyacentes.

- Si solamente está concentrando el flujo de la banqueta cercana (en lugar de una calle o

estacionamiento), este método proporcionará agua pluvial a las plantas.

- El flujo pluvial de los edificios adyacentes puede ser dirigido hacia zanjas en el DDV (éstas deben tener un tamaño apropiado para concentrar e infiltrar el flujo calculado).
- Puesto que no hay cortes que sirvan como salida del exceso de agua de la infraestructura de bioretención, verifique que el flujo sea dirigido hacia la calle y no hacia propiedades adyacentes.



Esta depresión larga y poco profunda en el derecho de vía tiene numerosos cortes en toda su extensión





En este sitio en Tucson, AZ se hizo una depresión profunda en el DDV para concentrar el flujo de la banqueta y propiedades adyacentes.

Esta serie de zanjas concentra el agua de lluvia desde la guarnición y negocios adyacentes (sin cortes).

# Prácticas de infraestructura verde en la calle: trabajando en la calle

## El problema: demasiada calle

Demasiadas calles del Desierto Sonorense son:

- Demasiado anchas
- Desprovistas de vegetación
- Calientes y poco amigables para ciclistas y peatones, así como para las casas y negocios adyacentes

Generan un flujo pluvial que:

- Transporta contaminación no puntual hacia los canales
- Inunda la calle, aumentando el riesgo de accidentes
- Erosiona el suelo debajo de las zonas pavimentadas
- Eleva los costos de mantenimiento

## Una solución: infraestructura verde

Algunas instalaciones de IV para la calle son:

- Salientes
- Camellones
- Glorietas

Estas instalaciones reducen el ancho de la calle y crean zonas permeables de plantación, las cuales:

- Desaceleran el tránsito

- Disminuyen las inundaciones, sedimentación y erosión
- Concentran, limpian y filtran el agua de lluvia
- Hacen crecer vegetación que da sombra a las calles y banquetas, bajando las temperaturas en la colonia y crea espacios para ciclistas y peatones

## ¿Por qué trabajar en la calle?

Los siguientes puntos destacan las ventajas y desventajas de usar prácticas de infraestructura verde en la calle comparadas con trabajos solamente en el derecho de vía con cortes de guarnición y zanjas.

### Ventajas

- Posibles en zonas con pequeños DDV o con DDV en los que no llueve
- Pueden concentrar e infiltrar más agua de lluvia que propicie la recarga de los mantos acuíferos.
- Más efectivas para desacelerar el tránsito
- Afectan positivamente la estética del paisaje de la calle y la colonia

### Desventajas

- Más caras
- Mayor disturbio (puede desplazar el estacionamiento, requiere más construcción, etc.)
- Más tediosas (por el costo y el disturbio)
- Probablemente imposibles en zonas donde sea necesario deshacerse del agua de lluvia





Camellón con corte



Saliente con corte en la guarnición



Calle típica del Desierto Sonorense



Glorieta con cortes a nivel de la guarnición

# Trabajando en la calle (continuación)

## Selección del sitio, diseño y proceso del trabajo

### Manteniendo el ancho de la calle

Para mantener el paso para vehículos de emergencia, cada ciudad tiene su reglamento, el Plan de Desarrollo Urbano (PDU). Por ejemplo, el PDU de la ciudad de Tucson, AZ exige que cada carril de circulación tenga un ancho mínimo de 3.6 metros (algunos municipios pueden exigir un ancho mayor). También se exige un ancho de 2.44 metros para cada carril paralelo de estacionamiento a lo largo del borde de la guarnición. Una calle con dos carriles de circulación y estacionamiento en un lado debe tener un ancho mínimo de 8.53 metros. Cualquier ancho superior a 8.53 metros podría abarcar alguna instalación como una saliente, camellón o reducción de la calle. Considere reducir el estacionamiento sobre la calle para hacer posible la instalación de estas prácticas.



Muchas calles de la región del Desierto Sonorense están diseñadas para deshacerse del agua de lluvia.

### Transporte de agua de lluvia

Muchas calles de la región del Desierto Sonorense están diseñadas para deshacerse del agua de lluvia. En La Paz, por ejemplo, muchos “lechos de río”, o canales diseñados son en realidad calles por las que fluye gran cantidad de agua de lluvia en poderosas tormentas desérticas, y que funcionan como el “lecho del río” y las guarniciones actúan como “orillas del río”. En estas situaciones, añadir un camellón o una extensión a la guarnición puede reducir la capacidad de flujo de la calle y aumentar el riesgo de inundaciones en las propiedades adyacentes. Las prácticas de IV diseñadas para las calles del Desierto Sonorense deben tomar en cuenta este desafío. En términos generales, la solución es crear infraestructura verde en la calle que tenga cortes y zonas de bioretención por debajo del nivel de la calle (vea las páginas siguientes).



Calle con reduccion.



### *Ciclistas y peatones*

Todas las prácticas de IV en la calle descritas en este manual están diseñadas para desacelerar el tránsito. Las salientes, camellones y glorietas son estructuras en el camino que obligan a los conductores a reducir la velocidad. Aunque también representan un obstáculo para los ciclistas, una desaceleración general de la velocidad significa que es menos probable que haya accidentes serios con ciclistas y peatones involucrados<sup>14</sup>. Además, las salientes y camellones en intersecciones pueden reducir las distancias de cruce de los peatones (al reducir la distancia entre banquetas) y aumentar la visibilidad para conductores y peatones (al mantener los automóviles estacionados más lejos de las intersecciones). Estas características de las instalaciones de IV en la calle las convierten en una gran opción para aquellas colonias que buscan reducir las intersecciones de tráfico y volver sus calles más seguras y soportables en general.

### *Proceso del trabajo*

Puesto que están sobre la calle pública, estas instalaciones de IV requieren un alto nivel de participación del gobierno en el proceso de diseño e instalación. El proceso de trabajo en los proyectos de la calle seguramente lo determinarán los protocolos oficiales locales. Sin embargo, el conocimiento local acerca de los flujos de agua de lluvia, intersecciones peligrosas, objetivos de la colonia, etc. es invaluable para el proceso de planeación y diseño y tristemente, frecuentemente ignorado. Este manual busca ser un puente para proporcionar a los residentes de la colonia información relevante que contribuya a los procesos de planeación, y que ofrezca a los funcionarios una perspectiva ciudadana sobre la infraestructura verde.

**También llamadas abultaciones, extensiones u “orejas” de la guarnición, las salientes son instalaciones a lo largo de la calle en las que la guarnición sobresale hacia la calle para desacelerar el tránsito.**

## Función

Al diseñar la guarnición al ras y en el área de depresión de la bioretención, las salientes concentran y filtran el agua que fluye a lo largo de las guarniciones.

## Selección del sitio

- Las salientes funcionan mejor para concentrar agua en calles coronadas, o más altas a la mitad de la calle, y que transportan agua a lo largo de la guarnición. El diseño que se muestra es para una saliente en una calle coronada.
- Las salientes pueden usarse con efectividad tanto a la mitad de la calle como en intersecciones. Considere incorporar salientes con cruces peatonales para reducir la distancia de cruce y restringir el estacionamiento cerca de intersecciones.
- La mayoría de las salientes necesitan un mínimo de 2.45 metros disponible en la calle. Vea la página 48 para detalles sobre cómo preservar un ancho apropiado de la calle.
- Tome en cuenta las necesidades de estacionamiento en la calle. Las salientes desplazarán este estacionamiento existente.
- En caminos más inclinados (>2%), podría ser necesario usar bermas para desacelerar el flujo del agua a través de las instalaciones de bioretención.

- En algunos casos, las salientes podrían no ser deseables para las ciclovías. Sin embargo, al evaluar el efecto de las salientes en la seguridad de los ciclistas, considere que la seguridad mejora por la desaceleración del tránsito.
- Verifique que los bordes de la zona de bioretención de la calle estén bien señalados y sean visibles para los automovilistas, ciclistas y peatones.

## Diseño y construcción

- Las salientes deben ser lo más grandes posible para que tengan un mayor efecto en la mitigación del flujo y desaceleración del tránsito. Con frecuencia tienen el tamaño de un cajón de estacionamiento (2.5-3.0 metros de ancho por 5.5 – 6.1 metros de largo).
- Excave el interior de la saliente para una profundidad de 20 cm (por ej. si va a cubrir el suelo con roca de 10 -20 cm , excave 10 – 20 cm más profundo para obtener una profundidad final de 20 cm).
- Donde sea posible, extienda las zonas de bioretención deprimidas y con vegetación hacia el DDV adyacente. Esto puede lograrse reduciendo las inclinaciones del DDV (vea el plan en el Apéndice), o haciendo una nueva guarnición más hacia el fondo del DDV (vea la Figura 8 en la página 51).
- Maximice el área del fondo de la saliente usando inclinaciones pronunciadas (mayores al 50%) cubiertas con roca.
- Use guarniciones de cemento al ras de la calle de 46 cm de profundidad para proteger la superficie adyacente del asfalto.



## Salientes (continuación)

- Cree áreas elevadas para plantar árboles y arbustos que no resistan inundaciones. Las áreas elevadas de plantación también pueden funcionar para desacelerar el flujo de agua hacia la zona de bioretención.
- Para mantener la visibilidad, no plante árboles o arbustos que invadan los carriles de circulación. La copa de un árbol debe estar a una altura mínima de 4.25 metros (revise los reglamentos locales).

### Materiales

- En zonas con mayor flujo (flujo concentrado con profundidad  $>2.5 - 5.0$  cm), coloque rocas de 10 – 20 cm en toda la superficie del suelo para evitar que se desgaste. Las zonas con menor flujo puede usarse grava común o rocas de 2.5-7.5 cm.
- Coloque las piedras más grandes dentro de la instalación para mejorar la visibilidad y evitar la

entrada de vehículos.

- Coloque discos, o “tortugas,” de cerámica de 15 cm en la parte de afuera para evitar la entrada de automóviles. Pueden ser reflejantes.
- Coloque luces solares intermitentes en el asfalto para advertir a los automovilistas de la obstrucción.

### Mantenimiento

- Revise que no haya erosión en los bordes y haga las reparaciones/refuerzos necesarios (antes de cada temporada de lluvias).
- Observe el depósito durante las lluvias para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.
- Poda la vegetación para mantener la visibilidad y prevenir la obstrucción de carriles de tránsito y pasos peatonales (anualmente).

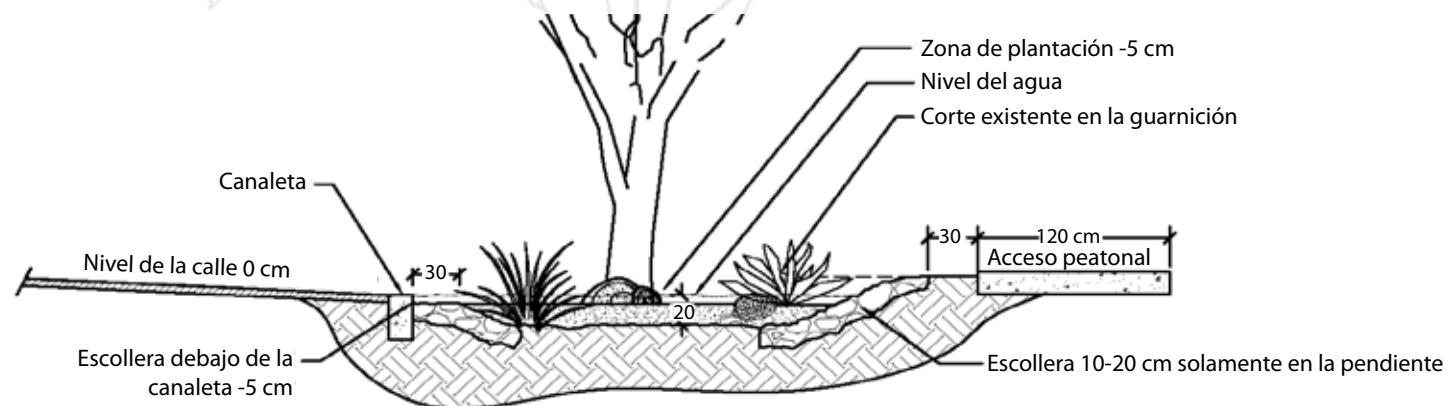


Figura 8. Sección F. Muestra de una saliente con canaleta al ras y una zona deprimida de bioretención. Para la vista del plano, vea el Apéndice.

## Salientes (continuación)

- Limpie el sedimento acumulado en el fondo del depósito para mantener la profundidad original (cada 1-2 años).

### Adaptando la práctica a su sitio

- Si las salientes están diseñadas para calles cóncavas (con el punto más bajo en medio de la calle), use una guarnición con altura uniforme y una zona de plantación deprimida para concentrar y filtrar el agua que caiga en la misma saliente y el DDV adyacente.

- En zonas con mayor flujo de sedimento, considere usar trampas de sedimento (p. 42) para facilitar el mantenimiento.
- Para calles donde la concentración máxima de agua no es un problema, también pueden usarse guarniciones elevadas y al nivel del suelo (vea la foto al lado).

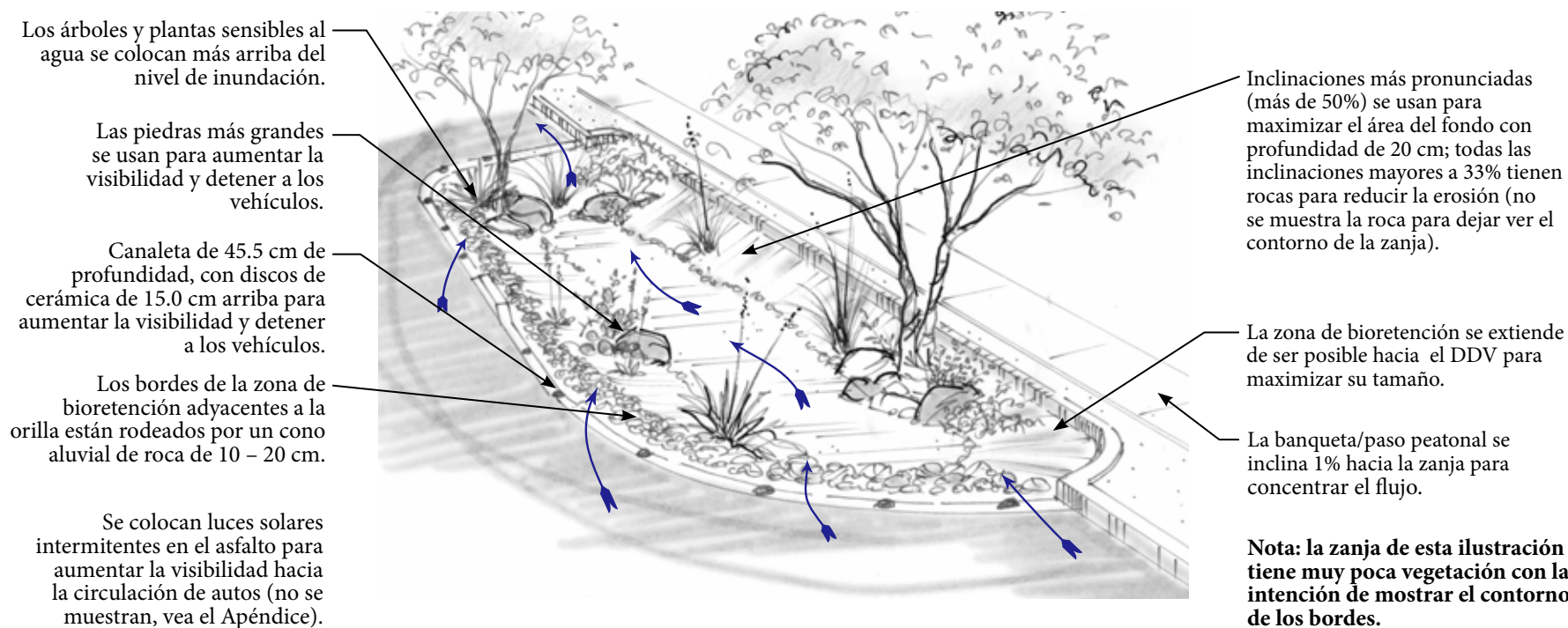


Figura 9. Dibujo conceptual de una saliente con una zona de bioretención en una calle residencial.





La guarnición de concreto  
está a nivel de la calle.



# Prácticas en la calle: camellones

**Los camellones son instalaciones en el centro de la calle que la dividen. Los camellones desaceleran el tránsito al reducir el ancho efectivo de las calles, y pueden aumentar la seguridad al separar los carriles de circulación.**

## Función

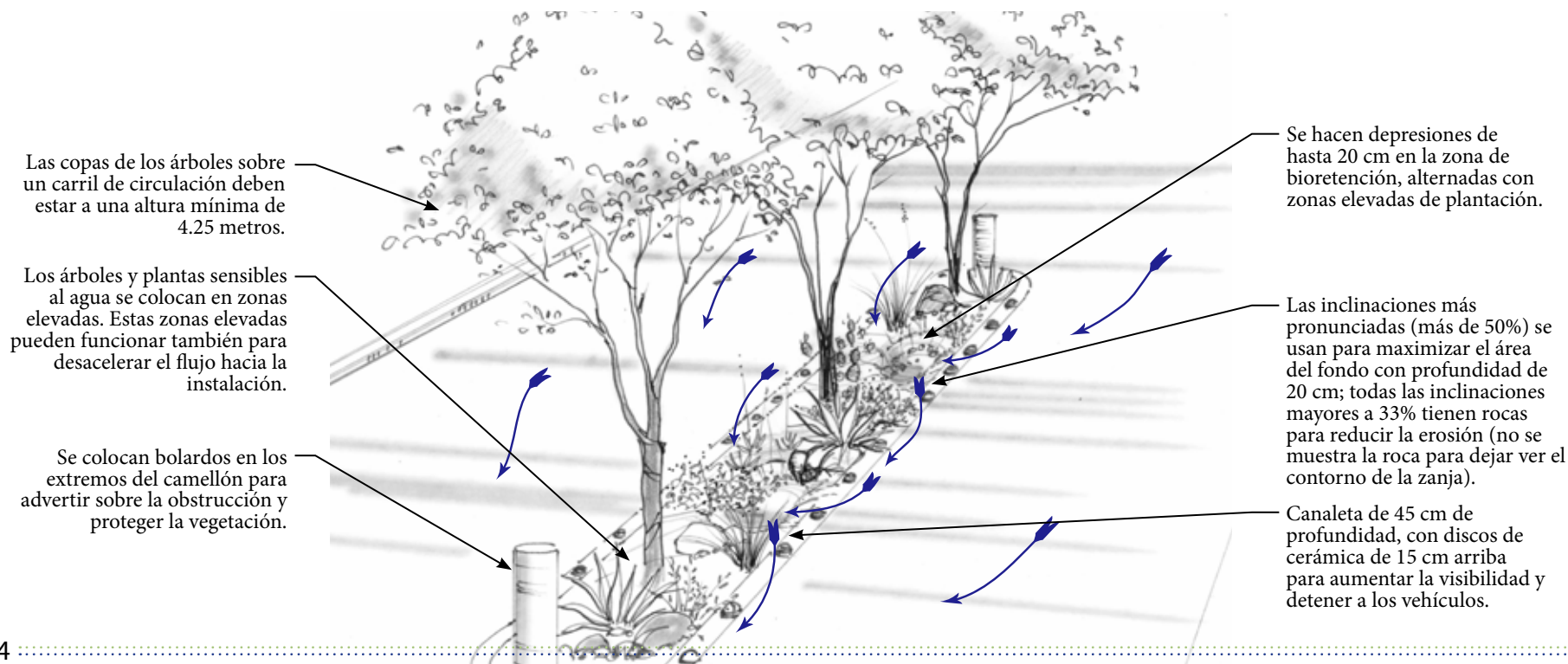
Cuando se diseñan con una canaleta al ras del pavimento y una zona deprimida de bioretención, los camellones pueden concentrar y filtrar el agua de lluvia que fluye a lo largo de la guarnición y usarla para hacer crecer vegetación que dé sombra a la calle y desacelere el tránsito. La zona de bioretención promueve la

vegetación, reduce el volumen del agua y filtra los contaminantes no puntuales.

## Selección del sitio

- Los camellones funcionan mejor para concentrar agua en calles cóncavas (es decir, con forma de corona invertida), o más bajas en el centro de la calle, y que transportan agua a la mitad de la calle. El diseño que se muestra es para un camellón en una calle cóncava.
- Los camellones pueden ser un medio excelente para reducir la velocidad en la entrada de una colonia desde vías más rápidas, y/o para evitar que los autos den vueltas poco seguras o prohibidas a

Figura 10. Dibujo conceptual de un camellón con una zona deprimida de bioretención en una calle residencial.





## Camellones (continuación)

media calle. También pueden servir como refugios para los peatones o ciclistas al cruzar calles anchas, sobre todo si se combinan con señales de tránsito.

- Los camellones necesitan un mínimo de 1.5 metros de ancho disponible de la calle. Vea la página 48 para detalles sobre cómo preservar un ancho apropiado de la calle.
- Considere la reducción de estacionamiento sobre la calle para hacer posible la instalación de camellones.
- Los camellones de bioretención pueden no ser apropiados para calles muy inclinadas; consulte a las oficinas de vialidad local.
- Verifique que los límites de la zona de bioretención de la calle estén bien señalados y visibles para automovilistas, ciclistas y peatones.

### Diseño y construcción

- Las zonas de bioretención de la calle deben ser tan grandes como sea posible para aumentar el efecto de

la desaceleración del tránsito y la mitigación del flujo. El camellón que se muestra tiene un ancho mínimo de 1.5 metros y su largo variará dependiendo de las condiciones del lugar.

- Excave el interior del camellón para una profundidad final de 20 cm (por ej. si va a cubrir el suelo con roca de 10 – 20 cm, excave 10 – 20 cm más profundo para obtener una profundidad final de 20 cm).
- Maximice el área del fondo de la saliente usando inclinaciones pronunciadas (mayores al 50%) cubiertas con roca.
- Use guarniciones de concreto de 45 cm de profundidad para proteger la superficie adyacente del asfalto.
- Cree zonas elevadas de plantación para árboles y arbustos que no soportan una inundación. Las zonas elevadas de plantación pueden funcionar también para desacelerar el flujo hacia la zona de bioretención.

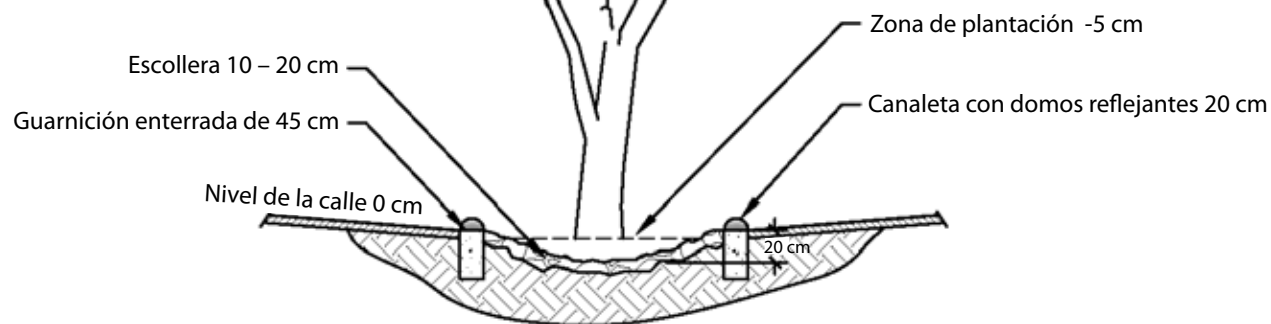


Figura 11. Sección E. Muestra de un camellón con canaletas al ras y zona deprimida de bioretención. Para la vista del plano, vea el Apéndice.

# Camellones (continuación)

- Para mantener la visibilidad, no plante árboles o arbustos que invadan los carriles de circulación. La copa de un árbol puede extenderse sobre un carril de circulación a una altura mínima de 4.25 metros (revise los reglamentos locales).

## Materiales

- En zonas con mayor flujo (flujo concentrado con profundidad  $>2.5$ -5 cm), coloque rocas de 10 – 20 cm en toda la superficie del suelo para evitar que se desgaste. Las zonas con menor flujo puede usarse grava común o rocas de 2.5 – 7.5 cm.
- Coloque discos de cerámica de 15 cm en la parte de afuera para evitar la entrada de automóviles.
- Coloque bolardos (postes con marcas reflejantes) en ambos extremos del camellón para advertir sobre la obstrucción.
- Considere crear un paso de acercamiento al camellón que mejore la visibilidad de la instalación (vea el plano en el Apéndice).

## Mantenimiento

- Revise que no haya erosión en los bordes y haga las reparaciones/refuerzos necesarios (antes de cada temporada de lluvias).
- Observe el depósito durante las lluvias para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.
- Poda la vegetación para mantener la visibilidad y prevenir la obstrucción de carriles de tránsito y pasos peatonales (anualmente).
- Limpie el sedimento acumulado en el fondo del depósito para mantener la profundidad original (anualmente).

## Adaptando la práctica a su sitio

- Si los camellones están diseñados para calles coronadas (con el punto más alto a la mitad de la calle), use una guarnición con altura uniforme y una zona de plantación, más baja que el nivel de la calle, para concentrar y filtrar el agua que caiga en el mismo camellón.
- En zonas con mayor flujo de sedimento, considere usar trampas de sedimento (p. 42) para facilitar el mantenimiento.





# Prácticas en la calle: glorietas

**Las glorietas se usan en intersecciones para desacelerar el tránsito. Son una excelente manera de reducir el área impermeable en una colonia y pueden diseñarse para concentrar agua de lluvia también.**

## Función

Las glorietas, si se diseñan con una guarnición al ras y una zona deprimida de bioretención, pueden concentrar y filtrar agua de lluvia que fluya por las intersecciones. La zona de bioretención en la glorieta promoverá la vegetación, reducirá el volumen del agua y filtrará los contaminantes no puntuales.

## Selección del sitio

- Las glorietas funcionan mejor para concentrar agua en intersecciones donde el agua fluye a lo largo de una línea central. Esto normalmente ocurre cuando las calles son cóncavas, o más bajas en el medio. El diseño que se muestra es para una glorieta que se encuentra en el flujo principal del agua.
- Las glorietas limitan el ancho de la intersección y de las vueltas. Para conservar el paso para vehículos de emergencia, normalmente se requiere que la distancia desde el borde de la glorieta hasta la esquina más cercana de la intersección sea por lo menos de 6 metros (revise los reglamentos municipales).
- Verifique que los límites de la zona de bioretención sobre la calle están bien señalados y sean visibles para automovilistas, ciclistas y peatones.

## Diseño y construcción

- Haga las glorietas lo más grandes que sea posible para aumentar la mitigación del flujo y la desaceleración del tránsito. Para reducir los costos de construcción, un diámetro de 6 metros o más permite un corte más limpio del asfalto a lo largo del

borde de la glorieta. Esto reduce el tiempo y material necesario para parchar entre el borde del corte en el asfalto y la nueva guarnición de concreto.

- Excave el interior de la glorieta para una profundidad final de 20 cm (por ej. si va a cubrir el suelo con roca de 10 – 20 cm, excave 10 – 20 cm más profundo para obtener una profundidad final de 20 cm).
- Maximice el área del fondo de la glorieta usando inclinaciones pronunciadas (mayores al 50%) cubiertas con roca.
- Use guarniciones de concreto de 45 cm de profundidad para proteger la superficie adyacente del asfalto.
- Cree áreas elevadas para plantar árboles y arbustos que no resistan inundaciones.
- Para mantener la visibilidad, no plante árboles o arbustos que invadan los carriles de circulación. La copa de un árbol debe estar a una altura mínima de 4.25 metros (revise los reglamentos locales).



# Glorietas (continuación)

## Materiales

- En zonas con mayor flujo (flujo concentrado con profundidad  $>2.5$  a 5 cm), coloque rocas de 10 – 20 cm en toda la superficie del suelo para evitar que se desgaste. Las zonas con menor flujo puede usarse grava común o rocas de 2.5 – 7.5 cm.
- Coloque discos de cerámica de 15 cm en la parte de afuera para evitar la entrada de automóviles.
- Coloque las piedras más grandes dentro de la instalación para mejorar la visibilidad y evitar la entrada de vehículos (revise los reglamentos locales por posibles restricciones sobre la altura).

## Mantenimiento

- Revise que no haya erosión en los bordes y haga las reparaciones/refuerzos necesarios (antes de cada temporada de lluvias).
- Observe el depósito durante las lluvias para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.
- Poda la vegetación para mantener la visibilidad y prevenir la obstrucción de carriles de tránsito y pasos peatonales (anualmente).
- Limpie el sedimento acumulado en el fondo de la zanja para mantener la profundidad original (anualmente).

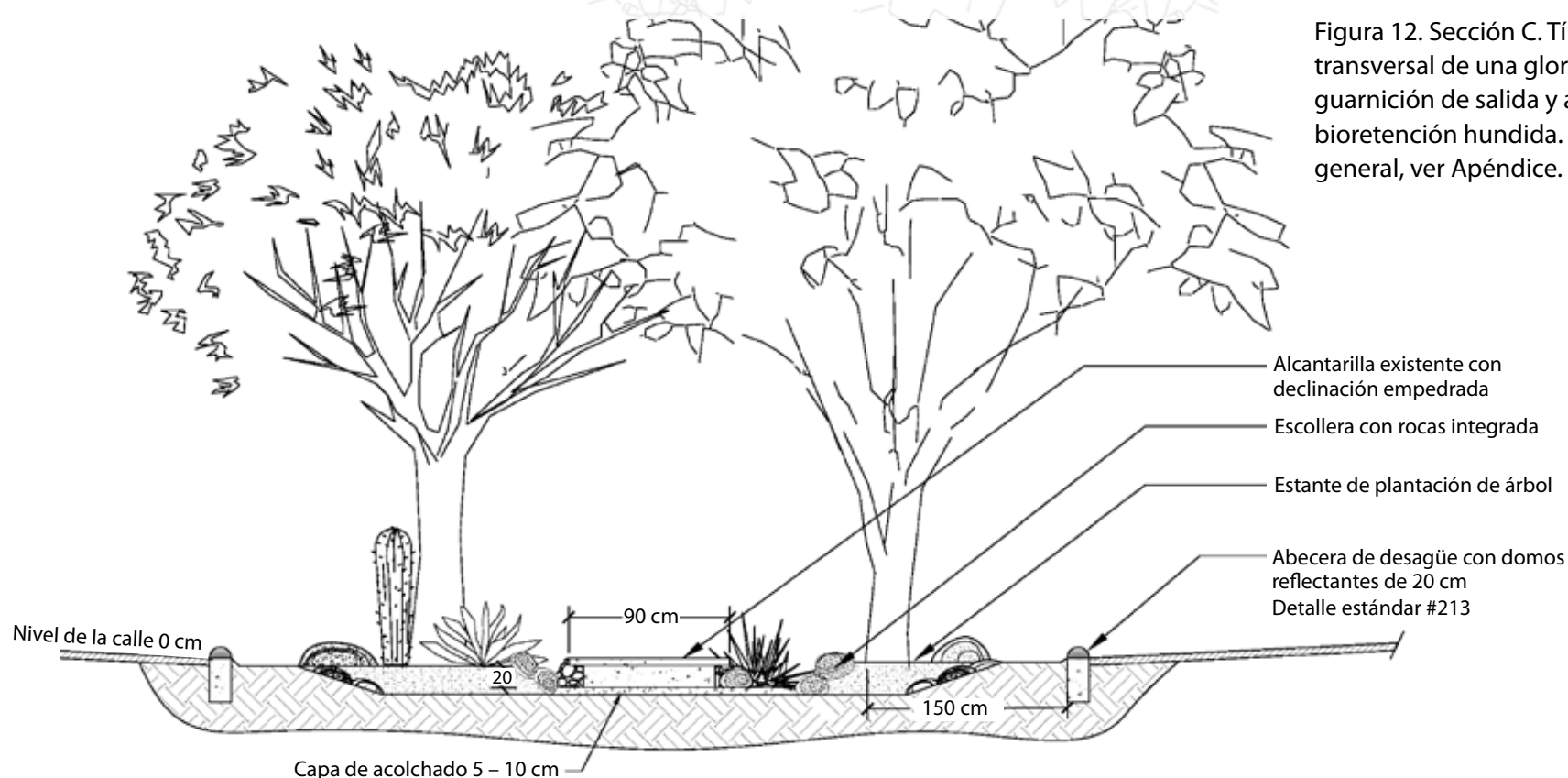


Figura 12. Sección C. Típico corte transversal de una glorieta con guarnición de salida y área de bioretención hundida. Para vista general, ver Apéndice.



## Glorietas (continuación)

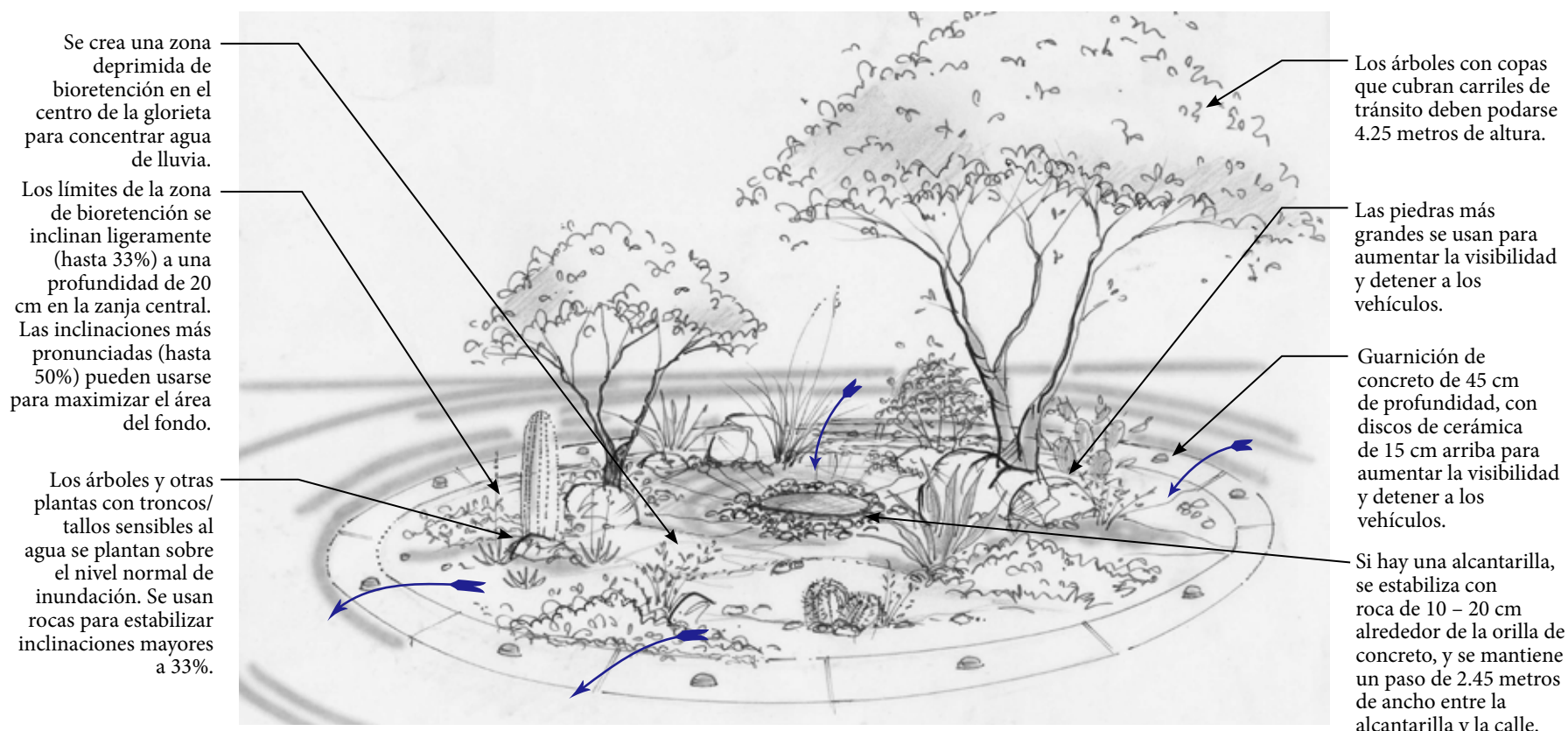


Figura 13. Dibujo conceptual de una glorieta con una zona deprimida de bioretención en una calle residencial.

### Adaptando la práctica a su sitio

- Si las glorietas están en calles cóncavas (con el punto más bajo en medio de la calle), use una guarnición con altura uniforme y una zona de plantación deprimida para concentrar y filtrar el agua que caiga en la misma glorieta (vea la foto de la p. 57).

# Prácticas en la calle: reducción del ancho de la calle

En algunas colonias, puede ser apropiado reducir el ancho de las calles. Una reducción del ancho de una calle puede darse en ciertos tramos o a lo largo de toda la calle. Las reducciones pueden hacerse retirando el pavimento y aumentando la zona de bioretención en uno o en ambos lados de la calle.

## Función

- La reducción en el ancho de una calle reduce significativamente el área impermeable, aumenta la seguridad desacelerando el tránsito, concentra y filtra el agua de lluvia y aumenta la vegetación y el área sombreada por árboles. También puede proporcionar un nuevo espacio para pasos peatonales y zonas de esparcimiento.

## Selección del sitio

- Las reducciones en el ancho de una calle funcionan mejor para concentrar agua en calles coronadas, o más bajas a la orilla de la calle, y que transportan agua a lo largo de la guarnición. El diseño que

se muestra es para una reducción en una calle coronada.

- La reducción de una calle por lo general requiere un mínimo de 2.45 metros de ancho disponible de la calle. Vea la página 48 para detalles sobre la preservación adecuada del ancho de la calle.
- Tome en cuenta las necesidades de estacionamiento sobre la calle. Las reducciones de ancho por lo general volverán imposible el estacionamiento sobre la calle.
- En caminos más inclinados ( $>2\%$ ), podría ser necesario usar bermas para desacelerar el flujo del agua a través de las instalaciones de bioretención.
- Verifique que los límites de la zona de bioretención sobre la calle están bien señalados y sean visibles para automovilistas, ciclistas y peatones.

## Diseño y construcción

- Las zonas de bioretención de la calle deben ser tan grandes como sea posible para aumentar el efecto de la mitigación del flujo y desaceleración

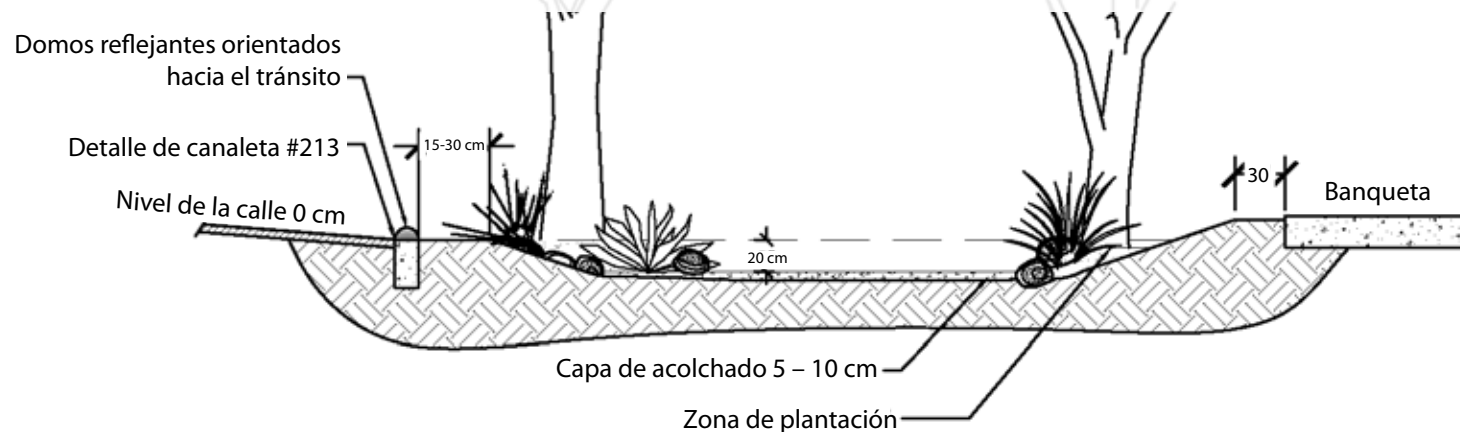


Figura 14. Sección D. Muestra de la reducción del ancho de una calle con canaletas al ras y zona deprimida de bioretención. Para ver el plano, vaya al Apéndice.



## Reducción del ancho de la calle (continuación)

del tránsito. Por lo general, la zona invadida es de 2.45 metros y el largo se extiende de una entrada de coche a otra o a lo largo de toda la calle si no hay entradas de coche.

- Excave la zona de bioretención para una profundidad final de 20 cm por debajo del nivel de la calle (si va a cubrir el suelo con roca de 10 – 20 cm, excave 10-20 cm más profundo para obtener una profundidad final de 20 cm).
- Donde sea posible, extienda las zonas de bioretención deprimidas y con vegetación hacia el DDV adyacente. Esto puede lograrse reduciendo las inclinaciones del DDV (vea la Figura 15 en la siguiente página), o haciendo una nueva guarnición más hacia el fondo del DDV (vea el plano en el Apéndice).
- Use guarniciones de concreto de 45 cm de profundidad para proteger la superficie adyacente del asfalto.
- Maximice el área del fondo de la saliente usando inclinaciones pronunciadas (mayores al 50%) cubiertas con roca.
- Ubique los árboles y arbustos que no soporten inundaciones en superficies elevadas.

### Materiales

- En zonas con mayor flujo (flujo concentrado con profundidad >2.5 – 5 cm), coloque rocas de 10 – 20 cm en toda la superficie del suelo para evitar que se desgaste. Las zonas con menor flujo puede usarse grava común o rocas de 2.5 – 7.5 cm.
- Coloque las piedras más grandes dentro de la instalación para mejorar la visibilidad y evitar la entrada de vehículos.

- Coloque discos de cerámica reflejantes de 15 cm en la parte superior de la guarnición para evitar la entrada de automóviles.
- Coloque luces solares intermitentes en el asfalto para advertir a los automovilistas de la obstrucción.



# Reducción del ancho de la calle (continuación)

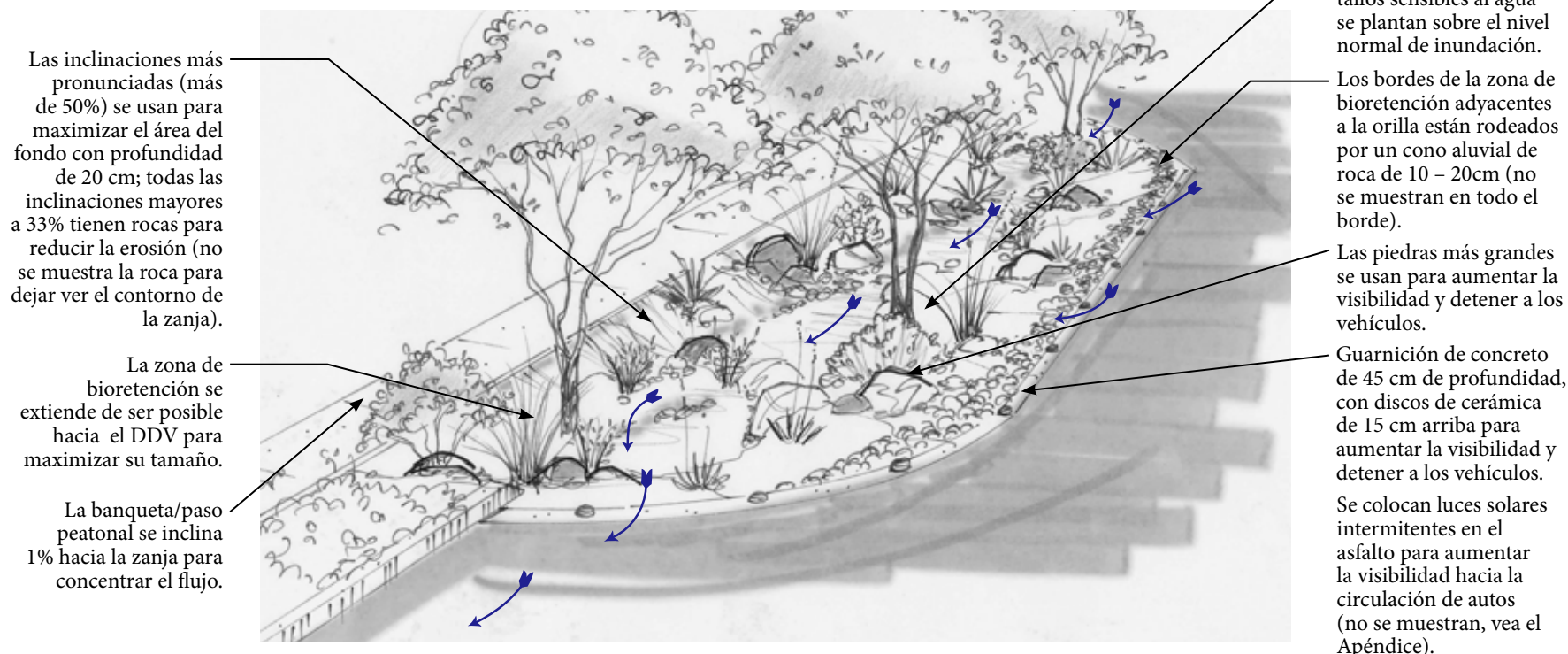
## Mantenimiento

- Revise que no haya erosión en los bordes y haga las reparaciones/refuerzos necesarios (antes de cada temporada de lluvias).
- Observe el depósito durante las lluvias para evaluar su funcionamiento y hacer los ajustes necesarios.
- Poda la vegetación para mantener la visibilidad y prevenir la obstrucción de carriles de tránsito y pasos peatonales (anualmente).
- Limpie el sedimento acumulado en el fondo de la zanja para mantener la profundidad original (anualmente).

## Adaptando la práctica a su sitio

- En grandes reducciones del ancho de la calle, los espacios de estacionamiento pueden incorporarse cortándolos hacia adentro (manteniendo el asfalto existente) hacia la zona de bioretención en intervalos a lo largo de la calle.
- En zonas con mayor flujo de sedimento, considere usar trampas de sedimento (p. 46) para facilitar el mantenimiento.
- Incorpore métodos creativos tales como áreas para sentarse, caminos o arte público para realzar el valor de la comunidad y la utilidad de la reducción del ancho de las calles.

Figura 15. Dibujo conceptual de la reducción del ancho de una calle con una zona deprimida de bioretención en una calle residencial.





# Prácticas de infraestructura verde en estacionamientos

## El costo de los estacionamientos

Ya sea en una iglesia o en una tienda departamental, los estacionamientos son un elemento importante en muchas colonias. Su presencia, aunque necesaria, tiene consecuencias severas para el ambiente local y aspecto de la zona:

### Agua de lluvia

Un cajón de estacionamiento de asfalto de 2.6 x 6.1 metros genera alrededor de 400 litros de flujo en una tormenta de 25 mm. Este flujo se acumula rápidamente, y en muchas colonias más viejas, esta agua fluye hacia la calle o directamente a lechos de río o arroyos. Para resolver este problema, muchos municipios del Desierto Sonorense ahora piden que los estacionamientos tengan zanjas de detención/retención para concentrar este flujo. Estas zanjas de detención son como infraestructura gris que con frecuencia causan problemas.

Las zanjas de detención frecuentemente:

- Toman tierra apta para construir
- Crean zonas vacías y que no pueden usarse, que pueden resultar desagradables a la vista
- No tratan problemas de calidad del agua
- Pueden necesitar una barda o muro
- Requieren mantenimiento constante
- Solamente tienen una función—reducir el flujo

### Isla de calor urbana

Los estacionamientos crean grandes extensiones de asfalto o concreto que contribuyen significativamente al calentamiento de las ciudades. Los municipios generalmente tienen requisitos mínimos del paisaje

para los estacionamientos que inicien a mitigar esta situación dando sombra al pavimento.

La ciudad de Tucson, AZ, por ejemplo, recientemente aprobó un estricto reglamento que exige que se plante un árbol por cada cuatro espacios en nuevos estacionamientos, y que por lo menos 50% del espacio esté sombreado por árboles.

### Aspecto y vida de las colonias

Las colonias normalmente están a favor de los grandes estacionamientos pues éstos ayudan a mantener los autos de negocios fuera de las calles residenciales. Sin embargo, los grandes espacios de asfalto generan zonas calientes y desérticas que afectan la estética de la colonia así como el sentido de pertenencia.

## Infraestructura verde para estacionamientos

Las prácticas de IV en estacionamientos hacen las funciones de la zanja de detención y las distribuyen por todo el sitio, creando varias zonas de bioretención que concentran el agua de lluvia cerca de su fuente. Tal como en las calles de la colonia, estas prácticas integran el manejo del agua con mejoras en el paisaje que pueden:

- Aumentar la cantidad de tierra apta para construir o la tierra disponible para áreas verdes
- Crear paisajes más atractivos que agraden tanto a usuarios/clientes como a los residentes de la colonia
- Reducir las temperaturas locales
- Limpiar y filtrar el agua de lluvia
- Reducir las necesidades de riego
- Reducir las necesidades de mantenimiento

# Prácticas en estacionamientos (continuación)

## Re-adaptación vs. nuevas construcciones

Algunas ciudades están haciendo mucho a través de reglamentos y códigos para mejorar los nuevos estacionamientos con requisitos de agua, paisaje, y/o infraestructura verde como los mencionados anteriormente. Existen referencias excelentes que ya dan información sobre cómo incorporar prácticas de IV en la construcción de nuevos estacionamientos<sup>12,15</sup>.

Sin embargo, la mayoría de los cientos de kilómetros cuadrados de estacionamiento existentes en el Desierto Sonorense no incorporan estas prácticas. En estos lugares, las prácticas de IV pueden convertirse en parte de proyectos de resurgimiento, reconstrucción y revitalización.

Esta sección da ejemplos de maneras de modernizar estacionamientos existentes con enfoques de IV para mejorar el ambiente de las colonias.

## Reemplazar el asfalto con bioretención

Los estacionamientos existentes por lo general tienen diseños ineficientes que desaprovechan el espacio. Incluso aquellos que no lo hacen, pueden sacrificar unos cuantos espacios para crear zonas de bioretención. Reemplazar el asfalto con bioretención tiene el efecto doble de reducir el área impermeable y crear espacios para concentrar y filtrar el flujo de agua.

Lleve a cabo estas prácticas:

- Para proteger la superficie del asfalto, refuerce los bordes de los cortes en el asfalto con guarniciones de concreto, 15 cm de ancho x 30 – 70 cm de profundidad
- En zonas donde exista el riesgo de que los

automóviles entren a la zona de bioretención, use bordes de concreto al ras del pavimento o piedras dentro de la zanja para evitar la entrada de vehículos

- Como alternativa, una guarnición elevada con cortes puede usarse para permitir el flujo del agua a la vez que detiene a los vehículos
- Planee la salida del exceso de agua de cualquier instalación de bioretención





Antes: En esta oficina en Tucson, se retiró el asfalto de una parte que no se usaba del estacionamiento. El flujo desde la calle y de los edificios adyacentes llena las zanjas—aún sin terminar—en una lluvia de verano.

Después: Un año después, la vegetación nativa, alimentada por el agua de lluvia, ha crecido hasta dar sombra al estacionamiento y la entrada. Note que la inclinación de la zanja está llena con piedras para reducir la erosión.



Antes



Después

En este espacio de estacionamiento en la Universidad de Arizona, un espacio que no se usaba coincidió con el punto más bajo del terreno. Se retiró el asfalto y se instaló una zanja de bioretención.

Note la canaleta de concreto y los bordes. El interior de la zanja tiene la forma adecuada para distribuir uniformemente el agua.

El exceso de flujo sale por la esquina trasera de la izquierda y fluye hacia la calle.



Antes



Después



Antes: En este Derecho de Vía de la ciudad de Tucson, los pequeños cortes en la guarnición permitieron que el agua fluyera hacia las zanjas, a árboles recién sembrados, y después hacia la calle.



Después: Se instaló una depresión larga y delgada y se plantaron árboles y arbustos adicionales para concentrar y usar el flujo de escorrentía del estacionamiento.



# Prácticas en estacionamientos (continuación)

## Crear bioretención en DDV/zonas de amortiguamiento del paisaje

Donde el espacio lo permita, las zanjas o depresiones de bioretención pueden ser incorporadas a zonas impermeables existentes en o junto a estacionamientos existentes. El método varía ampliamente dependiendo del tipo y tamaño del espacio disponible.

- Utilice cortes en la guarnición, canaletas y/o puntos naturales de derrame para concentrar agua en las instalaciones de bioretención.
- Los reductores de velocidad (topes) pueden usarse como una herramienta modernizadora para dirigir el agua en estacionamientos existentes.

- La observación de primera mano es fundamental al diseñar modernizaciones—es más barato que hacer diagnósticos y le ayudará a capturar pequeños detalles topográficos que pueden afectar dramáticamente el flujo del agua (por ejemplo, en el sitio que se muestra en la serie de fotos abajo, la observación del lugar durante una tormenta reveló un pequeño bulto en el pavimento que dirige el flujo de un callejón y un estacionamiento hacia una zona de tierra en el DDV).

Esta serie de fotos muestra un DDV que concentra el flujo de un estacionamiento de la Universidad de Arizona.



**Diciembre 2008:** el flujo del estacionamiento y callejón adyacente irriga la tierra y la guarnición en su camino hacia la calle.



**Abril 2009:** las zanjas recién excavadas concentran el flujo para alimentar a las plantas jóvenes.



**Agosto 2010:** pastos nativos, arbustos y árboles se desarrollan tan solo 18 meses después de la instalación.

Como cualquier construcción hecha por el ser humano, las prácticas de infraestructura verde deben tener mantenimiento para conservar sus funciones.

Algunas prácticas de mantenimiento general son:

- Regar las plantas
- Quitar la maleza
- Limpiar las entradas/salidas de agua de basura y plantas
- Podar los árboles y arbustos para mayor seguridad (pasos peatonales/calles), visibilidad, salud de las plantas y estética
- Quitar el sedimento y la basura
- Reemplazar las plantas muertas
- Añadir acolchado orgánico
- Reparar la erosión
- Reparar daños causados por la gente.

Si no se tiene una planeación adecuada para el mantenimiento después de iniciado el proyecto, las instalaciones de IV podrían dejar de funcionar adecuadamente y convertirse en algo desagradable o peligroso para la comunidad. Al iniciar la planeación del proyecto deben tomarse en cuenta la responsabilidad del mantenimiento, los fondos necesarios y los planes para cumplir con los requisitos de mantenimiento.

## Diseñar para el mantenimiento

Para facilitar el mantenimiento a largo plazo, tome en cuenta lo siguiente al diseñar prácticas de IV:

- **Remueva hierbas perennes durante la preparación del sitio.** Por ejemplo, en Arizona, el zacate Bermuda es un pasto no nativo y duradero, con raíces profundas, que invade agresivamente suelo recientemente perturbados. Si se establece en

el paisaje, es prácticamente imposible de quitar sin afectar las raíces de otras plantas o dañar plantas deseables si se aplica un herbicida. Si el pasto es removido por excavación profunda y/o aplicación del herbicida durante la fase de preparación del proyecto, ello puede representar una disminución significativa en el mantenimiento más a futuro.

- **Use plantas nativas adaptadas a la sequía y horarios de riego apropiados para el clima.**

Las plantas desérticas están adaptadas a largos periodos de sequía con lluvias intermitentes. Si se riega constantemente, las plantas podrían crecer demasiado rápido, lo que las haría débiles y sería necesario podarlas constantemente. Si se mantiene un horario de riego poco frecuente apropiado para la región (vea la p. 16), muchas plantas necesitarán ser menos podadas a lo largo del año. Los árboles desarrollarán sistemas de raíces más profundas que les ayudarán a soportar fuertes vientos y a establecerse mejor.

- **Pode los árboles y arbustos nativos con formas naturales de crecimiento.** Las plantas desérticas tienen formas de crecimiento características que son parte de lo que vuelve única a nuestra región. Los árboles adaptados a medios áridos, por ejemplo, naturalmente crecen con muchos troncos. Si se podan los árboles como “paleta” con un solo tallo y una copa muy alta, necesitan ser podados con más frecuencia y es más probable que se caigan con los vientos. Debe permitírseles crecer con su forma natural de ser posible. Los arbustos podados como esculturas evidentemente necesitan mayor mantenimiento. Tome en cuenta las formas naturales de las plantas al planear sus diseños del paisaje.



- **Use acolchado orgánico donde sea posible.** El acolchado natural facilita la remoción de sedimento mejor que el acolchado de roca puesto que puede reemplazarse fácilmente. Las hojas caídas y lo que se pade a los árboles puede usarse para alimentar el acolchado en lugar de tener que cambiarlo por completo constantemente (lo que normalmente es necesario hacer en superficies de grava).
- **Use trampas de sedimento** (p. 42). Si no se usan trampas de sedimento en sitios de IV cubiertos con roca o grava, quitar el sedimento será mucho más difícil. Esto puede lograrse quitando por completo la roca y el sedimento, y después reemplazando la roca por completo.
- **Pruebe los sedimentos por contaminantes persistentes.** Las prácticas de IV concentran contaminantes no puntuales, algunos de los cuales no se descompondrán durante los procesos de bioretención. Los sedimentos que contienen estos resistentes contaminantes químicos deberán ser removidos y en algunos casos se deberá disponer de ellos en rellenos sanitarios. Se necesitan casos de estudio más precisos en esta área para determinar las tasas de acumulación de contaminantes en sitios de IV en el Desierto Sonorense y las mejores prácticas para disponer de ellos.



# Referencias

1. Environmental Protection Agency, Office of Water (US) [EPA]. (1999, septiembre). Storm Water Technology Fact Sheet: Bioretention. Washington, DC: EPA; 8 de sept. de 1999 p. Recuperado de: <http://www.epa.gov/owm/mtb/biortn.pdf>. Consultado el 7 de julio de 2010.
2. Eugster G. Seven principles of Green Infrastructure. En: Proceedings of the 2000 American Planning Association National Planning Conference. 15-19 de abril de 2000; Nueva York, NY. 2000. 6 p. Disponible en: <http://www.asu.edu/caed/proceedings00/EUGSTER/eugster.htm>. Consultado el 7 de julio de 2010.
3. Green Infrastructure Principles [Internet]. Washington, DC: National Association of Regional Councils; 2006; Disponible en <http://www.narc.org/pubs/main//activities/environment/green-infrastructure-and-landcare/green-infrastructure-principles.html>
4. Benefits of trees in urban areas [Internet]. Broomfield, CO: Colorado Tree Coalition; 2010; Disponible en: <http://www.coloradotrees.org/benefits.htm>
5. Bartens J, Day S, Harris J, Dove J, Wynn T. Can urban tree roots improve infiltration through compacted subsoils for stormwater management? J Environ Qual 2008. 37: 2048-2057.
6. Corman G. Choosing mesquite trees for landscapes. En: Gardening Insights [boletín en Internet]. Julio de 2009. Disponible en [http://www.gardeninginsights.com/pdfs/Monthly%20letter%2007\\_09.pdf](http://www.gardeninginsights.com/pdfs/Monthly%20letter%2007_09.pdf)
7. Lancaster B. Rainwater harvesting for drylands and beyond Vol. 1. Tucson, AZ: Rainsource Press; 2006. 183 p. (Los cálculos sobre recolección de agua pueden encontrarse en: <http://www.harvestingrainwater.com/rainwater-harvesting-inforesources/water-harvesting-calculations/>)
8. Stewart, Dave. (Pima Cty Regional Flood Control District). Conversación con: James MacAdam. Nov. 2009.
9. Environmental Protection Agency, Office of Water (US) [EPA]. (Diciembre de 2009). Technical Guidance on Implementing the Stormwater Runoff Requirements for Federal Projects under Section 438 of the Energy Independence and Security Act. Washington, DC: EPA; dic. 2009. 61 p. Recuperado de: [http://www.epa.gov/owow/NPS/lid/section438/pdf/final\\_sec438\\_eisa.pdf](http://www.epa.gov/owow/NPS/lid/section438/pdf/final_sec438_eisa.pdf). Consultado el 4 de agosto de 2010.
10. Lancaster, op.cit. pp. 136-141. También disponible en: <http://www.harvestingrainwater.com/wp-content/uploads/Appendix4PlantLists.pdf>
11. Wittwer, Gary. (City of Tucson Department of Transportation, Landscape Architect). Conversación con: James MacAdam. Febrero de 2010.
12. Lancaster B. Rainwater harvesting for drylands and beyond Vol. 2. Tucson, AZ: Rainsource Press; 2006. 419 p. (p.18).
13. Cromell C, Miller J, Bradley LK. 2003. Earth-Friendly Desert Gardening. Phoenix, AZ: Arizona Master Gardener Press; 2003. 136 p. (p. 71).
14. Bikesafe Bicycle Countermeasure Selection System [Internet]. Washington, DC: Department of Transportation, Federal Highway Administration (US). Disponible en: <http://www.bicyclinginfo.org/bikesafe/background.cfm>
15. Phillips AE, editor. City of Tucson Water Harvesting Guidance Manual. Tucson, AZ: Ciudad de Tucson; 2005. 35 p.



# Glosario

**nota:** estas definiciones se desarrollaron para los fines de este manual, y no necesariamente pueden generalizarse para otros usos.

**acolchado:** se refiere a cualquier sustancia que se use para cubrir y proteger el suelo. El acolchado orgánico se compone de trozos secos y triturados de plantas. El acolchado de roca se compone de grava, piedras, concreto o ladrillos rotos

**área impermeable/dura:** superficie que no permite la filtración de agua hacia el subsuelo (ej. asfalto, concreto)

**bioretención:** el uso de vegetación y suelo para limpiar el agua de escorrentía de lluvia

**cono aluvial:** área reforzada en la entrada de una zanja de bioretención que previene la erosión por el agua de lluvia; normalmente hecha de piedra empotrada

**contaminación no puntual:** contaminación que proviene de fuentes dispersas—como aceite de automóvil, heces de animales, herbicidas y sedimentos—y por lo general es transportada por/en escorrentías de lluvia

**depresión:** desnivel alargado y hacia abajo diseñado para filtrar y/o transportar agua de lluvia

**derecho de vía (DDV):** el área a lo largo de una calle entre la guarnición y el límite de propiedad

**desaceleración del tránsito:** la práctica de hacer el tránsito más lento en zonas residenciales mediante el uso de restricciones en el camino, vegetación y otros medios

**efecto isla de calor:** fenómeno en el que las áreas desarrolladas-pavimentadas se vuelven más calientes que las rurales cercanas, provocado una mayor proporción de superficies que conservan el calor en las áreas desarrolladas

**filtración:** movimiento de agua hacia el subsuelo

**flujo:** lluvia que ha caído y empezado a fluir o escorrentía

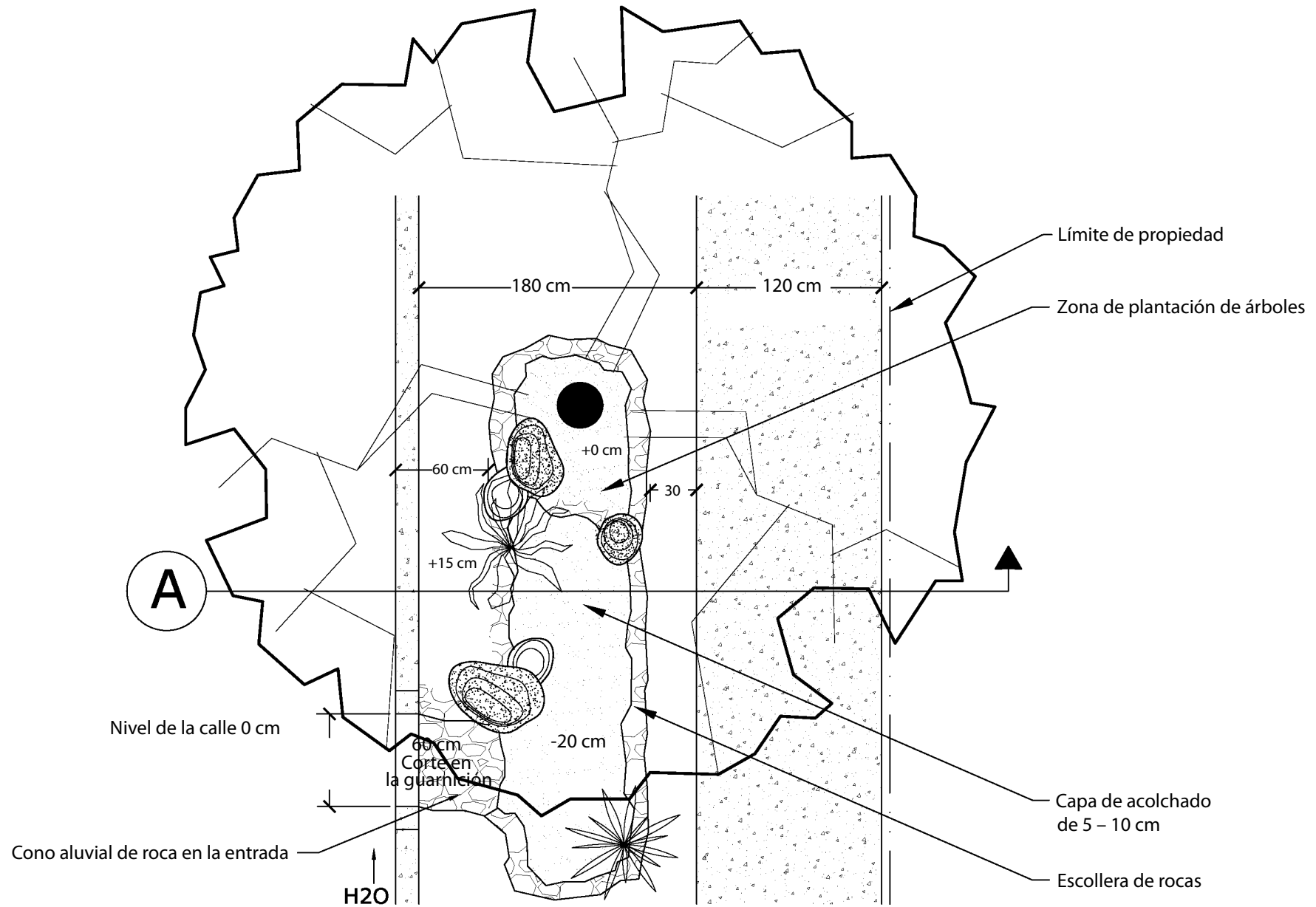
**infraestructura verde:** construcciones que usan sistemas vivos, de bajo impacto y naturales para proporcionar servicios ambientales, tales como contener, limpiar y filtrar agua de lluvia; crear hábitats para vida silvestre; dar sombra y refrescar calles y edificios; y reducir el tránsito

**plantas nativas:** plantas endémicas o adaptadas a una región en un periodo de tiempo

**saliente:** también conocida como “oreja” o extensión, las salientes son instalaciones a lo largo de la calle en las que la guarnición sobresale hacia la calle para desacelerar el tránsito

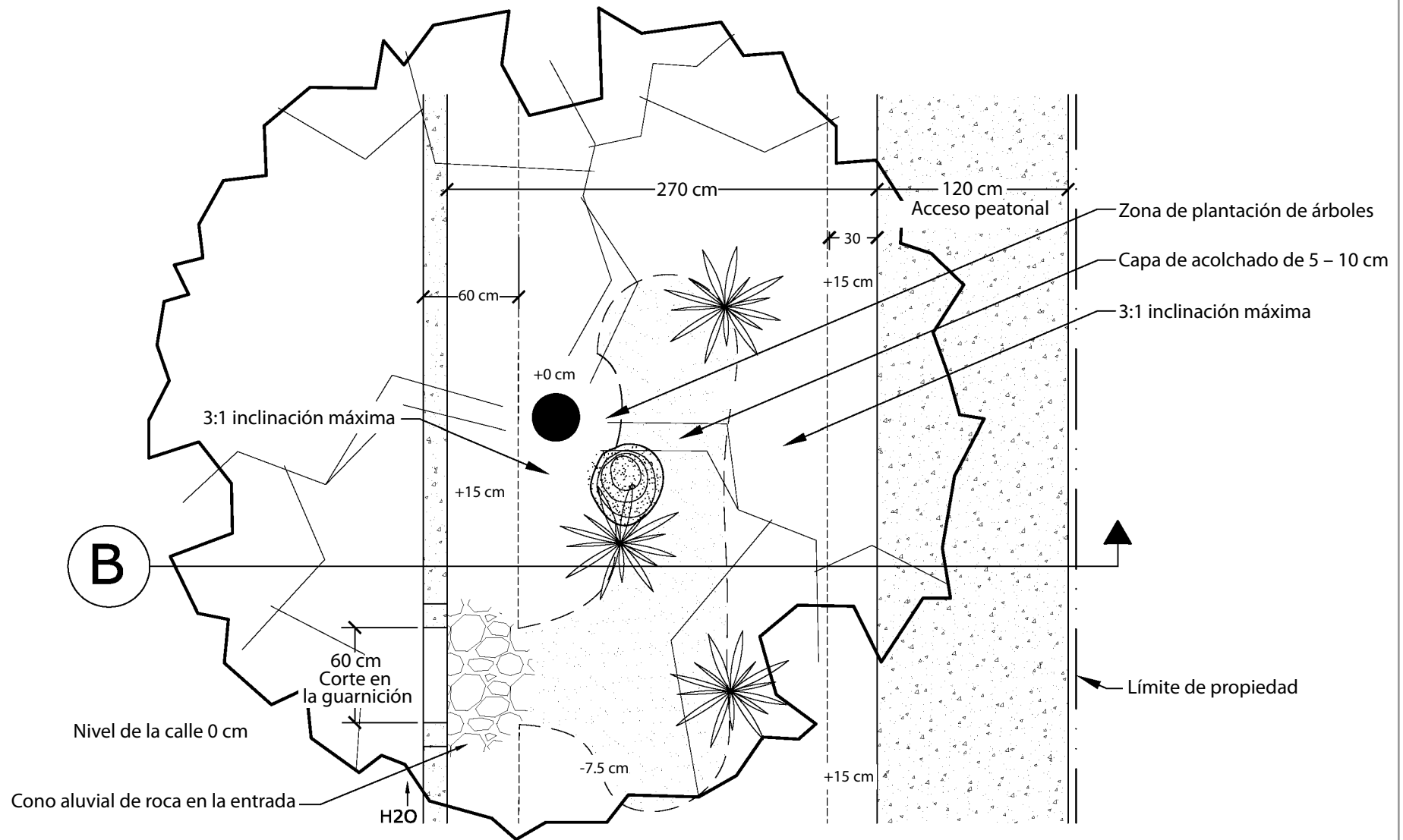
**zanja:** una depresión de tierra diseñada para recolectar y filtrar agua de lluvia

## Apéndice: vista del plano. Corte en guarnición y zanja, línea de rocas

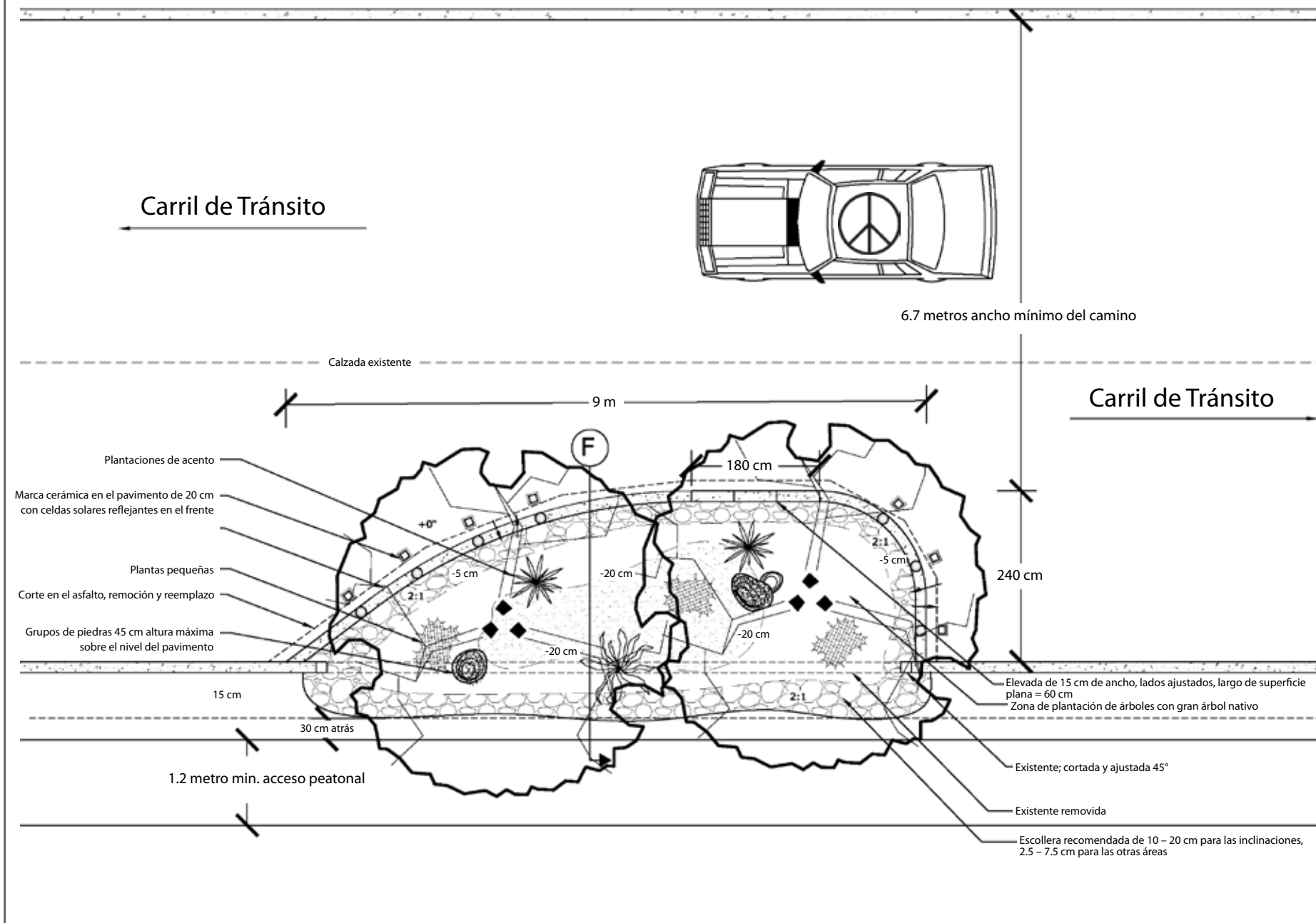




## Apéndice: vista del plano. Corte en guarnición y zanja, inclinación poco profunda

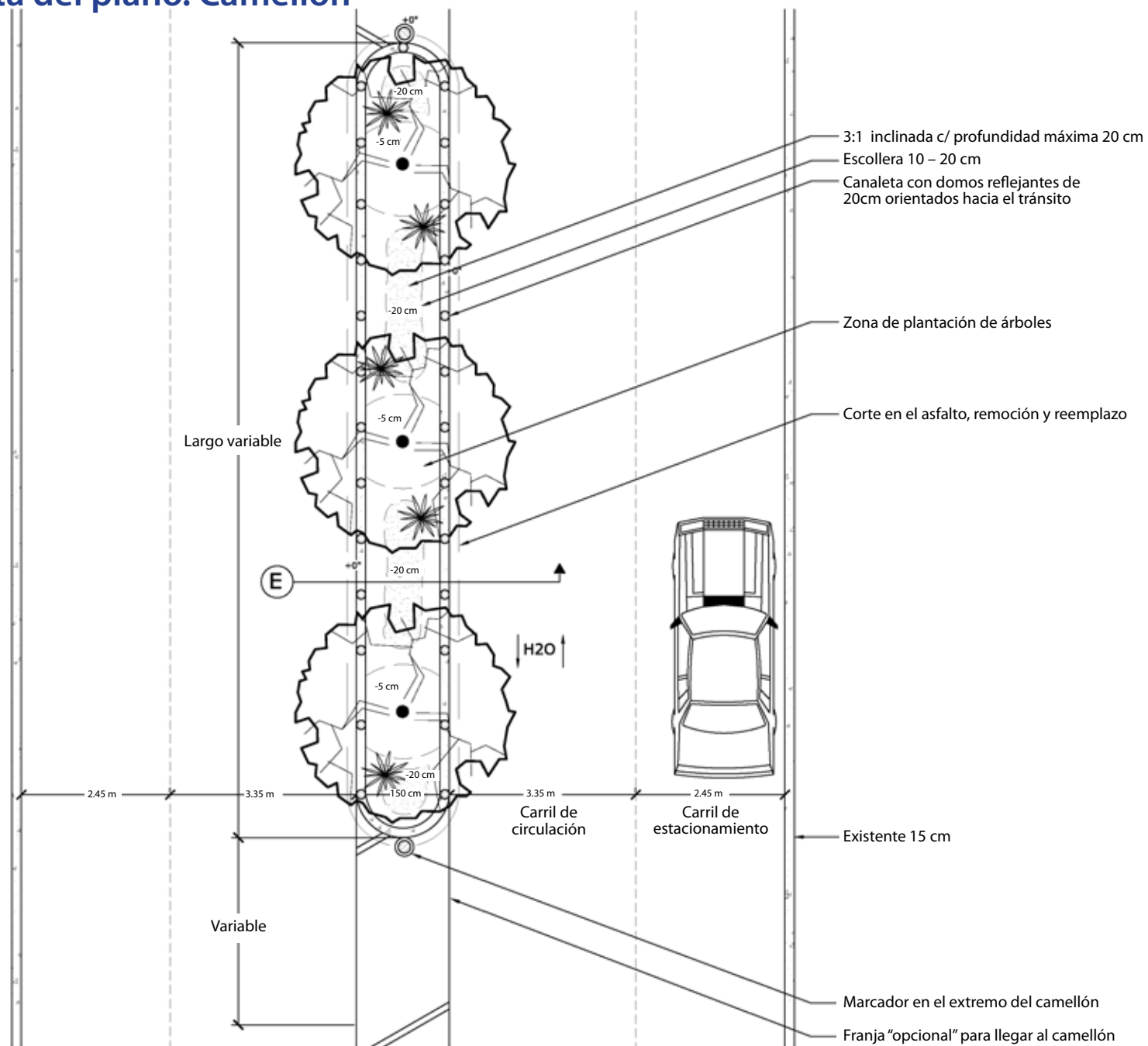


## Apéndice: vista del plano. Saliente

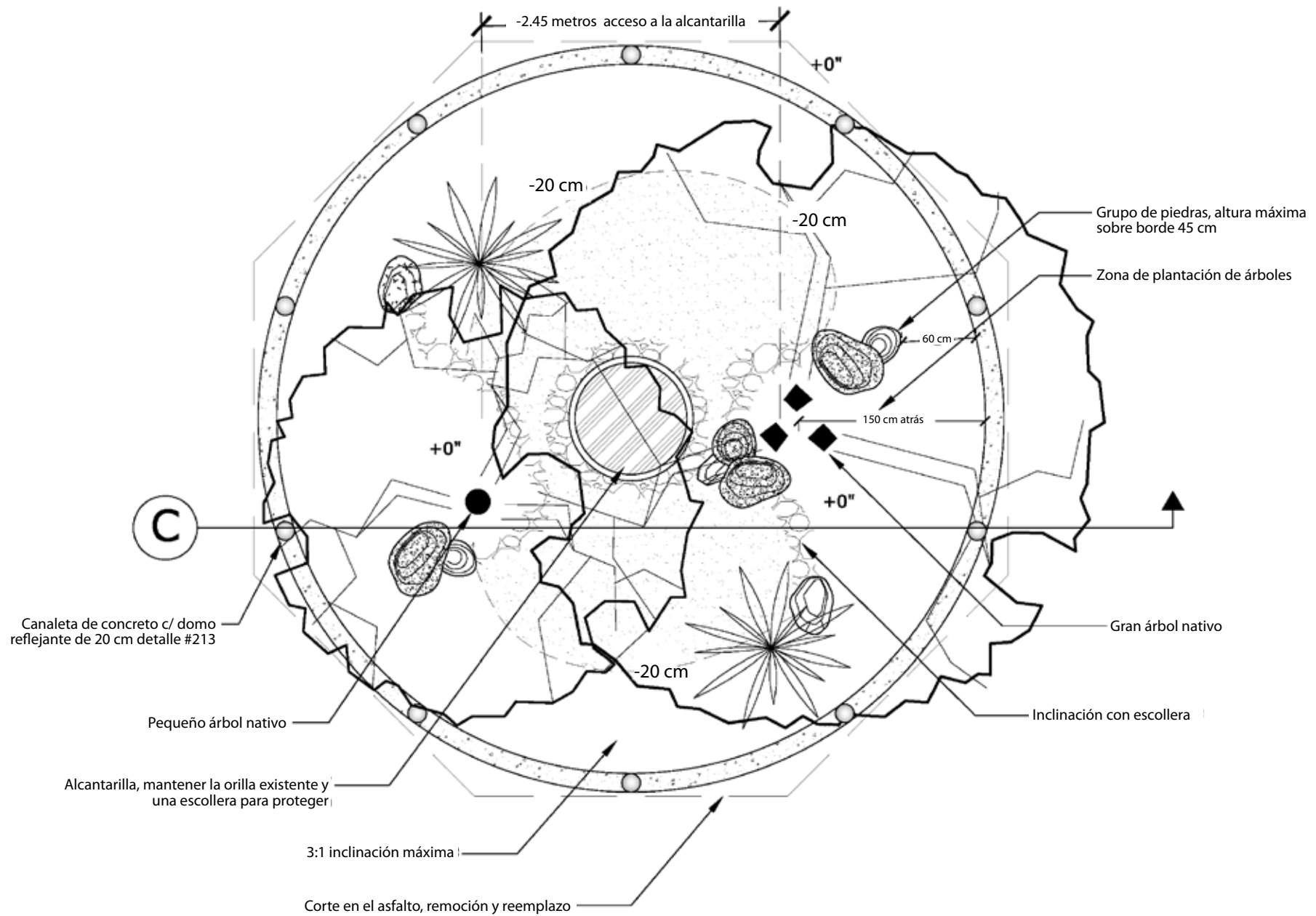




## Apéndice: vista del plano. Camellón

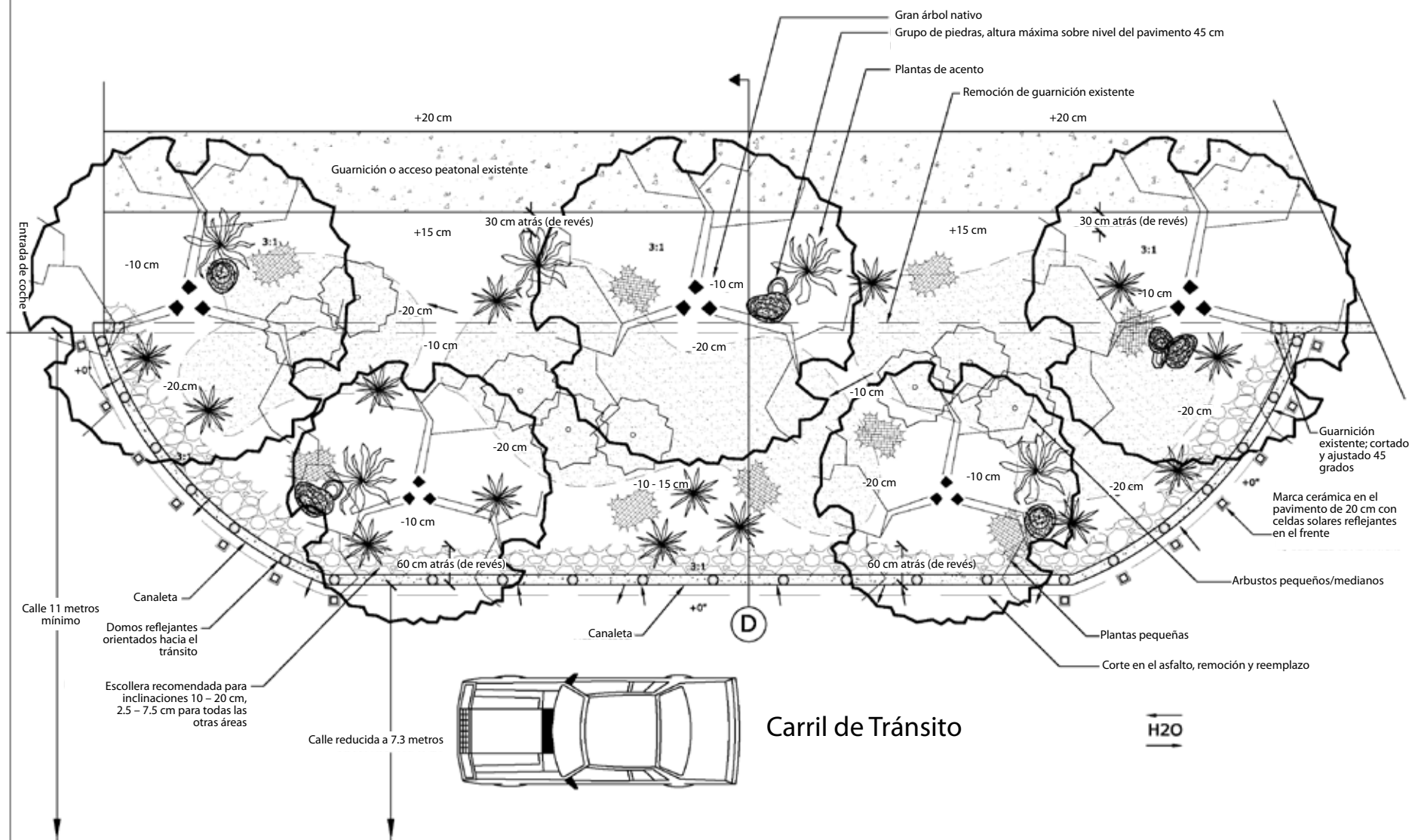


## Apéndice: vista del plano. Glorieta





## Apéndice: vista del plano. Reducción del ancho de la calle



# Sobre Watershed Management Group

**Watershed Management Group (WMG)** es una organización sin fines de lucro 501 (c)(3) basada en Tucson, Arizona USA, cuya misión es desarrollar soluciones basadas en la comunidad para asegurar la prosperidad a largo plazo de la gente y la salud del medioambiente. Proporcionamos a la gente el conocimiento, las habilidades y los recursos para un modo de vida sustentable. Algunos programas del WMG son:

## Green Streets – Green Neighborhoods (Calles Verdes, Comunidades Verdes)

WMG trabaja con vecindarios, comunidades, gobiernos y otros grupos para promover y establecer prácticas de infraestructura verde que mejoren la vida comunitaria. Este programa proporciona a los ciudadanos las herramientas y recursos necesarios para emprender acciones en materia de inundaciones, contaminación del agua de lluvia, efecto isla de calor, transporte alternativo y embellecimiento de sus propias comunidades.

## Water Harvesting Certification (Certificación en Cosecha de Agua)

El único programa de su tipo en el país, la Water Harvesting Certification de WMG combina teoría y práctica para proporcionar a los participantes una comprensión profunda y aplicable de las prácticas fundamentales de la cosecha de agua. El programa de 65 horas incluye capacitación en el diseño de sistemas integrales, obras de tierra para cosecha de agua, cisternas/tanques, sistemas de aguas grises, y paisajismo sustentable/comestible.

## Water Harvesting Demonstration Sites (Sitios demostrativos de cosecha de agua)

A través de talleres públicos y educativos, WMG ha implementado sitios muestra de cosecha de agua en varias escuelas, ONGs, oficinas gubernamentales y negocios en el sur de Arizona. Todos los sitios muestran métodos para capturar agua de lluvia y aguas grises para irrigar paisajes con plantas nativas y comestibles.

## WMG Co-op

El popular Co-op de WMG (sistema de cooperativa) usa el modelo de construcción de graneros (menonitas) donde la gente se ofrece para construir sistemas sustentables (como sistemas de cosecha de agua) y a cambio obtiene la habilidad de administrar un taller en su propia casa con un grupo de voluntarios. El programa hace que las mejoras verdes sean posibles al construir una comunidad.

## Schoolyard Water Education (Patio Escolar – Educación de Agua)

WMG se asocia con escuelas de educación preescolar hasta preuniversitaria para crear e implementar programas enfocados a la conservación del agua, hábitats silvestres, y producción local de alimentos. A través del modelo de experiencias de WMG basado en talleres, con estudiantes y adultos voluntarios instalan obras de tierra para cosecha de agua, cisternas, jardines comestibles y endémicos en el campus escolar.

## Conserve to Enhance (C2E) (Conservar para Mejorar – CPM)

El programa C2E (CPM) une los esfuerzos de conservación del agua con la restauración de cuencas hidrológicas para asegurar que la conservación del agua se traduzca en beneficios para el ambiente. Empresas e individuos participan monitoreando la cantidad de dinero ahorrado a través de prácticas para la conservación del agua, y después donan el valor de lo ahorrado a proyectos que benefician directamente áreas ribereñas locales.

## WMG International (WMG Internacional)

WMG ha trabajado con comunidades en América Latina, África e India para mejorar las condiciones de cuencas rurales, desarrollar el acceso a agua potable y mejorar la salud y sanidad.

Para mayor información visite: [www.watershedmg.org](http://www.watershedmg.org)



# Sobre Nuestros Colaboradores

**Sobre la Sociedad de Historia Natural Niparáj A.C.** Niparáj es una organización de la sociedad civil sin fines de lucro fundada en 1990, su misión es conservar el capital natural que distingue a Baja California Sur, mediante acciones por consenso y con fundamentos científicos, para beneficio de las comunidades locales, las generaciones actuales y futuras.

Tiene tres programas: Conservación Terrestre, Conservación Marina y Conservación de Agua.

El programa de Conservación de Agua es el más joven de Niparáj y su objetivo principal es contribuir a que todos los habitantes de La Paz, así como sus actividades productivas, tengan agua en cantidad y de calidad, mediante el desarrollo de acciones innovadoras que contribuyan a utilizar y manejar de manera sostenible el agua en la cuenca.

Para mayor información visite: [www.niparaja.org/elaguaenlapaz](http://www.niparaja.org/elaguaenlapaz)

**Sobre Raíz de Fondo Jardines y Educación A.C.** Raíz de Fondo es una asociación civil que ofrece oportunidades educativas para aumentar la calidad de vida en las localidades a través de jardines comunitarios, nutrición, la promoción de una vida sustentable, empoderamiento de la comunidad y resiliencia. Las actividades que se realizan incluyen la administración de jardines comunitarios, entrenamiento para docentes, clases de jardinería, prácticas de cocina saludable, comunicación y difusión, técnicas de conservación de agua y visitas escolares.

En conjunto Raíz de Fondo y Niparáj organizaron el “Taller de Cosecha de Agua y reforestación Urbana” impartido por Brad Lancaster en La Paz, Baja California Sur, México el 24 y 25 de marzo 2013. En este taller se dio a conocer técnicas sencillas y económicas para capturar agua de lluvia, reforestar con plantas nativas, mejorar la infraestructura urbana, tener más sombra en la ciudad y recargar los mantos freáticos. El Municipio de la ciudad de La Paz participó y actualmente está trabajando en un reglamento de parques e infraestructura urbana en donde se adopten estas medidas.

Para mayor información visite: [www.raizdefondo.org](http://www.raizdefondo.org)

**Sobre el Ayuntamiento de La Paz, Baja California Sur, México** El H. XIV Ayuntamiento de La Paz, manifiesta su convicción con la necesidad de implementar un Plan de Infraestructura Verde para el Municipio, que incluya cosecha de agua de lluvia en parques, jardines públicos, estacionamientos, camellones y banquetas, con el propósito de administrar este líquido vital, de manera sustentable, al tiempo que se provoca un aumento en la vegetación urbana. Debido a las características climáticas de la ciudad de La Paz (escasez de agua, falta de vegetación y ausencia de drenaje pluvial), son enormes los beneficios que estas obras proporcionarían a la ciudad, entre ellos: favorecer la infiltración de agua de lluvia y recarga del acuífero, reducir el potencial de deterioro de las propias calles, en cada temporada de lluvia; disminuir el flujo de contaminantes arrastrados por el agua de lluvia, al retenerse en la tierra; refrescar las calles, desacelerar el tránsito y un aumento tangible en la seguridad de peatones y ciclistas. Dicho Plan está siendo evaluado por el Cabildo Municipal, a través de su Comisión de Saneamiento, Agua Potable y Alcantarillado.

Para mayor información visite: [www.lapaz.gob.mx](http://www.lapaz.gob.mx)





## Watershed Management Group

1137 N Dodge Blvd

Tucson, AZ 85716

520-396-3266

[www.watershedmg.org](http://www.watershedmg.org)

## Sociedad de Historia Natural Niparajá A.C.

Revolución de 1910 No. 430 Col. Esterito

La Paz, BCS. CP. 23020

612-122-1171

[www.niparaja.org](http://www.niparaja.org)

[www.niparaja.org/elaguaenlapaz](http://www.niparaja.org/elaguaenlapaz)

## Raíz de Fondo Jardines y Educación A.C.

Calle Legaspi s/n

e/ Serdan y Guillermo Prieto, Col. Centro

La Paz, B.C.S. 23000

[www.raizdefondo.org](http://www.raizdefondo.org)



1137 N Dodge Blvd. • Tucson, AZ 85716 • 520-396-3266 • [www.watershedmg.org](http://www.watershedmg.org)

