

En busca del impacto hidrológico cero: implementación de pequeños dispositivos

Erick Vicente Menjívar Romero

MSc. Recursos Hidráulicos – El Salvador - ERIS/USAC

Trabajo: Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Vivienda y Desarrollo Urbano (MOP)

Dirección para recibir correspondencia: erickvmenjivar@gmail.com

Recibido 26.05.2014

Aceptado 30.05.2014

Resumen

Este artículo presenta la implementación de pequeños dispositivos de detención de caudales en una red de alcantarillado pluvial, para la disminución de los caudales picos en zonas urbanas, con el fin de lograr el IMPACTO HIDROLÓGICO CERO. Obteniéndose como resultados de reducción del 11% al 40% del caudal pico en las alcantarillas. Además, se muestra el concepto de IMPACTO HIDROLÓGICO CERO, lo cual significa, lograr que un terreno urbanizado se comporte como si su condición natural no hubiese sido modificada, y la definición de los dispositivos de detención de caudales.

Palabras Claves: agua de lluvia, escorrentía, reservorios

Abstract

This article presents the implementation of small detention devices of flows in a stormwater sewer network for decreasing peak flows in urban areas, in order to achieve ZERO HYDROLOGIC IMPACT. Obtaining a reduction between 11% to 40% of the peak flow in the sewers, as a result. Furthermore, it shows the concept of ZERO HYDROLOGIC IMPACT, which means, getting an urbanized terrain behave as if its natural condition had not been modified, and the definition of detention devices of flows.

Key words: stormwater, runoff, reservoir.

Introducción

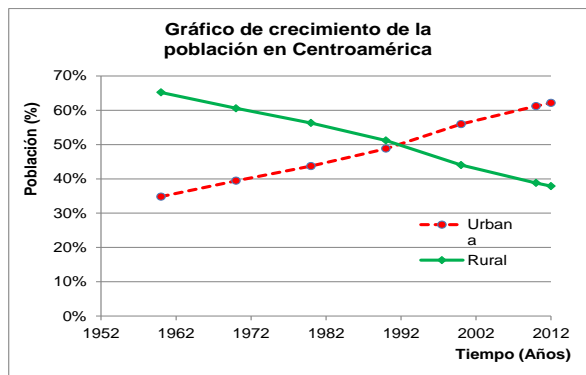
Se presentan algunos antecedentes, la introducción del concepto de IMPACTO HIDROLÓGICO CERO, los diferentes tipos de dispositivos y se dan algunos ejemplos de estos, la metodología de implementación de pequeños dispositivos y se presentan los resultados de la implementación de pequeños dispositivos de regulación hidráulica dentro de una red existente, modelados con el software Storm Water Management SWMM 5.0, software que permite simular el comportamiento Hidrológico-Hidráulico de un sistema de drenaje urbano, desarrollado bajo la supervisión y financiamiento de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection Agency, EPA) de los Estados Unidos.

Antecedentes

Como se ha observado en nuestras ciudades de Centroamérica hemos visto un gran desarrollo

urbanístico y esto se ha debido a que muchas personas buscan vivir en la ciudad, por muchas y diversas razones, entre las que podemos mencionar empleo, mejor calidad de vida, educación, etc.

Situación que se ve reflejada en los datos publicados por el Banco mundial donde reportan que en los años 1960 la población reportada a nivel centroamericano era de 10.35 millones de habitantes del cual el 34.80% era población urbana y el 65.20% población rural. Para el año 2012 la población se triplicó a 33.628 millones de habitantes de los cuales el 62.13% era población urbana y el 37.87% era población rural, ver Grafica No. 1



Fuente: Elaboración propia, con base a datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Grafica No. 1. Crecimiento poblacional en Centroamérica

Este crecimiento ha generado que se presenten problemas de inundación en las partes bajas de la ciudad, debido que no se tuvo un control en la generación de la escorrentía superficial por parte de las construcciones, puesto que se incrementaron las áreas impermeabilizadas en las partes altas de la ciudad.

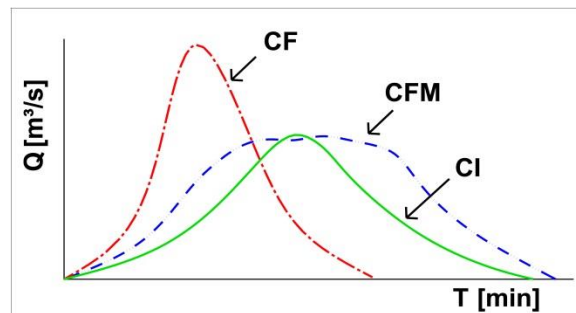
Impacto hidrológico cero (IHC)

En la búsqueda de la reducción de los caudales picos que se producen en las ciudades por los eventos de lluvias y que muchas veces generan problemas de inundaciones se llega a concebir un nuevo concepto: IMPACTO HIDROLÓGICO CERO.

Antes de definir este término se tendrá que tener claro que es un IMPACTO. Según, Real Academia Española (2001), el diccionario de la lengua española es un efecto negativo sobre el medio ambiente producto de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades (antropogénicas).

A partir de ello, IHC se definirá como: reducir el aumento de la escorrentía generada por la impermeabilización del área de un terreno, debido a la construcción de una obra o actividad humana, buscando llevar la respuesta hidrológica del terreno a su condición natural.

En palabras más sencillas es que el terreno luego de ser afectado por la impermeabilización de una obra o actividad humana, esta genere la escorrentía como si su estado natural no se hubiera alterado, ver Figura No. 1.



CI= Condición Inicial (Condición sin proyecto)

CF= Condición Final (Condición con proyecto)

CFM= Condición Final Mejorada (Condición con proyecto y dispositivos de regulación de caudal para lograr el IHC)

Figura No. 1. Hidrograma respuesta del terreno

Para lograr el IHC en un área a urbanizar o urbanizada, habrá que hacerlo por medio de dispositivos hidráulicos que disminuyan los caudales, de manera que al drenar estas áreas no causen vulnerabilidad en las partes bajas de las ciudades

Tipos de dispositivos

En la búsqueda de la reducción de estos caudales picos con el fin de obtener el IHC, se han elaborado una cantidad de dispositivos de regulación hidráulica, Según Menjivar, E. (2008), los cuales se pueden definir en dos tipos:

1. Dispositivos de detención:

Obras estructurales de control del flujo pluvial, diseñadas para captar cuerpos de agua y producir una liberación continua y controlada de estos, con el objetivo de generar una disminución y retardo de los caudales drenados.

2. Dispositivos de retención:

Obras estructurales de control del flujo pluvial, diseñadas para poseer una lámina permanente de agua lluvia, cuyo objetivo es la reducción de los volúmenes y caudales, los volúmenes retenidos serán utilizados para otra actividad; como por ejemplo, riegos o re-utilización del agua.

Estos tipos de dispositivos tienen algunas variaciones de acuerdo a los requerimientos de diseño; como por ejemplo, pueden plantearse para que también realicen la función de infiltración, con el fin de lograr la recarga acuífera.

Los dispositivos más comúnmente utilizados son los de detención y estos pueden ser de gran tamaño o de pequeñas dimensiones.

Entre los de gran tamaño se pueden mencionar los siguientes: lagunas de laminación y reservorios.

Los de pequeñas dimensiones se refieren a: reservorios domiciliarios, zanjas de infiltración y pozos de infiltración.

Con la finalidad de buscar el IHC, los reglamentos de diseño de alcantarillado pluvial, deberán definir claramente el período de retorno y el tiempo del evento para el cual deberán ser diseñados los dispositivos, con la finalidad que en el diseño urbanístico de las nuevas urbanizaciones, se contemple la reducción de los caudales generados por el proyecto.

En busca del impacto hidrológico cero

Para el control de las escorrentías se dispone de una gama de dispositivos y durante la etapa de planificación y diseño de los proyectos, es más fácil definir y asignar el espacio para su ubicación, de acuerdo al análisis hidrológico e hidráulico realizado para la determinación del volumen de escorrentías a generarse cuando se haya finalizado la construcción. Este análisis conllevará a los requerimientos necesarios de almacenaje para el diseño de los dispositivos.

En el caso de la ciudad, conseguir el IHC se vuelve una tarea difícil, debido que se tienen limitantes con respecto al espacio para la construcción de dispositivos de gran tamaño, es por ello que se hace necesario buscar alternativas que se puedan implementar en estas condiciones y generar pequeños dispositivos que pueden hacer una diferencia dentro del área urbana.

Estos pequeños dispositivos pueden ser:

- Canales de agua lluvias de las viviendas con dimensiones mayores y bajantes de diámetro menor.
- La colocación de un depósito al final de la bajada de aguas lluvias, que almacene un cierto volumen de agua y que realice la función de retener.

- Implementación de zanjas de infiltración en zonas verdes como arriates centrales en las vías de circulación
- Implementación de pequeños dispositivos de detención, incorporados en la red de drenaje de agua lluvia existente.

Sobre este último dispositivo, solamente se podrá plantear como dispositivo de detención, puesto que no se le podría dar un re-uso a las aguas almacenadas.

Los procesos previos a la implementación de estos dispositivos que se deberán de realizar, son los siguientes:

- Definición de un área de estudio (distribución urbanística del área).
- Levantamientos de la información del colector existente (niveles de tapadera y de fondo del pozo de visita, diámetros, longitudes y pendiente de las tuberías, así como también la ubicación de las cajas tragantes).
- Definición de parámetros hidrológicos, delimitación de las áreas de recogimientos, usos de suelo.
- Definición de parámetros hidráulicos.
- Definición de evento para el cual estos serán diseñados
- Modelación de dispositivos por medio de algún software

La conceptualización de los pequeños dispositivos no se refiere a drenar el caudal total del parte aguas, en su condición natural, sino que se refiere a retener el mayor volumen de agua posible y que lo evacúe través del total de dispositivos colocados en la red existente, para que en conjunto, generen un impacto en la reducción del caudal pico con el fin de buscar el IHC.

Aplicación

Se realizó la modelación de los pequeños dispositivos de detención en una urbanización existente con las siguientes características, referente a su uso de suelo, ver Cuadro No. 1

Cuadro No. 1. Cuadro de usos de suelo

Usos de suelo	Áreas [ha]	%
Urbana	3.935	75.1
calles	1.305	24.9
Rural	0	0
Total	5.24	100

El alcantarillado pluvial existente dentro de la urbanización, cuenta con un total de 25 pozos de visita, 44 cajas tragantes y una longitud aproximada de 526 m en su colector principal, con 8 sub ramales. Debido a la configuración del alcantarillado se logró colocar un total de 53 dispositivos

Los eventos de lluvia que se modelaron fueron tormentas con duraciones de 2, 7, 12, 24 horas para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, ver Figura No. 2, así como el evento de la depresión tropical 12 E, el cual según el informe del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, fue un evento de 10 días con un acumulado de 1344 mm de agua.

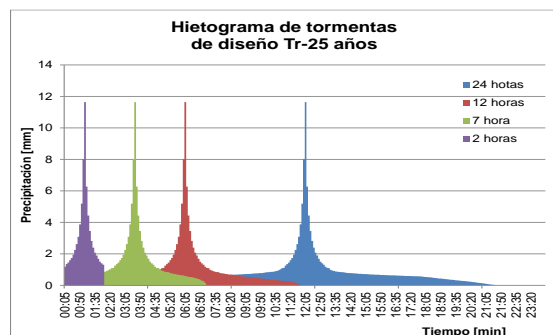


Figura No. 2. Hietograma para Tr-25 años

Apoyándose en el software Storm Water Management SWMM 5.0 se obtienen los hidrograma respuesta del colector, para las dos condiciones: condición final (CF) y condición final mejorada (CFM), obteniéndose los resultados que varían entre 11% al 40% de la reducción del caudal pico de la condición final (CF), ver resultados obtenidos para cada evento de lluvia en Cuadro No. 2

Cuadro No. 2: Cuadro de resultados de modelación en software SWMM 5.0

Tr [años]	Duración [h]	Condición	Q máx [m³/s]	%	Q máx [m³/s]	%	Q máx [m³/s]	%
25	2	CF	0.14	100.00	0.15	100.00	0.06	100.00
		CFM	0.11	78.57	0.13	86.67	0.05	83.33
		CF-CFM	0.03	21.43	0.02	13.33	0.01	16.67
	7	CF	0.19	100.00	0.23	100.00	0.09	100.00
		CFM	0.17	89.47	0.20	86.96	0.06	66.67
		CF-CFM	0.02	10.53	0.03	13.04	0.03	33.33
	12	CF	0.20	100.00	0.25	100.00	0.09	100.00
		CFM	0.18	90.00	0.21	84.00	0.07	77.78
		CF-CFM	0.02	10.00	0.04	16.00	0.02	22.22
	24	CF	0.20	100.00	0.26	100.00	0.10	100.00
		CFM	0.17	85.00	0.23	88.46	0.06	60.00
		CF-CFM	0.03	15.00	0.03	11.54	0.04	40.00
50	2	CF	0.17	100.00	0.18	100.00	0.08	100.00
		CFM	0.14	82.35	0.15	83.33	0.06	75.00
		CF-CFM	0.03	17.65	0.03	16.67	0.02	25.00
	7	CF	0.21	100.00	0.26	100.00	0.10	100.00
		CFM	0.17	80.95	0.20	76.92	0.08	80.00
		CF-CFM	0.04	19.05	0.06	23.08	0.02	20.00
	12	CF	0.21	100.00	0.27	100.00	0.10	100.00
		CFM	0.18	85.71	0.22	81.48	0.07	70.00
		CF-CFM	0.03	14.29	0.05	18.52	0.03	30.00
	24	CF	0.21	100.00	0.28	100.00	0.11	100.00
		CFM	0.18	85.71	0.24	85.71	0.09	81.82
		CF-CFM	0.03	14.29	0.04	14.29	0.02	18.18
100	2	CF	0.20	100.00	0.22	100.00	0.09	100.00
		CFM	0.17	85.00	0.17	77.27	0.06	66.67
		CF-CFM	0.03	15.00	0.05	22.73	0.03	33.33
	7	CF	0.23	100.00	0.30	100.00	0.11	100.00
		CFM	0.19	82.61	0.23	76.67	0.08	72.73
		CF-CFM	0.04	17.39	0.07	23.33	0.03	27.27
	12	CF	0.24	100.00	0.31	100.00	0.12	100.00
		CFM	0.20	83.33	0.25	80.65	0.09	75.00
		CF-CFM	0.04	16.67	0.06	19.35	0.03	25.00
	24	CF	0.24	100.00	0.31	100.00	0.12	100.00
		CFM	0.23	95.83	0.26	83.87	0.08	66.67
		CF-CFM	0.01	4.17	0.05	16.13	0.04	33.33
200	2	CF	0.23	100.00	0.27	100.00	0.11	100.00
		CFM	0.18	78.26	0.21	77.78	0.07	63.64
		CF-CFM	0.05	21.74	0.06	22.22	0.04	36.36
	7	CF	0.27	100.00	0.34	100.00	0.14	100.00
		CFM	0.23	85.19	0.29	85.29	0.11	78.57
		CF-CFM	0.04	14.81	0.05	14.71	0.03	21.43
	12	CF	0.27	100.00	0.36	100.00	0.14	100.00
		CFM	0.23	85.19	0.30	83.33	0.11	78.57
		CF-CFM	0.04	14.81	0.06	16.67	0.03	21.43
	24	CF	0.31	100.00	0.41	100.00	0.17	100.00
		CFM	0.25	80.65	0.35	85.37	0.12	70.59
		CF-CFM	0.06	19.35	0.06	14.63	0.05	29.41
12E	240	CF	0.56	100.00	0.72	100.00	0.27	100.00
		CFM	0.48	85.71	0.66	91.67	0.24	88.89
		CF-CFM	0.08	14.29	0.06	8.33	0.03	11.11

Conclusiones

Los impactos generados dentro de los colectores son considerables, si se medita, que solo se está trabajando con dispositivos que en volumen neto tienen 0.97 m³ y que al colocarlos dentro de la red se tiene disminuciones del caudal pico en un 40 % con

un volumen de almacenamiento de 51.41 m³ distribuidos en la red.

Recomendaciones

La ubicación de los pequeños dispositivos de regulación hidráulica será entre una caja tragante y flujo de la escorrentía con la finalidad de que capture antes estas para que entre en funcionamiento, en el caso que se tenga confluencia de dos escorrentías hacia una caja tragante se podrán colocar dos dispositivos.

Se deberá de considerar que estos dispositivos no se podrán colocar en zonas que se observe que presentan un alto arrastre de material ya que obstruirían la rejilla de entrada al dispositivo y disminuiría su capacidad de funcionamiento.

Referencias

Chow, V. T.; Maidment, D.R. y Mays, L. W. [1994]. Hidrología Aplicada, traducción de la 1^o edición en inglés, McGRAW – HILL, Bogotá, Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Informe preliminar "Evaluación de daños y

pérdidas en El Salvador ocasionados por la depresión tropical 12E, octubre 2011.

Real Academia Española, 2001. Diccionario de la lengua española. Madrid:

Menjivar. E & Mundo O., 2008. Impacto hidrológico cero, comportamiento de los dispositivos y metodología de selección, San Salvador, El Salvador.

Grupo del Banco Mundial, 2014. Población Total. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.OP.TOTL>

Información del autor:

Nombre: **Erick Vicente Menjivar**

Master en Recursos Hidráulicos opción Hidrología

erickvmenjivar@gmail.com

Graduado de Ingeniería Civil en la Universidad Centroamérica José Simeón Cañas (UCA).

Trabaja en el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU) de El Salvador