



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible

25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país



PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DE GUÍA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUAS PLUVIALES URBANAS

Juan Pablo Martínez Penadés(*)

Ingeniero Civil perfil hidráulico ambiental, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Desde 2008 ha trabajado como asesor y proyectista de diversos proyectos de ingeniería, en particular en inundaciones y drenaje urbano.

IDU, Dinagua, Ministerio de Ambiente / Consultor independiente.

Daniel Alonso, Gonzalo Pastorino, Adriana Piperno, Felipe Silva

IDU, Dinagua, Ministerio de Ambiente

TEMA: Cambio climático.



Montevideo – Uruguay, Tel 099216785, juanmartinezpenades@gmail.com

RESUMEN

Las aguas pluviales han generado históricamente inundaciones frecuentes en áreas urbanas, con importantes perjuicios para las ciudades y las personas. En el presente artículo se describe el proceso de actualización del manual de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales de DINAGUA, única referencia a nivel nacional en la temática. La nueva versión incorpora importantes avances realizados en los últimos años, incorporando nuevos dispositivos de drenaje sustentable, gestión de calidad de aguas pluviales y la evaluación de co-beneficios.

Drenaje pluvial, drenaje sustentable, inundaciones, cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones urbanas son una de las principales emergencias hidroclimáticas que enfrenta el país. Además de las inundaciones por crecidas de ríos o de marea, existen aproximadamente 22.000 predios atravesados por cañadas y pequeños cursos de agua urbanos y 138 localidades con problemas graves o medios de drenaje pluvial. Se considera que una localidad tiene problemas graves cuando se inundan viviendas, predios y/o se cortan calles principales de la localidad e impiden por tiempo considerable la circulación, y/o hay problemas de olores y vectores en cunetas. Una localidad se considera con problemas medios cuando solo se inundan algunas calles, por un tiempo breve, sin afectar mayormente el funcionamiento de la localidad (DINAGUA, 2022).

En octubre de 2009 fue publicada la primera versión de la Guía “Diseño de sistemas de aguas pluviales urbanas” por la Dirección Nacional de Aguas y Saneamiento (DINASA), que actualmente lleva el nombre de Dirección Nacional de Aguas (Dinagua). Esta guía, que fue resultado de un proceso interdisciplinario, tuvo como objetivo apoyar la elaboración de proyectos urbanos de drenaje urbano, sistematizando las metodologías más aplicadas en el medio e incorporando conceptos sobre planificación de aguas pluviales y de drenaje sustentable.

A lo largo de estos 10 años de existencia, la guía de drenaje ha sido ampliamente utilizada en proyectos de drenaje tanto por intendencias como por consultoras.

OBJETIVO DE LA GUÍA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUAS PLUVIALES URBANAS

En su versión original la guía incluía conceptos de drenaje sustentable, un capítulo dedicado a planificación, sistematizaba procedimientos y fórmulas utilizadas habitualmente, incorporaba métodos para diseño de “cantidad de agua” (captación, conducción, retención) y de forma incipiente para medidas de infiltración.



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible

25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país



Los aspectos de calidad de agua, eran mencionados de forma general, pero no se incluyeron ni en el diseño ni en los procedimientos de cálculo.

La actualización tiene por objetivo contar con una herramienta actualizada, corregida y adaptada a las necesidades del país, promover diseños de drenaje sustentable, adaptables y acorde a las necesidades nacionales y de acuerdo a la actualización que ha sufrido el estado del arte en estos 10 años. Se busca también que apoye al cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Aguas (Decreto 205/017), en particular al proyecto P02/1 – Plan Nacional de agua potable, saneamiento y drenaje pluvial urbano y al proyecto P03/2 – Implementación de instrumentos de gestión de riesgo de inundaciones.

LA EVALUACIÓN DE LA GUÍA: CONSULTAS PREVIAS

Previo a la actualización se realiza una encuesta a usuarios de la guía y entrevistas a informantes calificados que permitieron focalizar las modificaciones.

La encuesta se realiza a través de un formulario web en donde se consulta sobre el uso de la guía y de cuáles son los principales aspectos a mejorar y/o actualizar. El mismo es respondido principalmente por ingenieros proyectistas, en porcentajes similares en cuanto a cantidad de años de experiencia.

En general los encuestados consideran que la guía es útil, valorando positivamente todos los contenidos, salvo las planillas de cálculo y los ejemplos. Los ingenieros con menos años de experiencia responden usarlo con mayor frecuencia; siendo que para todos los encuestados el uso principal es para consultas puntuales, como manual de referencia. Dentro de los principales temas a agregar o actualizar se proponen: modelación, mejorar planillas de cálculo, tormenta de diseño, cálculo de laminaciones, incorporar más ejemplos prácticos y más fotos, profundizar en sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

Las entrevistas a informantes calificados se realizan a técnicos de Intendencias Departamentales, a profesionales consultores con vasta experiencia y recién egresados, docentes de la Universidad de la República y técnicos de la Oficina de Planificación y Presupuesto (OPP). Se trató de entrevistas en profundidad, donde se pudo intercambiar sobre distintos aspectos la guía. Dentro de los temas más destacados está profundizar en SUDS agregando aspectos de cálculos para el diseño, tipologías, selección, mantenimiento, más ejemplos de cálculo y de aplicaciones exitosas. Vuelve a repetirse la necesidad de mejorar las planillas de cálculo de microdrenaje.

Para la actualización se contó con el apoyo del Plan Nacional de Adaptación en Ciudades e Infraestructuras que financia la contratación de dos especialistas en drenaje sustentable: la Msc. Ana Abellán y la Dra. Alida Alves. Éstas analizan el texto existente y en base a bibliografía internacional, análisis de proyectos recientes, las consultas mencionadas anteriormente y a su propia experiencia producen nuevos contenidos. Para el seguimiento se conforma una contraparte con técnicos de la OPP, Intendencia Departamental de Montevideo y DINAGUA.

NUEVA ESTRUCTURA Y FORMATO

La nueva versión de la guía se estructura en un texto principal, fichas por dispositivo y planillas de cálculo. A su vez, el texto principal se organiza por módulos temáticos que agrupan varios capítulos. Esta estructura busca facilitar su consulta, proponiendo distintos recorridos de lectura en función del tipo de usuario. Se espera también que permita actualizaciones parciales con mayor frecuencia. En este mismo sentido, si bien se prevé la publicación en formato papel, se espera que su versión digital cobre mayor protagonismo.

A continuación se describen las principales características de los módulos de la guía y los cambios respecto a la versión original.



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible

25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país



MÓDULO CONCEPTUAL

En relación a los contenidos, en esta actualización se profundiza en la relación de las aguas pluviales con la ciudad y el ambiente, tomando en consideración la variabilidad y cambio climático. En particular se incorporan conceptos como ciudades sensibles al agua, infraestructuras verdes, soluciones basadas en la naturaleza, haciendo énfasis en los beneficios múltiples de los sistemas de aguas pluviales y la valorización de cursos de agua pequeños entre otros.

Ciudades sensibles al agua es un concepto que se origina en Australia (Wong, 2007), que incorpora medidas de manejo holístico como la planificación y el diseño urbano, el uso social y ambiental del paisaje urbano y la gestión integrada de las aguas pluviales con control de cantidad y calidad, protección de los sistemas naturales y reutilización de las aguas pluviales.

Las soluciones basadas en la naturaleza (NBS) son aquellas inspiradas y respaldadas por la naturaleza, son rentables, brindan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos y ayudan a desarrollar la resiliencia. Son intervenciones sistémicas, eficientes en recursos y adaptadas localmente y deben favorecer la biodiversidad y respaldar los servicios del ecosistema (Comisión Europea, 2020)

Las infraestructuras verdes, por su parte, son un conjunto de dispositivos naturales o que imitan a la naturaleza y que tienen algún objetivo ambiental, como en este caso el control de las aguas pluviales. En general suelen brindar servicios ecológicos, sociales y económicos (AdaptaFADU, 2021). Esto puede derivar en que persiga varios objetivos o como mínimo que se les pueda asociar un beneficio principal y otros co-beneficios.

Co-beneficios es también un concepto incorporado en esta edición de la guía. El IPCC los define como “los efectos positivos que una política o medida destinada a un objetivo podrían tener en otros objetivos, independientemente del efecto neto sobre el bienestar social general. (...) Una vez que se realiza una medida con un objetivo, se evalúan las funciones para identificar los aportes a otros objetivos” (IPCC, 2014). En el caso de drenaje sustentable los co-beneficios pueden incluir: la reutilización del agua, reducir contaminación atmosférica, confortabilidad térmica, proporcionar espacios recreativos, aumentar diversidad biológica, adaptación al cambio climático. En la guía se incorporan algunas pistas de cómo evaluar estos co-beneficios y cómo tenerlos en cuenta en los proyectos de drenaje pluvial.

Dentro de este paradigma, los pequeños cursos de agua, dejan de ser un problema a resolver y pasan a tener un valor en sí mismo, no sólo como parte del sistema de conducción de las aguas, sino también como un ecosistema con valores a preservar y usos a potenciar. En los países desarrollados, se vienen desarrollando proyectos de re-naturalización de cursos de agua. En nuestro país aún se está a tiempo de preservar y compatibilizar la existencia de los cursos de agua con usos urbanos.

La guía vuelve a incluir los conceptos de gestión en fuente, micro y macro drenaje; incorporando el enfoque de “cadena de drenaje”. Bajo este concepto, cada dispositivo o medida que se implementa es un eslabón que afecta al siguiente, por lo que el diseño del sistema implica la selección y diseño de cada eslabón de forma de lograr que toda la cadena maximice los beneficios del conjunto. Así cada dispositivo o proyecto se evalúa como parte de un todo y no como elementos aislados.

PLANIFICACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES EN AMBIENTES URBANOS

Se profundiza y actualiza en herramientas de planificación integrando lecciones aprendidas de experiencias nacionales en planificación de aguas como el Plan Nacional de Aguas (2017), Plan de Aguas Urbanas de Salto y Young (2017) y también por la realización de proyectos y obras conjuntas, como el “Plan de Aguas Urbanas, plan director y anteproyecto integral de saneamiento, drenaje pluvial, vialidad y espacios públicos asociados de Ciudad del Plata”.

En particular se focaliza en tres temáticas relevantes:

- La necesaria consideración de la integralidad de los distintos subsistemas de agua (aguas pluviales, residuales, abastecimiento y cuerpos de agua) tradicionalmente considerados de forma independiente en la planificación y gestión de las aguas urbanas (figura 1)
- la relación entre la planificación del territorio y la planificación de las aguas
- metodologías de planificación de las aguas pluviales urbanas que se enmarcan en el Plan Nacional de Drenaje Pluvial Urbano, actualmente en elaboración

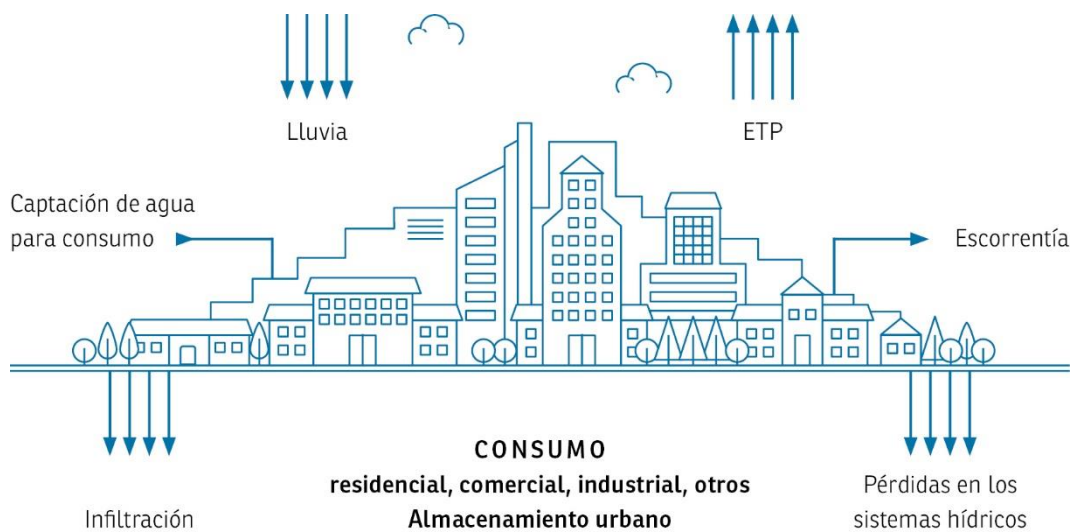


Figura 1: Entradas y salidas del agua en las ciudades.

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO Y FICHAS POR DISPOSITIVO

Se incluye un módulo con criterios generales de diseño, bajo los aspectos conceptuales desarrollados anteriormente, en particular el concepto de “cadena de drenaje”. Los procedimientos y criterios particulares de cada dispositivo son separados del texto principal e incorporados en fichas que se describen más adelante.

El énfasis en esta guía implicó la incorporación de nuevos dispositivos como barriles de lluvia, bio-retenciones, jardines de lluvia, dispositivos para calidad de agua, humedales y techos verdes.

Dentro de los procedimientos de cálculo, se rediseñan las planillas, corrigiendo errores y facilitando su uso con un mejor diseño. En cuanto a los cálculos, las mayores novedades son la incorporación de planillas que facilitan la selección de la tormenta de diseño, para los dispositivos de retención y la incorporación de procedimientos para el cálculo de dispositivos de infiltración o para el control de calidad de agua.

Hasta ahora el principal objetivo en la implementación de medidas de control de escorrentía era la disminución de caudales máximos para cierto período de retorno; sin embargo no se daban al proyectista elementos para diseño cuando el objetivo era la mejora de la calidad del agua. En esta edición se adopta el “volumen de calidad” (UDFCD, 2010). Este se basa en que tormentas pequeñas y frecuentes, son responsables de una porción significativa de las cargas anuales de contaminantes provenientes de agua de lluvia; por lo tanto, controlando un volumen relativamente pequeño de agua, es posible generar un cambio significativo en la calidad de los vertidos.

En cuanto a la intensidad de lluvia, no hay a nivel nacional estudios recientes que actualicen la metodología, criterios y datos de base utilizados para el diseño, en particular las curvas intensidad, duración, frecuencia siguen estando basadas en estudios realizados en la década de 1980. Se espera en próximas ediciones contar con estudios que permitan mejorar estos aspectos. Se incluyen sí, algunas recomendaciones sobre metodologías de incorporación de variabilidad y cambio climático.

En relación a las fichas, estas incluyen:

- Una tabla resumen con una descripción corta del dispositivo y datos principalmente cualitativos vinculados a su funcionalidad, aplicabilidad, las recomendaciones más importantes para el diseño, ventajas, desventajas, co-beneficios, mantenimiento y costos.
- Una descripción completa del dispositivo, criterios de diseño y un ejemplo de cálculo.

12-07 . BIO-RETENCIÓN/JARDÍN DE LLUVIA

Las bio-retenciones (BR) son depresiones en el terreno cubiertas con vegetación, cuentan con un sustrato de material seleccionado para promover el almacenamiento y la infiltración. Pueden diseñarse para amortiguar caudales. Se vacían por infiltración si el subsuelo lo permite, de lo contrario se vacían con tubería perforada de fondo. Los jardines de lluvia (JLL) son un tipo de BR, de menor porte y que no se diseñan para amortiguar caudales.
Proceso principal: Almacenamiento/Infiltración

Funciones	
Amortiguación del caudal pico	● ○
Reducción de volumen de escorrentía	● ●
Mejora de calidad de agua	● ● ● ●
Almacenamiento	● ○
Infiltración	● ●
Conducción	○ ○
Captación	● ● ○

Recomendaciones de diseño	
• Calcular volumen según el objetivo, ya sea infiltrar, amortiguar o tratar.	
• Velocidad a la entrada <math>< 0.5 \text{ m/s}</math>	
• Lámina máxima de agua 15 cm para JLL y 20 cm para BR.	
• Espesor de material orgánico preparado de al menos 0.2-0.5 m, pudiendo ser 0.8-1 m o mayor para mejor tratamiento del escorrentismo.	
• Área de aporte menor a 0.03 ha para JLL y 0.8 ha (no más de 2 ha) para BR.	
• 0.7m de distancia del fondo de la estructura a la capa freática.	

Sitios de Implantación	
Calles y zonas	Zona residencial viviendas
Espacios públicos parques y plazas	Zona comercial industrial
Edificios institucionales y educativos	Estacionamientos

Limitaciones para la implantación	
Condicionada por capa freática vulnerable*	●
Condicionada por capa o roca superficial*	●
Condicionada por altas pendientes	●
Condicionada por suelos impermeables*	●

Costos	
Construcción \$	Mantenimiento \$ Espacio \$

Co-Beneficios	
Valor paisajístico	Incremento de biodiversidad
Ahorro de energía	Ahorro de agua
Reducción de estrés por calor	Recarga de aguas subterráneas
Mejora de la calidad del aire	Posible espacio de recreación

+ Ventajas	- Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Logra reducir cantidad y mejorar calidad de la escorrentía. • Es una obra sencilla y puede simular condiciones pre-desarrollo de escorrentismo. • Agrega valor paisajístico y aumento de biodiversidad al espacio urbano. • Área necesaria: baja a media (10-30% del área de aporte para JLL, 5-10% para BR) 	<ul style="list-style-type: none"> • Si está mal diseñado se pueden generar problemas de agua estancada. • Necesidad de humedecer los climas de construcciones cercanas si no se toman las medidas de impermeabilización necesarias. • Sólo pueden recibir escorrentimientos de áreas de aporte pequeñas (JLL a mediana BR). • Cuando se vacía por infiltración, presenta riesgo de contaminación de agua subterránea si no se tienen las cuidados necesarios.

*En el caso de vaciarse por infiltración

Figura 2: Carátula de la versión 2.0 de la guía y ejemplo de ficha de dispositivo.

En anexos se presenta la lista completa de fichas por dispositivo, junto con un comentario indicando si ya habían sido incluidos en la versión 2009.

OBRAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Dado que las infraestructuras de drenaje sustentable son relativamente novedosas en nuestro país, se profundiza en los métodos constructivos específicos para éstos, incluyendo recomendaciones generales y algunas especificaciones de materiales, normas y ensayos.



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible

25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país



En cuanto a operación y mantenimiento, se dan algunas recomendaciones generales sobre su planificación y organización, y pautas sobre tareas de inspección, de mantenimiento preventivo y correctivo profundizando nuevamente en SUDS.

PRÓXIMOS PASOS

Actualmente se está ajustando la redacción del texto principal de la guía. Se promoverá también la elaboración de estudios base que permitan realizar una actualización más profunda del capítulo de tormenta de diseño, actualizando las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, pero no se espera que esta actualización pueda incluirse en la versión 2.0.

Paralelamente se abre una instancia de consulta a profesionales proyectistas sobre las planillas de cálculo y una versión preliminar de las fichas por dispositivo. Una vez concluida esta instancia de consulta se procederá a la publicación de la versión 2.0 impresa y digital.

A partir de la misma se abre una nueva etapa para esta guía, que se caracterizará por tener un intercambio más fluido con los usuarios, actualizaciones parciales y con mayor frecuencia, con una mayor interacción entre teoría y práctica.

Por el gran uso que ha tenido hasta el momento, y las mejoras que se le están realizando en esta actualización, se espera que la guía de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales 2.0 continúe siendo el referente principal en la temática a nivel nacional y que facilite el tránsito hacia sistemas de drenaje más sustentables y con mayores beneficios para la población.

AGRADECIMIENTOS

La actualización de la guía no pudo haberse desarrollado sin el aporte de las siguientes personas: Cecilia Emanuelli (Dinagua), Ana Abellán, Alida Alves, Emilio Barrenengoa (consultores contratados para el desarrollo de nuevos contenidos), Marcos Lisboa (contraparte por Intendencia de Montevideo), Cecilia Ceiter y Guillermo Pepe (contraparte por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto de Presidencia de la República), Christian Chreties, Ángela Gorgoglione, Jimena Alonso (IMFIA UdelaR).

Todos los que en estos años han acercado correcciones, comentarios y sugerencias sobre la versión original de la guía.

BIBLIOGRAFÍA

- DINAGUA (2022), Atlas Nacional de Inundaciones y Drenaje Urbano. Montevideo, Uruguay.
- DINASA (2009), Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales Urbanas. Montevideo, Uruguay.
- EUROPEAN COMMISSION (2020) Nature-Based Solutions: State of the Art in EU-funded Projects
- FADU (2021), Adaptaciones disciplinares para la adaptación de ciudades y edificaciones al cambio y variabilidad climática. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República. Montevideo, pág. 74.
- IPCC (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Anexo II: Glosario. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.
- UDFCD (2010). Urban Stormwater Drainage, Criteria Manual (Vol. 3), Urban Drainage and Flood Control District, Denver, Colorado.
- WONG, Tony. (2007). Water sensitive urban design; the journey thus far. Australian Journal of Water Resources. 110. 213-222.



XI Congreso Nacional de AIDIS

Cambios, desafíos y soluciones:

El rol de la Ingeniería Ambiental en el desarrollo sostenible



25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país

ANEXO - FICHAS

ID	Dispositivo	Manual 2009	Comentarios versión actualizada
1	Alcantarilla	SI	Se agrega recomendación de software de cálculo.
2	Amortiguación subterránea	SI	Se agregan ejemplos de cálculo.
3	Amortiguación superficial	SI	Se agregan ejemplos de cálculo.
4	Área de infiltración	SI	Se reformula agregando criterios de calidad.
5	Badén	SI	Se agrega recomendación de software de cálculo.
6	Barriles de lluvia	NO	Se incluye descripción, criterio, método y ejemplo de cálculo.
7	Bio-retención / Jardín de lluvia	NO	Se incluye descripción, criterio, método y ejemplo de cálculo.
8	Boca de tormenta	SI	Se modifica planilla de cálculo.
9	Canales	SI	Se incluyen criterios de actuación en cursos de agua.
10	Cordón cuneta	SI	Se modifica planilla de cálculo.
11	Cunetas	SI	Se agrega recomendación de software de cálculo.
12	Dispositivos para calidad de agua	NO	Se incluyen desarenadores, filtros de arena y bolsas para retención de sólidos.
13	Estanque de retención	SI	Se agregan criterios de diseño y se incluye ejemplo.
14	Estructuras de disipación/Descargas	SI	Se incluye criterio de diseño.
15	Estructuras especiales	NO	Se incluyen derivaciones, aliviaderos, cámaras especiales, válvulas anti-retorno, compuertas y estaciones de bombeo.
16	Fajas de pasto/ Superficies vegetadas	NO	Se incluye descripción, criterio, método y ejemplo de cálculo.
17	Humedal/Humedales en línea	NO	Se recomienda software de cálculo y se agrega ejemplo de cálculo.
18	Pavimentos permeables	SI	Se reformula y agrega ejemplo de cálculo.
19	Pozos de infiltración	SI	Se reformula y agrega ejemplo de cálculo.
20	Reguera	SI	Se recomienda software de cálculo y se agrega ejemplo de cálculo.
21	Techo verde	NO	Se incluye descripción, criterio, método y ejemplo de cálculo.
22	Tuberías/Colectores pluviales	SI	Se recomienda software de cálculo y se agrega ejemplo de cálculo.
23	Zanjas de infiltración	SI	Se reformula y agrega ejemplo de cálculo.