

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción

Evaluación del Sistema de Alcantarillado Pluvial del Cuadrante Urbano del Distrito de Colón, Cantón Mora, Mediante la Utilización de Paquetes Computacionales.

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Orlando Cubillo Arce

Cartago, Abril 2015.

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Jorge Alberto Calvo Gutiérrez, Ing. José Andrés Araya Obando, Ing. Maikel Méndez Morales, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.


Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director


Ing. Jorge Alberto Calvo Gutiérrez.
Profesor Guía


Ing. José Andrés Araya Obando.
Profesor Lector


Ing. Maikel Méndez Morales.
Profesor Observador

Evaluación del Sistema de Alcantarillado Pluvial del Cuadrante Urbano del Distrito de Colón, Cantón Mora, mediante la utilización de paquetes computacionales.



Abstract

This project involves the evaluation of the current system of storm sewer of the quadrant urban district of Colón, Mora's district; which it was necessary to conduct a survey of the present conditions of the place, also study existing conditions in the sewer system, and secondly, to obtain the equation of rainfall intensity on the site using data from the Costa Rican Institute of Electricity.

The main objective of this project was to evaluate the storm sewer system for the purpose of estimating conditions of operation of the storm drains. This project was achieved by the use of computational tools to simulate the conditions of sewage. Moreover, the analytical method was used and the necessary materials for the project were the computations packages like HidroEsta2 and Swmm 5v, as well as, daily precipitation data and contour maps from geographic information system.

The main results of the work are: the equation of the rainfall of the southwest sector of the metropolitan area, evaluating of the storm drains to the city of canton and proposed storm sewer system that meets the technical guidelines by Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers.

The main conclusion is that the current stormwater network has insufficient diameter pipes for flow racking, moreover, the slope that has the current storm system allows to generate max speeds above 5 m / s causing erosion in the body of the pipe and drag material

Keywords: Storm sewer, rainfall intensity, software and design flow.

Resumen

El presente proyecto de evaluación se desarrolló con el objetivo de evaluar la red actual de alcantarillado pluvial del cuadrante urbano del distrito de Colón, cantón de Mora; para lo cual fue necesario realizar un levantamiento topográfico de los elementos existentes que conforman la red de alcantarillado, así como, obtener la ecuación de intensidad de lluvia en el sitio a partir de los datos del Instituto Costarricense de Electricidad.

El objetivo principal de este proyecto consistió en evaluar el sistema de alcantarillado pluvial con el fin de estimar las condiciones de operación de la red pluvial. Dicha evaluación se logró mediante la utilización de herramientas computacionales que permiten simular las condiciones del alcantarillado pluvial en sitio. Por otro lado, se utilizó el método analítico y los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto fueron los paquetes computacionales, HidroEsta2 y Swmm 5v, además, datos de precipitación diaria y mapas de curvas de nivel del sitio obtenidas a partir de los Sistema de Información Geográfica.

Los principales resultados que se obtuvieron se resumen en: la ecuación de la intensidad de lluvia del sector suroeste de la zona metropolitana, la evaluación de la red pluvial para la ciudad del cantón y una propuesta de red pluvial que cumpla con los lineamiento técnicos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

La principal conclusión de este proyecto es que con base a la evaluación derivada de los resultados dados por la modelación realizada en el programa SWMM 5v, la red de alcantarillado pluvial actual presenta diámetros de tubería insuficientes para el caudal real de trasiego, además, se concluye que las pendientes con las que cuenta la red permiten generar velocidades máximas superiores a 5 m/s provocando erosión en el cuerpo de la tubería y arrastre de material.

Palabras claves: Alcantarillado pluvial, intensidad de lluvia, software y caudal de diseño.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL CUADRANTE URBANO DEL DISTRITO DE COLÓN, CANTÓN MORA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE PAQUETES COMPUTACIONALES.

ORLANDO CUBILLO ARCE

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2014

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen Ejecutivo.....	2
Introducción.....	4
Metodología	7
Resultados	13
Modelación de la red de alcantarillado pluvial en SWMM.....	17
Propuesta alterna de la red de alcantarillado pluvial	20
Análisis de resultados	25
Conclusiones	27
Recomendaciones	28
Apéndices.....	29
Anexo	30
Referencias	44

Prefacio

Los paquetes computacionales son herramientas utilizadas con mayor frecuencia en el campo de la ingeniería con el fin de modelar las condiciones de sitio y analizar el comportamiento de los elementos en los escenarios reales a los que está expuesto. Es importante recalcar que la modelación matemática en cualquier de los campos de la ingeniería no es tarea sencilla, consecuentemente es necesario la utilización de aplicaciones computacionales para realizarlas con precisión y de manera rápida (Jiménez García, 2005).

En todo proyecto de alcantarillado pluvial de una zona es necesario realizar un diseño de diámetros de tuberías con la respectiva ubicación de cada elemento que pertenece a la red pluvial y la utilización de paquetes computacionales que sirva para la modelación del proyecto de alcantarillado pluvial en estudio, de forma tal que, se analice la eficiencia y se tomen decisiones de mejoramiento. Es así como tanto en un nuevo diseño de alcantarillado pluvial como en la evaluación de uno ya existente no existen diferencias sustanciales en el procedimiento de análisis. (Jiménez García, 2005)

En la actualidad cada vez son más los problemas por mala gestión de aguas pluviales en los cuadrantes urbanos de los diferentes gobiernos locales y el caso del gobierno local de Mora no es la excepción, debido al creciente desarrollo urbano y comercial que experimentó, producto de esto se restó de cobertura vegetal que provocó una disminución en el área de drenaje del cantón, aunado al incumplimiento de requisitos técnicos del sistema de alcantarillado. Ante este escenario surgió la necesidad del gobierno local de Mora de una valoración de la red de alcantarillado pluvial, para lo cual, se requirió de realizar un modelado dado las condiciones de sitio del sistema pluvial mediante el software SWMM 5v y posteriormente se realizó una propuesta nueva de alcantarillado pluvial.

Hay que destacar que para la realización de la evaluación existe una serie de limitaciones en la calibración y validación del modelo realizado,

dado que no se efectuaron estos procesos. La calibración de un modelo se alcanza mediante la optimización de los parámetros envueltos en su estructura matemática, comparando cualitativa y cuantitativamente la respuesta del modelo con una serie de mediciones de campo u observaciones. (Méndez Morales, 2012)

De modo que este trabajo intenta ser la etapa inicial del mejoramiento del sistema de alcantarillado pluvial en el cuadrante urbano del cantón de Mora, para lo cual, se debió realizar la valoración de la red pluvial existente y proponer mejoras al sistema de alcantarillado pluvial que cumpla con las condiciones actuales y los requisitos técnicos de diseño. Sin embargo en el proceso de levantamiento de las condiciones de la red pluvial el autor del presente trabajo observó que existen servidumbres pluviales a las cuales existe una invasión de las residencias familiares a la servidumbre que impide la futura intervención de la red pluvial en esos puntos, obligando al autor a seleccionar otras posibles rutas de tubería pluvial en el estudio.

Para terminar quiero agradecer primero a Dios por haberme permitido llegar hasta el final y concluir esta etapa de mi vida, a mis padres por todo el apoyo que me brindaron y de los cuales tengo grandes aprendizajes, al profesor guía, Ing. Jorge Calvo, por su invaluable ayuda y guía en todas las etapas del desarrollo del proyecto, a la Municipalidad de Mora que me brindó la oportunidad, al Instituto Costarricense de Electricidad e Instituto Meteorológico Nacional por todos los datos aportados.

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo es el resultado de una sucesión de estudios efectuados en las áreas de la hidráulica e hidrológica aplicados en la zona del cantón de Mora y pretende representar un aporte de mejoramiento de la red de alcantarillado pluvial para mitigar los problemas que son causado por el mal funcionamiento de la misma.

Cabe resaltar la importancia que significa este trabajo tanto para el gobierno local del cantón de Mora como para la escuela de Ingeniería en Construcción es principalmente una recopilación de información referente al área de hidrología aplicada a la zona que sirven de base para futuros trabajos, así como la presentación de la ecuación de intensidad máxima de lluvia para el cantón. Por otra parte la evaluación de red de alcantarillado pluvial, con las limitaciones anteriormente mencionadas, buscó presentar una propuesta de alcantarillado que mitigue los problemas por el mal funcionamiento del actual sistema de alcantarillado pluvial.

El proyecto posee en la sección de resultados tres secciones que se presentan a continuación:

- Ecuación de la intensidad de lluvia para el cantón de Mora.
- Modelación de la red de alcantarillado pluvial existente con el software SWMM 5v.
- Propuesta de mejoramiento que la red.

En la primera sección se presenta los cálculos relacionados a la obtención de la ecuación de intensidad máxima de lluvia para el cantón de Mora mediante el uso del programa computacional HidroEsta 2, en su herramienta cálculo de caudales con el criterio de Grobe, conocido como el modelo Dyck y Peschke. Dicha herramienta utiliza como datos de entrada la precipitación diaria para obtener como salida la siguiente ecuación de intensidad máxima es la obtenida:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{569,5524xT^{0,4064}}{D^{0,75}} \quad Ec (1)$$

Donde:

$I_{m\acute{a}x}$ = intensidad máxima de precipitación, en mm/hr.

T = periodo de retorno, en años.

D = tiempo de concentración de la precipitación, en minutos.

La segunda sección corresponde a los resultados obtenidos de la modelación de la red pluvial por medio de la utilización del programa SWMM 5v. Para la creación del modelo se conceptualizó los elementos reales en elementos del programa, no obstante, el modelo presenta carencias en la calibración y validación del mismo. Asimismo en el modelo se consideró un coeficiente de Manning de 0,013 para conductos en concreto y geometría circular, coeficiente ponderado de escorrentía de 0,74 y para la variabilidad temporal se utilizó un formato de lluvia de tipo intensidad para un periodo de retorno de 10 años y tiempos de concentración de 20, 30, 60, 120, 180 y 240 minutos.

En la tercera sección se presentan los resultados de diseño de una propuesta de red pluvial para el cuadrante urbano del cantón de Mora. Esta sección incluye los cálculos referentes al caudal de diseño, velocidades y fuerza tractiva. Para el diseño de la propuesta se consideró un periodo de retorno de 25 años, de igual forma al modelo se tomó en cuenta un coeficiente ponderado de escorrentía de 0,74 y el coeficiente de Manning de 0,013.

Este proyecto tiene cuatro principales conclusiones, de modo que la primera es que las respuestas obtenidas de la modelación indican que el sistema de alcantarillado pluvial presenta un mal funcionamiento por diámetros insuficiente en

la totalidad de sus líneas de conducción para las condiciones a las cuales está expuesto.

La segunda conclusión es que debido a las limitaciones presentes en el modelo, en el tema de calibración y validación del mismo, para su utilización, la Unidad Técnica de la Municipalidad de Mora debe reforzar el modelo de la red de alcantarillado pluvial para garantizar que las respuestas emitidas sean conforme a la realidad a la que está expuesta al red de alcantarillado.

La tercera conclusión es referente a las velocidades con las que se desarrolla el flujo, siendo éstas superiores a la velocidad permisible de 5 m/s y alcanzando magnitudes de 10 m/s debido a las pendientes con la que cuenta cada una de las líneas de conducción que pertenecen a la red pluvial provocando erosión en el cuerpo de la tubería.

Finalmente, la cuarta conclusión es que debido al incumplimiento de la reglamentación técnica vigente a nivel de toda la red pluvial del cuadrante urbano del cantón de Mora, específicamente en la ubicación de las líneas de conducción, se genera limitaciones para futuras intervenciones por la existencia de construcciones dentro de la servidumbre pluvial, por lo cual, no permite que las propuestas de mejoramiento se puedan aplicar, ya que se genera altos costos y problemas legales con los propietarios.

Introducción

Costa Rica en las últimas décadas ha experimentado un crecimiento acelerado de desarrollo residencial, industrial y comercial, crecimiento que no ha sido planificado de la mejor manera, y que de alguna forma se modifica el entorno natural, que en consecuencia se presenta una serie de problema que afectan a los habitantes. (Rosales Maroto, Retana Guido, Chavarría Carrillo, & Morúa Sánchez, 2010)

Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica y la capacidad de filtración suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe.

El cantón de Mora no ha sido ajenos a esta realidad, por su condición de ubicación cercana al Gran Área Metropolitana, y especialmente su casco central, llamado Ciudad Colón, en donde existen una gran preocupación por parte del gobierno local por mejorar la planificación para resolver todos los problemas que se atañen con este gran problema urbano.

El crecimiento de la ciudad exige notables inversiones en infraestructura, es así como, uno de los problemas de mayor interés en el cantón es el mal funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial que genera constantes desbordamientos del agua pluvial en el casco central del cantón, desbordamientos que causan aguas estancadas con la agravante de malos olores, proliferación de mosquitos transmisores enfermedades, así como quejas de la comunidad por el deterioro de las viviendas. Sin embargo el gobierno local ha hecho hincapié por resolver este problema para lo cual busca alternativas de mejoramiento del sistema pluvial.

Actualmente el sistema de recolección de aguas pluviales se encuentra obsoleto debido a que su condición no satisface las necesidades de evacuación, ya que los diámetros de tubería y las pendientes que conforman la red de alcantarillado pluvial no son las normadas, aunado a que se encuentran sin elementos, como son los caños, que ayuden al encause del agua por

escurrimiento. Además los pozos colectores tienen función de tragante debido al faltante de los mismos, como se observa en la figura 1.



Figura 1. Condiciones actuales de los pozos colectores en sitio.

Hoy en día, la utilización de paquetes computacionales para la creación de modelos que simulen el comportamiento de las redes de alcantarillado pluviales son cada vez aplicados con mayor frecuencia, de manera que los modelos demandan la definición de información hidráulica e hidrológica para poder producir una respuesta de la red con relación a una tendencia de precipitación de la zona de estudio. Dentro de la información hidráulica e hidrológica anteriormente mencionada se encuentra la intensidad de lluvia, propiedades mecánicas tales como como diámetros de tubería y profundidad de la corona, nivel de desplante de la tubería y ubicación de los elementos del mismo; así como la caracterización del uso de suelo de la zona en análisis. Existen diferentes modelos que varían en su nivel de complejidad, para este proyecto nos enfocaremos en un modelo de flujo gradualmente variado, el cual representa un modelo de cambio en el caudal con la distancia en la conducción. De manera que en una ecuación de energía de tramo de longitud, Δx , en donde se igualan las alturas totales de la sección 1 y 2, como se muestra en la figura 1, se puede expresar de la siguiente manera:

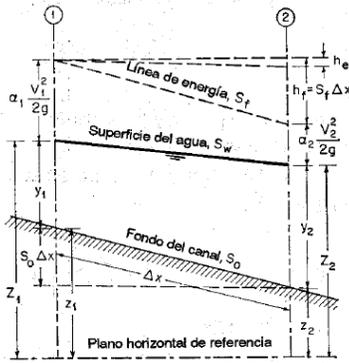


Figura 2. Deducción del flujo gradualmente variado en un tramo del canal. Tomado del Ven Te Chow. Hidráulica de canales abiertos.

Nótese que:

$$S_0 \Delta x + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + S_f \Delta x \quad Ec(2)$$

Al resolver para Δx se obtiene lo siguiente:

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f} = \frac{\Delta E}{S_0 - S_f} \quad Ec(3)$$

Donde E es la energía específica o al suponer $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, para lo cual,

$$E = y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad Ec(4)$$

En las ecuaciones anteriores, y representa la profundidad de flujo, V es la velocidad media, α es el coeficiente de fricción, S_0 es la pendiente de fondo y S_f es la pendiente de fricción. Cuando se utiliza la ecuación de Manning la pendiente de fricción se expresa de la siguiente manera:

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \quad Ec(5)$$

Es importante indicar que para la utilización de este método es necesario calcular primero la profundidad crítica que determina el factor Y/D inicial en la entrada del tubo en un tramo del alcantarillado.

En contraste con el modelo de simulación de la red de alcantarillado pluvial y la información hidrológica que requiere es necesario el estudio de las precipitaciones para conocer la distribución temporal, de manera que es motivo de interés para

permitir la alimentación de modelos precipitación-escorrentía que permitan mejorar la información disponible, para un adecuado diseño y dimensionamiento de los sistemas de alcantarillado pluvial. (Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental, 1992) Es así como en Costa Rica se desarrolló un estudio que logró establecer una relación directamente proporcional de la intensidad de un evento con la duración del mismo, así como el período de retorno. Dicha información está representada en curvas IDR y se pueden ajustar a ecuaciones que describe el comportamiento de las intensidades de lluvia de las principales ciudades de Costa Rica. (Vahrson y Alfaro, 1995) Dichas ecuaciones se representan de la siguiente forma:

$$i = \frac{a}{(a + D)^n} \quad Ec(6)$$

$$i = a + b(\ln D) + (\ln D)^2 + d(\ln D)^3 \quad Ec(7)$$

Donde:

I = intensidad de lluvia, en mm/hr
D = tiempo de concentración, en minutos
a, b, c, d, n = coeficientes que depende del lugar de aplicación

En consecuencia a lo anterior, es importante indicar que el presente trabajo consiste en un estudio que sirva de precedente para otras futuras investigaciones dada las posibilidades de la extensión de la misma; en tanto que se busca estimar las condiciones de operación de la red.

El área de estudio de la cual se desarrolló la investigación, es la hidráulica y la hidrológica. En el caso de la hidrología significó todo un reto en lo que se refiere a la búsqueda, interpretación y análisis de la información, debido al acceso de la información, así como que no cuenta con un curso completo en la carrera de Ingeniería en Construcción.

El objetivo principal de esta investigación es realizar una evaluación del sistema de alcantarillado pluvial del casco central del distrito de Colón, cantón de Mora, mediante el uso de herramientas computacionales para modelar la respuesta del sistema ante un evento meteorológico y estimar las condiciones de operación de la red pluvial.

Es importante resaltar que los resultados presentados en este trabajo muestran los gráficos de intensidad-duración para periodos de retorno 0,25, 0,5, 2, 5 y 10 años de la zona a partir de un análisis de los datos meteorológicos brindados. Asimismo, el modelo que representa al sistema de alcantarillado pluvial el cual permite simular las condiciones actuales. Por otra parte, una alternativa de diseño del sistema pluvial que cumpla con los lineamientos técnicos vigentes; en consecuencia a la imposibilidad de intervención para mejoramientos de la red por la invasión residencial a la servidumbre pluvial. Es importante indicar que el modelo presenta limitaciones en términos de calibración y validación, dado que no se realizaron estos procesos en la práctica.

Metodología

Este trabajo se divide en tres pilares principalmente, en los cuales la primera parte del proyecto corresponde al desarrollo de la utilización del paquete computación llamado Hidroesta 2 con el cual se estimó las curvas IDR, a partir de la precipitación máxima diaria, usando el criterio de Dick y Peschke, al mismo tiempo se obtuvo la ecuación general de la intensidad máxima de lluvia en la zona de estudio.

La segunda parte representa la modelación de la red de alcantarillado pluvial en la herramienta computacional SWMM 5v para la simulación hidráulica de la red de alcantarillado pluvial del cuadrante urbano del cantón de Mora.

La tercera parte consiste en una propuesta de diseño del sistema pluvial que cumpla con los lineamientos técnicos vigentes con el fin de dar respuesta a la problemática existente en el cuadrante urbano del cantón de Mora.

Con conforme a lo que se programó en el plan de trabajo, la primer parte consistió en la búsqueda y recolección de información bibliográfica, así como la recolección de un registro histórico de la precipitación máxima diaria de la estación meteorológica ubicada en el cerro Chitaría del Instituto Costarricense de Electricidad y el Instituto Meteorológico Nacional por un periodo de 9 años, con su acrónimo I.C.E y siglas I.M.N respectivamente. Dichos registro histórico fue necesario para la construcción de las curvas IDR y la obtención de la ecuación de intensidad máxima de lluvia, de manera que constituyen los datos de entrada del programa Hidroesta 2, herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos. (Villón Bejar, Hidroesta 2. Cálculos hidrológicos, 2012)

Para la construcción de curvas intensidad-duración-periodo en la zona de estudios se utilizó el modelo de discretización de Grobe, conocido como el modelo de Dyck y Peschke presente en programa el HidroEsta 2.

El modelo de Dyck y Peschke propone que las lluvias de corta duración, P_D , es función de la precipitación de 24 horas, en otras palabras este criterio es aplicable a precipitaciones máximas de 24 horas, de acuerdo con la ecuación empírica que se muestra a continuación:

$$P_D = P_{24h} x \left(\frac{D}{1440} \right)^{0,25} \quad Ec(8)$$

P_D = precipitación máxima de duración D , en mm

P_{24h} = precipitación máxima de 24 horas, en mm

D = duración de la precipitación, en horas

Ante todo se debe tener presente la ecuación general de las curvas IDR que se presenta a continuación:

$$I_{max} = \frac{K x T^a}{D^b} \quad Ec(9)$$

Donde:

I_{max} = intensidad máxima de lluvia, en mm/hr

T = periodo de retorno, en años

D = duración, en minutos

Posteriormente a recopilar datos de precipitación máxima de 24 horas, se debe descomponer la precipitación de 24 horas en diferentes duraciones según criterio de discretización de Dyck y Peschke. Una vez realizada la descomposición se deben transformar las precipitaciones máximas en intensidades, es decir se deben pasar de unidades de mm a mm/hr. Para poder realizar esta transformación se debe efectuar mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{60 x P_D}{D} \quad Ec(10)$$

Consecutivamente se ordena la intensidad máxima y calcular los periodos de retorno con la ecuación de Weibull mostrada a continuación:

$$T = \frac{n + 1}{m} \quad Ec(11)$$

Donde:

T = periodo de retorno, en años
n = número de años
m = número de orden

Con lo que se reordenan los datos de intensidad máxima, período de retorno y duración o tiempo de concentración con el fin de facilitar la correlación múltiple. Seguidamente se calculan los parámetros K, a y b de la correlación potencial mediante los siguientes cambios de variables:

$$\begin{aligned} Y &= \log(I_{max}) & a_0 &= \log K \\ a_1 &= a & x_1 &= \log(T) \\ a_2 &= b & x_2 &= \log(D) \end{aligned}$$

De manera que aplicando logaritmos a la ecuación general de la intensidad máxima, esta resulta de la siguiente forma:

$$\log(I_{max}) = \log(K) + a \log(T) + b \log(D) \quad Ec(12)$$

De manera que se obtiene una ecuación múltiple con dos variables independientes equivalente:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad Ec(13)$$

Donde:

a_0, a_1 y a_2 = parámetros a estimar

Para la estimación de los parámetros es necesario aplicar el método de mínimos cuadrados en una regresión lineal múltiple, de manera que se obtienen las siguientes ecuaciones normales:

$$\begin{aligned} \sum y &= \log \sum (I_{max}) \\ \sum x_1 &= \sum \log(T) \\ \sum x_2 &= \sum \log(D) \\ \sum x_1 y &= \sum \log(T) \times \log(I_{max}) \\ - \\ - \\ \sum x_2^2 &= \sum \log((D))^2 \end{aligned}$$

Obtenemos como resultado un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas que resolviendo se encuentran los valores de los parámetros a_0, a_1 y a_2 , y consecuentemente se hayan los valores de K, a y b de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} K &= 10^{a_0} \\ a &= a_1 \\ b &= a_2 \end{aligned}$$

Es así como mediante la utilización de un software como el HidroEsta2 se logró obtener las curvas intensidad y duración para los periodos de retorno de 0,25, 0,5, 2, 5, 10, 20 años y la ecuación general de la intensidad máxima de lluvia para la zona.

La segunda parte del proyecto de evaluación consistió en la obtención de un plano de curvas de nivel y la delimitación del área de drenaje de la subcuenca mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (ArcGis) y sus herramientas de redes irregulares de triángulos (TIN). Las TIN son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos), de tal manera, que representan la morfología de la superficie de la zona de estudio. Es importante indicar que ArcGis admite el método de triangulación de Delaunay, el cual garantiza que ningún vértice esté en el interior de los círculos circunscritos de los triángulos de la red. (ESRI, 2012)

Seguidamente, y ya con el mapa de elevación establecido, se procedió a realizar un levantamiento de la ubicación de cada elemento que conforma la red pluvial, para lo cual se utilizó un GPS de la serie GPSmap 60 CSx, de la marca Garmin. También se levantó los diámetros de tuberías y el alineamiento vertical de cada elemento de la red. Una vez que se contó con el área drenaje obtenida a partir de la información conseguida del ArcGis se procedió al cálculo de caudal de evaluación mediante el método racional, y para lo cual fue necesario realizar un coeficiente de escurrimiento ponderado. Para el coeficiente de escurrimiento ponderado fue necesario utilizar los siguientes valores de coeficientes de escurrimiento: 0,95, para techos de las edificaciones, 0,90, para superficies de rodamiento y 0,20, para zonas verdes.

Con los datos de caudal obtenidos en el estudio hidrológico y la información topográfica, se procedió a determinar la capacidad hidráulica de la red pluvial, utilizando un modelo de simulación en el programa SWMM 5v con un periodo de retorno de 10 años. El programa SWMM realiza la simulación hidrodinámica del flujo resolviendo las ecuaciones de Saint Venant, es decir la ecuación de conservación de la masa y la ecuación de momentum, para redes de tubos que trabajan a superficie libre mediante una solución numérica iterativa por medio de diferencias finitas. Las ecuaciones de flujo general que se obtienen al aplicar los principios de conservación de masa y momentum son diferenciales parciales, para su integración, se requiere linealizarlas para intervalos cortos de tiempo y resolver para cada intervalo el sistema de ecuaciones generado. De esta manera, se obtiene la variación en el tiempo de tirantes, velocidades y caudales en todos los tubos de la red que se analiza a partir de valores iniciales de estos parámetros. (Ríos Cruz & Cruz Gerón , 2012)

Es importante indicar que el modelo en el cual se realizó el análisis es flujo permanente gradualmente variado, es decir, tirante y velocidad constante en el tiempo, pero variable de una sección a otra y considerando un caudal constante en la entrada, ya que obtener el hidrograma correspondiente al área tributaria que drena el colector presenta una gran incertidumbre debido fundamentalmente a la dificultad en determinar la distribución espacio temporal de la lluvia de evaluación y al caudal de escurrimiento, por tanto, no se justifica la complejidad de un cálculo en régimen no permanente y por tanto parece lógico realizar el cálculo suponiendo movimiento permanente gradualmente variado. (Gómez, 2007)

Previamente a la modelación se requirió conocer los datos de entrada al modelo, cotas de los colectores y terreno, además de las condiciones de frontera y gasto de entrada en los nodos. En la figura 2 se presenta el armado del modelo, el cual consta de 67 nodos y 66 tramos, divididos en cuatro colectores.

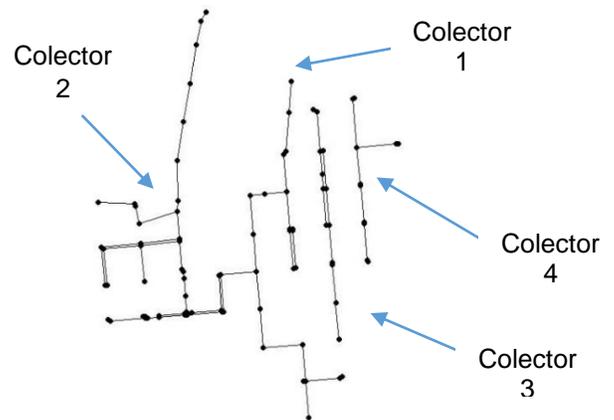


Figura 3. Armado del modelo de simulación.

En los siguientes cuadros se representan los datos correspondientes a los nodos y tramos del modelo.

CUADRO 1. DATOS DE ENTRADA DEL SWMM DEL COLECTOR 1.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del Terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Máxima Profundidad (m)	Diametro (m)	Longitud (m)	Caudal (m ³ /s)
CRP-1	CRP-2	800,87	800,17	0,70	50,00	94,76	1,82
CRP-2	CRP-3	794,73	794,03	0,70	50,00	93,36	2,62
CRP-3	CRP-4	788,80	787,40	1,40	50,00	100,79	3,14
CRP-4	CRP-5	788,92	786,54	2,38	50,00	98,75	4,27
CRP-5	CRP-6	787,10	785,57	1,53	50,00	96,15	4,55
CRP-6	CRP-7	783,68	782,28	1,40	50,00	5,00	5,06
CRP-7	CRP-8	783,51	782,11	1,40	90,00	91,26	5,16
CRP-8	CRP-9	781,99	779,52	2,47	120,00	98,10	5,38
CRP-9	CRP-10	780,06	778,56	1,50	120,00	37,19	5,53
CRP-10	CRP-11	778,84	777,34	1,50	120,00	56,90	5,57
CRP-11	CRP-12	776,78	775,28	1,50	70,00	96,45	7,48
CRP-12	CRP-13	773,11	772,01	1,10	70,00	8,19	8,43
CRP-13	CRP-14	772,78	770,88	1,90	150,00	100,83	8,47
CRP-14	CABEZAL	770,17	768,27	1,90	50,00	92,94	8,47

CUADRO 2. DATOS DE ENTRADA DEL SWMM DEL COLECTOR 2.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del Terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Máxima Profundidad (m)	Díametro (m)	Longitud (m)	Caudal (m3/s)
CRP-15	CRP-16	795,34	794,84	0,50	50,00	7,33	0,28
CRP-16	CRP-18	795,75	794,77	0,98	50,00	90,25	0,28
CRP-18	CRP-19	796,26	794,35	1,91	50,00	5,50	0,54
CRP-19	CRP-20	796,32	794,27	2,05	50,00	29,05	0,55
CRP-20	CRP-23	796,32	794,01	2,31	50,00	66,20	0,55
CRP-23	CRP-24	795,22	793,35	1,87	50,00	9,82	0,81
CRP-24	CRP-25	794,62	793,25	1,37	90,00	41,02	0,83
CRP-25	CRP-26	792,14	790,78	1,36	90,00	44,26	0,83
CRP-26	CRP-27	789,49	788,12	1,37	90,00	17,50	0,84
CRP-27	CRP-28	788,38	787,01	1,37	90,00	8,00	0,84
CRP-28	CRP-29	788,10	786,73	1,37	90,00	71,16	0,84
CRP-29	CRP-30	783,95	782,58	1,37	90,00	4,84	2,13
CRP-30	CRP-31	783,71	782,34	1,37	90,00	70,31	2,14
CRP-31	CRP-32	779,17	777,80	1,37	90,00	28,22	2,70
CRP-32	CRP-33	777,40	776,03	1,37	90,00	102,41	3,47
CRP-33	CRP-34	775,49	774,12	1,37	90,00	100,00	4,19
CRP-34	CRP-35	772,56	771,19	1,37	90,00	100,00	4,20
CRP-35	CRP-36	769,33	767,96	1,37	90,00	100,00	4,20
CRP-36	CRP-37	769,03	767,07	1,96	90,00	61,90	4,20
CRP-37	CABEZAL	768,70	766,55	2,15	90,00	26,67	4,20

CUADRO 3. DATOS DE ENTRADA DEL SWMM DEL COLECTOR 3.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del Terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Máxima Profundidad (m)	Díametro (m)	Longitud (m)	Caudal (m3/s)
CRP-38	CRP-39	797,14	796,14	1,00	70,00	94,45	0,45
CRP-39	CRP-40	790,84	789,84	1,00	70,00	93,58	0,83
CRP-40	CRP-41	788,39	784,50	3,89	70,00	97,59	1,19
CRP-41	CRP-42	785,42	783,31	2,11	70,00	4,46	1,96
CRP-42	CRP-43	785,35	783,24	2,11	70,00	95,42	2,64
CRP-43	CRP-45	782,25	781,20	1,05	70,00	93,78	3,11
CRP-45	CRP-47	775,20	774,12	1,08	70,00	96,36	3,11
CRP-47	CRP-48	769,15	767,65	1,50	70,00	6,63	3,56
CRP-48	CRP-49	769,30	767,66	1,64	70,00	99,81	4,15
CRP-49	CABEZAL	767,18	765,68	1,50	70,00	11,98	4,15

CUADRO 4. DATOS DE ENTRADA DEL SWMM DEL COLECTOR 4.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del Terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Máxima Profundidad (m)	Díametro (m)	Longitud (m)	Caudal (m3/s)
CRP-50	CRP-51	788,26	787,26	1,00	70,00	2,87	2,65
CRP-51	CRP-52	788,13	787,13	1,00	70,00	3,27	2,65
CRP-52	CRP-54	784,11	783,11	1,00	70,00	6,22	3,12
CRP-54	CRP-55	783,83	782,83	1,00	70,00	7,55	3,15
CRP-55	CRP-56	777,10	775,80	1,30	70,00	5,80	3,60
CRP-56	CRP-58	776,84	775,54	1,30	70,00	4,15	3,62
CRP-58	CRP-59	772,95	771,65	1,30	70,00	1,58	4,13
CRP-59	CABEZAL	770,99	769,69	1,30	70,00	13,45	4,13

La forma de ingresar los datos al modelo se muestran en la figura 3 (propiedades de los nodos), figura 4 (propiedades de los tramos) y figura 5 (serie temporal)

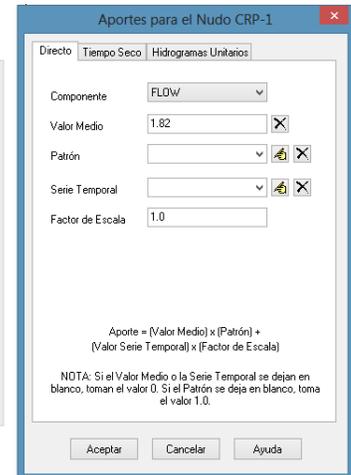


Figura 4. Entrada de datos en los nodos.

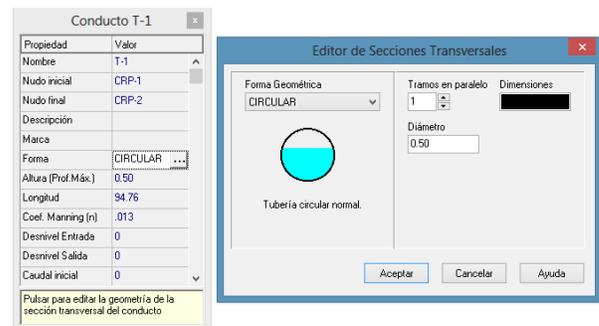


Figura 5. Entrada de datos en los nodos.

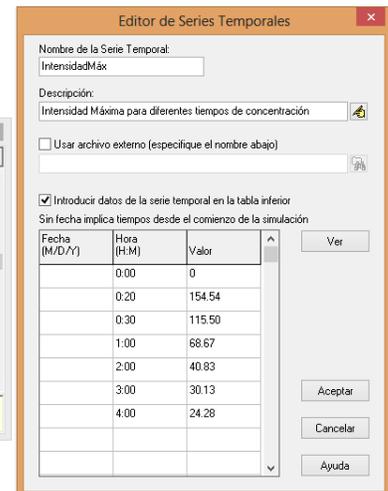


Figura 6. Entrada de datos de intensidad máxima para diferentes tiempos de concentración.

Los datos que se obtuvieron de la presente investigación y que se obtuvieron de la simulación se presentan en el apartado de resultados del presente trabajo, no obstante, es importante resaltar que en el modelo de simulación se utilizó un coeficiente de Manning con un valor de 0,013, correspondiente a tuberías en concreto. Asimismo, es importante indicar que el modelo de simulación de la red tiene limitaciones en cuanto a su calibración y validación del mismo ya que no se efectuaron.

En lo que corresponde a la tercera parte del proyecto de evaluación se logró plantear un diseño alternativo de alcantarillado pluvial que cumpla con la reglamentación técnica impuesta por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA) y siguiendo la normas de diseño hidráulico de canales abiertos, partiendo del hecho que la red pluvial existente no puede ser intervenida en el futuro debido a que la ciudad se desarrolló por encima de la misma. Es pertinente indicar que la alternativa planteada conlleva un escenario de crecimiento con una cobertura máxima de 85% dedicada a zona público institucional del cuadrante urbano del cantón de Mora, no obstante, el restante 15% es dedicado a zonas verdes. (Municipalidad de Mora, 2001) Por otra parte, en el diseño se utilizó un periodo de retorno de 25 años para efectos de evaluar la máxima intensidad de lluvia de los últimos 25 años.

El diseño alternativo propuso ubicar los pozos colectores a una distancia máxima de 120 metros entre pozos y tomando en cuenta la elevación en cada uno. Seguidamente se calculó las nuevas áreas tributarias que aportan para cada uno de los pozos. En la figura 6 se presenta el armado de la propuesta alterna de la red de alcantarillado pluvial, la cual consta de 71 pozos colectores y 70 tramos, divididos en 4 colectores.

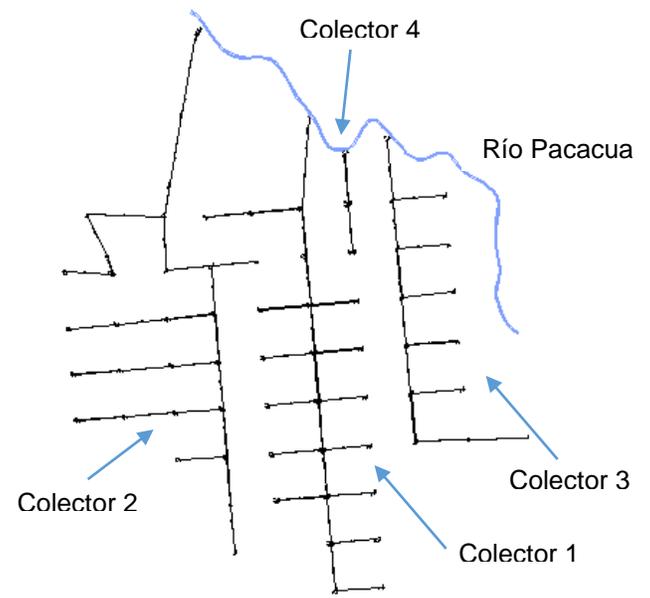


Figura 7. Armado de la propuesta alterna de la red de alcantarillado pluvial.

Ya con esta información anterior, se calculó en caudal de diseño mediante el método racional, a partir de poder simplificar el proceso de cálculo del caudal máximo de escorrentía. La aplicación del método racional se fundamenta en las siguientes consideraciones: la intensidad de precipitación es uniforme en el espacio y no varía en el tiempo, la duración de la precipitación que produce el caudal máximo dada una intensidad I es equivalente al tiempo de concentración (t_c) de la subcuenca, el coeficiente de escorrentía se mantiene uniforme en el tiempo y en el área drenada, el período de retorno del caudal máximo de escorrentía calculado es el mismo que el de la intensidad media máxima del cálculo y por último, la subcuenca es homogénea en sus características físicas. (López, 2009)

El tiempo de concentración que se necesitó para calcular la intensidad máxima de lluvia está formado por dos componentes, el tiempo de entrada o tiempo requerido para el escurrimiento llegue al tragante y el tiempo de recorrido dentro de la tubería. Para estimar el tiempo de entrada se utilizó la siguiente ecuación propuesta por W. S. Kerby

$$t_e = 4,3x \left(\frac{Lxn}{g\sqrt{S}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad Ec(14)$$

Donde:

T_e = tiempo de retardo, en minutos.

L = distancia al punto tributario más lejano, en metros.

n = coeficiente de retardo, adimensional.

g = aceleración de la gravedad, 9,8 m/s².

S = pendiente de la tubería, adimensional.

Por otra parte, para estimar el tiempo de recorrido se evaluó con la siguiente fórmula:

$$t_r = \frac{L}{60xV} \quad Ec(15)$$

Donde:

T_r = tiempo de recorrido, en minutos.

L = longitud del tramo de tubería, en metros.

V = velocidad a tubo lleno, en m/s.

Previo al cálculo del tiempo de concentración, es necesario el cálculo del coeficiente de retardo ponderado, en el cual se utilizaron los siguientes valores según sea las características de la superficie, de manera que para techos es de 0,02, terrenos con poca cobertura de zona verde se consideró un valor de 0,20 y el valor para calles es de 0,10. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 1997)

Posteriormente se continuó con el cálculo de los diámetros de tuberías a partir de la ecuación de Manning. Por otra parte se realizó una revisión para el cumplimiento del tirante, velocidad máxima y fuerza tractiva. El reglamento técnico para diseño y construcción de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos establece que la relación Y/D máximo presente es de 0,85, asimismo, establece que la velocidad máxima presente es de 5,00 m/s y la fuerza tractiva mínima tiene un valor de 0,10 kg/m². (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 1997)

Resultados

Esta sección se exhibe tres partes, las cuales se dividen de la siguiente manera:

- Ecuación de la intensidad de lluvia
- Modelación de la red de alcantarillado pluvial
- Propuesta alterna de la red pluvial

Los resultados presentes en este apartado son obtenidos de la utilización de las siguientes herramientas computacionales: HidroEsta 2, SWMM 5v y Microsoft Excel.

Intensidad máxima de lluvia

Las siguientes tablas son el resultado de la recolección de datos de precipitación máxima diaria y la utilización del programa llamado HidroEsta2, en su herramienta de cálculo de

intensidades mediante el criterio de Grobe, conocido también como el criterio de Dyck y Peschke.

CUADRO 5. PRECIPITACIONES MÁXIMA ANUALES PARA DIFERENTES DURACIONES EN LOS PERÍODOS 2004-2013.

Precipitación diaria anual(mm)	Duración					
	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
54	18,54	20,52	24,40	29,01	32,11	34,50
65	22,31	24,69	29,37	34,92	38,65	41,53
70	24,03	26,59	31,63	37,61	41,62	44,73
75	25,75	28,49	33,89	40,30	44,60	47,92
76	26,09	28,87	34,34	40,83	45,19	48,56
79	27,12	30,01	35,69	42,45	46,97	50,48
85	29,18	32,29	38,40	45,67	50,54	54,31
103	35,36	39,13	46,54	55,34	61,24	65,81
117	40,17	44,45	52,86	62,86	69,57	74,76
152	52,18	57,75	68,67	81,67	90,38	97,12

CUADRO 6. INTENSIDADES MÁXIMAS PARA DIFERENTES DURACIONES.

Año	Duración					
	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	55,61	41,03	24,40	14,51	10,70	8,63
2	66,94	49,39	29,37	17,46	12,88	10,38
3	72,09	53,19	31,63	18,80	13,87	11,18
4	77,24	56,99	33,89	20,15	14,87	11,98
5	78,27	57,75	34,34	20,42	15,06	12,14
6	81,36	60,03	35,69	21,22	15,66	12,62
7	87,54	64,59	38,40	22,83	16,85	13,58
8	106,08	78,26	46,54	27,67	20,41	16,45
9	120,50	88,90	52,86	31,43	23,19	18,69
10	156,54	115,50	68,67	40,83	30,13	24,28

CUADRO 7. INTENSIDADES MÁXIMAS PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO.

T (años)	Duración					
	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
11	156,54	115,50	68,67	40,83	30,13	24,28
5,5	120,50	88,90	52,86	31,43	23,19	18,69
3,67	106,08	78,26	46,54	27,67	20,41	16,45
2,75	87,54	64,59	38,40	22,83	16,85	13,58
2,2	81,36	60,03	35,69	21,22	15,66	12,62
1,83	78,27	57,75	34,34	20,42	15,06	12,14
1,57	77,24	56,99	33,89	20,15	14,87	11,98
1,38	72,09	53,19	31,69	18,80	13,87	11,18
1,22	66,94	49,39	29,37	17,46	12,88	10,38
1,1	55,61	41,03	24,40	14,51	10,70	8,63

El programa computacional mediante su logaritmo de trabajo utilizando los datos anteriormente mencionados determina la siguiente expresión matemática referente a la intensidad máxima en función del tiempo de concentración y el periodo de retorno para el cantón de Mora.

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{569,5524xT^{0,4064}}{D^{0,75}} \quad Ec(16)$$

Donde:

$I_{m\acute{a}x}$ = intensidad máxima de precipitación, en mm/hr.

T = periodo de retorno, en años.

D = tiempo de concentración de la precipitación, en minutos.

Dicha ecuación posee un coeficiente de correlación r de 0,9977 y un coeficiente de determinación múltiple r^2 de 0,9954, de manera que presenta un alto nivel de confiabilidad para el cálculo de la intensidad de lluvia.

CUADRO 8. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN DE LLUVIA PARA DIFERENTES TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN Y PERIODOS DE RETORNO.

Tiempo de concentración (min)	Período de retorno (años)					
	0,25 años	0,50 años	2 años	5 años	10 años	20 años
10	57,66	76,42	134,24	194,80	258,19	342,19
20	34,28	45,44	79,82	115,83	153,52	203,47
30	25,29	33,52	58,89	85,46	113,26	150,12
40	20,39	27,02	47,46	68,87	91,28	120,98
50	17,24	22,85	40,15	58,26	77,22	102,34
60	15,04	19,93	35,02	50,81	67,35	89,26
70	13,40	17,76	31,19	45,27	59,99	79,51
80	12,12	16,06	28,22	40,95	54,28	71,94
90	11,10	14,71	25,83	37,49	49,69	65,86
100	10,25	13,59	23,87	34,64	45,91	60,85
110	9,55	12,65	22,22	32,25	42,75	56,65
120	8,94	11,85	20,82	30,21	40,04	53,07
130	8,42	11,16	19,61	28,45	37,71	49,98
140	7,97	10,56	18,55	26,92	35,67	47,28
150	7,56	10,03	17,61	25,56	33,87	44,90
160	7,21	9,55	16,78	24,35	32,27	42,77
170	6,89	9,13	16,03	23,27	30,84	40,87
180	6,60	8,74	15,36	22,29	29,54	39,16
190	6,34	8,40	14,75	21,41	28,37	37,60
200	6,10	8,08	14,19	20,60	27,30	36,18
210	5,88	7,79	13,68	19,86	26,32	34,88
220	5,68	7,52	13,21	19,18	25,42	33,69
230	5,49	7,28	12,78	18,55	24,58	32,58
240	5,32	7,05	12,38	17,97	23,81	31,56

Curvas intensidad - duración - período de retorno para la cantón de Mora.

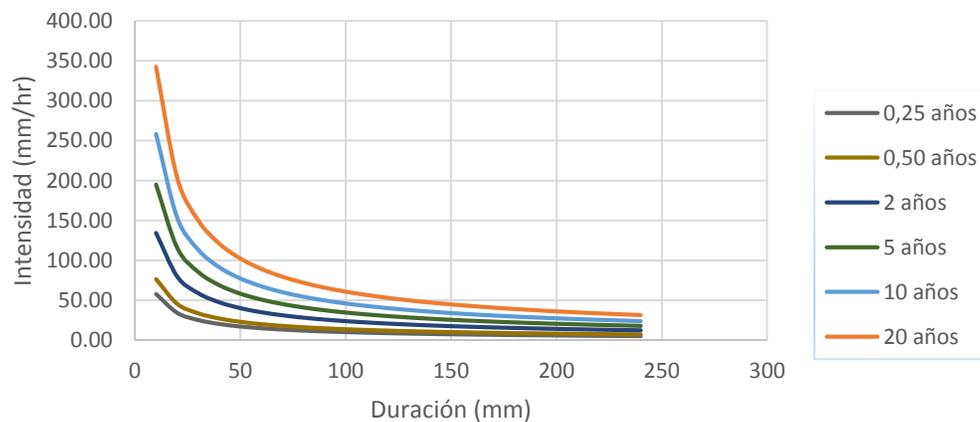


Figura 7. Curvas de intensidad–duración– periodo de retorno para diferentes periodos de retorno.

Modelación de la red de alcantarillado pluvial en SWMM.

CUADRO 9. DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA SWMM PARA EL COLECTOR 1.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Díametro (cm)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (m3/s)	Fuerza Tractiva (kg/m2)	Velocidad máxima (m/s)
CRP-1	CRP-2	794,73	794,03	50,00	94,76	6,47	1,82	8,07	4,59
CRP-2	CRP-3	788,80	787,40	50,00	93,36	7,10	2,62	16,74	6,61
CRP-3	CRP-4	788,92	786,54	50,00	100,79	0,85	3,14	24,03	7,91
CRP-4	CRP-5	787,10	785,57	50,00	98,75	0,98	4,27	44,53	10,77
CRP-5	CRP-6	783,68	782,28	50,00	96,15	3,42	4,55	50,67	11,49
CRP-6	CRP-7	783,51	782,11	50,00	5,00	3,40	5,06	62,49	12,76
CRP-7	CRP-8	781,99	779,52	90,00	91,26	1,63	5,16	5,10	4,02
CRP-8	CRP-9	780,06	778,56	120,00	98,10	1,87	5,38	1,59	2,35
CRP-9	CRP-10	778,84	777,34	120,00	37,19	3,28	5,53	1,68	2,42
CRP-10	CRP-11	776,78	775,28	120,00	56,90	2,06	5,57	1,70	2,44
CRP-11	CPR-12	773,11	772,01	70,00	96,45	9,36	7,48	31,83	9,63
CPR-12	CRP-13	772,78	771,94	70,00	8,19	0,85	8,43	40,35	10,85
CRP-13	CRP-14	770,17	768,27	120,00	100,83	2,58	8,47	3,95	3,71
CRP-14	CABEZAL	768,16	766,36	120,00	92,94	2,50	8,47	3,95	3,71

CUADRO 10. DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA SWMM PARA EL COLECTOR 2.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Díametro (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (m3/s)	Fuerza Tractiva (kg/m2)	Velocidad máxima (m/s)
CRP-15	CRP-16	795,75	794,84	50,00	7,33	1,36	0,55	2,20	2,65
CRP-16	CRP-18	796,26	794,77	50,00	90,25	5,00	0,55	3,07	2,65
CRP-18	CRP-19	796,32	794,35	50,00	5,50	1,45	1,23	15,35	5,92
CRP-19	CRP-20	796,32	794,27	50,00	29,05	0,90	1,24	15,59	5,97
CRP-20	CRP-23	795,22	794,01	50,00	66,20	1,00	1,23	15,42	5,94
CRP-23	CRP-24	794,62	793,35	50,00	9,82	1,03	1,97	39,40	9,49
CRP-24	CRP-25	792,14	793,25	90,00	41,02	6,02	2,76	6,03	4,09
CRP-25	CRP-26	789,49	790,78	90,00	44,26	6,00	2,75	6,02	4,09
CRP-26	CRP-27	788,38	788,12	90,00	17,50	6,34	3,03	7,27	4,50
CRP-27	CRP-28	788,10	787,01	90,00	8,00	3,50	3,03	7,29	4,50
CRP-28	CRP-29	783,95	786,73	90,00	71,16	6,34	3,03	7,30	4,50
CRP-29	CRP-30	783,71	782,58	90,00	4,84	2,47	4,32	14,83	6,42
CRP-30	CRP-31	779,17	782,34	90,00	70,31	6,45	4,34	14,94	6,44
CRP-31	CRP-32	777,40	777,80	90,00	28,22	6,03	4,89	18,95	7,26
CRP-32	CRP-33	775,49	776,03	90,00	102,41	1,86	5,67	25,49	8,42
CRP-33	CRP-34	772,56	774,12	90,00	100,00	2,93	6,36	32,15	9,45
CRP-34	CRP-35	769,33	771,19	90,00	100,00	3,23	6,38	32,31	9,48
CRP-35	CRP-36	769,03	767,96	90,00	100,00	0,90	6,38	32,33	9,48
CRP-36	CRP-37	768,70	767,07	90,00	61,90	0,85	6,34	31,88	9,41
CRP-37	CABEZAL	766,41	766,55	90,00	26,67	6,19	6,37	32,22	9,46

CUADRO 11. DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA SWMM PARA EL COLECTOR 3.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Díametro (cm)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (m3/s)	Fuerza Tractiva (kg/m2)	Velocidad máxima (m/s)
CRP-38	CRP-39	790,84	796,14	70,00	94,45	6,67	0,45	0,47	1,10
CRP-39	CRP-40	788,39	789,84	70,00	93,58	5,70	0,83	1,64	2,05
CRP-40	CRP-41	785,42	784,50	70,00	97,59	1,25	1,19	3,35	2,93
CRP-41	CRP-42	785,35	783,31	70,00	4,46	1,57	1,96	9,10	4,82
CRP-42	CRP-43	782,25	783,24	70,00	95,42	2,14	2,64	16,46	6,49
CRP-43	CRP-45	775,20	781,20	70,00	93,78	3,11	3,11	22,74	7,63
CRP-45	CRP-47	769,15	774,12	70,00	96,36	1,70	3,11	22,74	7,63
CRP-47	CRP-48	769,30	767,65	70,00	6,63	0,75	3,56	29,91	8,74
CRP-48	CRP-49	767,18	767,66	70,00	99,81	1,19	4,15	40,53	10,18
CRP-49	CABEZAL	767,30	765,68	70,00	11,98	0,83	4,09	39,39	10,03

CUADRO 12. DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA SWMM PARA EL COLECTOR 4.

Nodo Entrada	Nodo Salida	Cota del terreno (m.s.n.m)	Cota del Fondo (m.s.n.m)	Díametro (cm)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (m3/s)	Fuerza Tractiva (kg/m2)	Velocidad máxima (m/s)
CRP-50	CRP-51	788,13	787,26	70,00	4,53	2,87	2,65	22,69	7,50
CRP-51	CRP-52	784,11	787,13	70,00	92,20	3,27	2,65	22,67	7,50
CRP-52	CRP-54	783,83	783,11	70,00	4,50	6,22	3,12	31,48	8,84
CRP-54	CRP-55	777,10	782,83	70,00	93,10	7,55	3,15	32,02	8,91
CRP-55	CRP-56	776,84	775,80	70,00	4,48	5,80	3,60	41,86	10,19
CRP-56	CRP-58	772,95	775,54	70,00	93,64	4,15	3,62	42,33	10,25
CRP-58	CRP-59	770,99	771,65	70,00	123,64	1,58	4,13	54,94	11,68
CRP-59	CABEZAL	770,27	769,69	70,00	5,13	13,45	4,09	53,98	11,57

CUADRO 13. COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL EN LA TUBERÍA EN SITIO CON RELACIÓN A LA TUBERÍA ÓPTIMA PARA EL COLECTOR 1.

Conducto		Caudal (m ³ /s)	Díametro en sitio (cm)	Velocidad en sitio (m/s)	F. Tractiva en sitio (kg/m2)	Díametro óptimo (cm)	Velocidad. T. óptimo (m/s)	F. Tractiva. T. óptimo (kg/m2)
CRP-1	CRP-2	1,82	50,00	4,59	8,07	90,00	4,76	6,13
CRP-2	CRP-3	2,62	50,00	6,61	16,74	90,00	4,96	6,41
CRP-3	CRP-4	3,14	50,00	7,91	24,03	100,00	4,90	6,05
CRP-4	CRP-5	4,27	50,00	10,77	44,53	130,00	4,99	5,88
CRP-5	CRP-6	4,55	50,00	11,49	50,67	130,00	4,92	5,67
CRP-6	CRP-7	5,06	50,00	12,76	62,49	130,00	4,94	5,65
CRP-7	CRP-8	5,16	90,00	4,02	5,10	130,00	4,95	5,66
CRP-8	CRP-9	5,38	120,00	2,35	1,59	130,00	4,97	5,70
CRP-9	CRP-10	5,53	120,00	2,42	1,68	130,00	4,98	5,72
CRP-10	CRP-11	5,57	120,00	2,44	1,70	130,00	4,99	5,73
CRP-11	CRP-12	7,48	70,00	9,63	31,83	160,00	5,01	5,44
CRP-12	CRP-13	8,43	70,00	10,85	40,35	160,00	4,99	5,34
CRP-13	CRP-14	8,47	120,00	3,71	3,95	160,00	4,99	5,35
CRP-14	CABEZAL	8,47	120,00	3,71	3,95	160,00	4,99	5,35

CUADRO 14. COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL EN LA TUBERÍA EN SITIO CON RELACIÓN A LA TUBERÍA ÓPTIMA PARA EL COLECTOR 2.

Conducto		Caudal (m ³ /s)	Díametro en sitio (cm)	Velocidad en sitio (m/s)	F. Tractiva en sitio (kg/m ²)	Díametro óptimo (cm)	Velocidad. T. óptimo (m/s)	F. Tractiva. T. óptimo (kg/m ²)
CRP-15	CRP-16	0,55	50,00	2,65	2,20	80,00	2,81	2,39
CRP-16	CRP-18	0,55	50,00	2,65	3,07	80,00	4,50	6,69
CRP-18	CRP-19	1,23	50,00	5,92	15,35	80,00	3,50	3,37
CRP-19	CRP-20	1,24	50,00	5,97	15,59	80,00	2,85	2,19
CRP-20	CRP-23	1,23	50,00	5,94	15,42	80,00	2,99	2,42
CRP-23	CRP-24	1,97	50,00	9,49	39,40	100,00	3,45	3,03
CRP-24	CRP-25	2,76	90,00	4,09	6,03	100,00	4,91	6,13
CRP-25	CRP-26	2,75	90,00	4,09	6,02	100,00	4,91	6,13
CRP-26	CRP-27	3,03	90,00	4,50	7,27	100,00	4,98	6,28
CRP-27	CRP-28	3,03	90,00	4,50	7,29	100,00	4,98	6,28
CRP-28	CRP-29	3,03	90,00	4,50	7,30	100,00	4,99	6,28
CRP-29	CRP-30	4,32	90,00	6,42	14,83	130,00	4,99	5,87
CRP-30	CRP-31	4,34	90,00	6,44	14,94	130,00	4,99	5,88
CRP-31	CRP-32	4,89	90,00	7,26	18,95	130,00	4,97	5,76
CRP-32	CRP-33	5,67	90,00	8,42	25,49	130,00	4,90	5,54
CRP-33	CRP-34	6,36	90,00	9,45	32,15	150,00	4,98	5,50
CRP-34	CRP-35	6,38	90,00	9,48	32,31	150,00	4,98	5,50
CRP-35	CRP-36	6,38	90,00	9,48	32,33	150,00	4,98	5,50
CRP-36	CRP-37	6,34	90,00	9,41	31,88	150,00	4,98	5,50
CRP-37	CABEZAL	6,37	90,00	9,46	32,22	150,00	4,98	5,51

CUADRO 15. COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL EN LA TUBERÍA EN SITIO CON RELACIÓN A LA TUBERÍA ÓPTIMA PARA EL COLECTOR 3.

Conducto		Caudal (m ³ /s)	Díametro en sitio (cm)	Velocidad en sitio (m/s)	F. Tractiva en sitio (kg/m ²)	Díametro óptimo (cm)	Velocidad. T. óptimo (m/s)	F. Tractiva. T. óptimo (kg/m ²)
CRP-38	CRP-39	0,45	70,00	1,10	0,47	80,00	4,70	7,67
CRP-39	CRP-40	0,83	70,00	2,05	1,64	80,00	4,87	7,33
CRP-40	CRP-41	1,19	70,00	2,93	3,35	80,00	3,27	2,93
CRP-41	CRP-42	1,96	70,00	4,82	9,10	100,00	4,08	4,32
CRP-42	CRP-43	2,64	70,00	6,49	16,46	100,00	4,91	6,16
CRP-43	CRP-45	3,11	70,00	7,63	22,74	100,00	4,90	6,04
CRP-45	CRP-47	3,11	70,00	7,63	22,74	100,00	4,54	5,17
CRP-47	CRP-48	3,56	70,00	8,74	29,91	130,00	4,66	5,22
CRP-48	CRP-49	4,15	70,00	10,18	40,53	130,00	4,39	4,51
CRP-49	CABEZAL	4,09	70,00	10,03	39,39	130,00	4,81	5,47

CUADRO 16. COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL EN LA TUBERÍA EN SITIO CON RELACIÓN A LA TUBERÍA ÓPTIMA PARA EL COLECTOR 4.

Conducto		Caudal (m ³ /s)	Díametro en sitio (cm)	Velocidad en sitio (m/s)	F. Tractiva en sitio (kg/m ²)	Díametro óptimo (cm)	Velocidad. T. óptimo (m/s)	F. Tractiva. T. óptimo (kg/m ²)
CRP-50	CRP-51	2,65	70,00	7,50	22,69	90,00	5,01	6,55
CRP-51	CRP-52	2,65	70,00	7,50	22,67	90,00	4,97	6,42
CRP-52	CRP-54	3,12	70,00	8,84	31,48	100,00	4,90	6,04
CRP-54	CRP-55	3,15	70,00	8,91	32,02	100,00	5,01	6,33
CRP-55	CRP-56	3,60	70,00	10,19	41,86	120,00	4,98	6,04
CRP-56	CRP-58	3,62	70,00	10,25	42,33	120,00	4,99	6,06
CRP-58	CRP-59	4,13	70,00	11,68	54,94	120,00	5,01	5,99
CRP-59	CABEZAL	4,09	70,00	11,57	53,98	120,00	5,00	5,99

Propuesta alterna de la red de alcantarillado pluvial

CUADRO 17. NORMAS DE DISEÑO SEGÚN REGLAMENTACIÓN TÉCNICA.

Normas de Diseño	
Coefficiente de Manning	0,013
Período de retorno (años)	25,000
Material del tubo	Concreto
Coefficiente de escorrentía ponderado	0,830
Velocidad máxima (m/s)	5,000
Fuerza Tractiva (kg/m2)	0,100

CUADRO 18. DISEÑO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 1.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m2)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m3/s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m2)
PP1	807,52	805,42	PP2	806,61	803,57	23773,00	10,00	2,00	92,51	70,00	715,39	0,72	3,48	3,62
PP2	806,61	803,57	PP3	800,87	799,10	8729,00	10,45	4,20	95,12	70,00	967,13	0,97	4,96	7,40
PP3	800,87	796,57	PP4	794,65	792,49	28522,00	10,32	2,75	94,77	90,00	1821,70	1,82	4,95	6,64
PP4	794,65	790,15	PP5	791,21	788,71	36325,00	10,33	2,15	46,67	90,00	2905,13	2,91	5,00	6,35
PP5	791,21	787,61	PP6	788,71	786,17	0,00	10,17	2,10	46,67	90,00	2916,73	2,92	4,96	6,23
PP6	788,71	785,26	PP7	785,16	782,95	34912,00	10,17	1,80	98,39	110,00	3962,75	3,96	4,97	6,01
PP7	785,16	781,56	PP8	781,99	779,52	36463,00	10,38	1,50	97,04	120,00	5030,05	5,03	5,00	5,80
PP8	781,99	779,09	PP9	779,98	777,28	35852,00	10,36	1,30	95,68	130,00	6100,77	6,10	4,94	5,49
PP9	779,98	775,68	PP10	776,62	774,00	35442,00	10,37	1,20	99,02	140,00	7157,19	7,16	4,97	5,44
PP10	776,62	772,27	PP11	772,94	770,77	9924,00	10,38	1,15	96,69	150,00	7451,19	7,45	5,00	5,43
PP11	772,94	768,49	PP12	769,72	766,63	31669,00	10,36	1,10	120,00	150,00	8398,76	8,40	4,99	5,34
PP12	769,72	766,63	CABEZAL	768,16	765,62	0,00	10,46	1,10	65,03	150,00	8378,87	8,38	4,98	5,34

CUADRO 19. DISEÑO DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS CONECTADAS A LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 1.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m ²)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m ²)
PP3'	801,26	799,26	PP3	800,87	796,94	10162,00	10,00	2,50	92,78	50,00	305,80	0,31	3,06	3,15
PP4'	795,87	793,87	PP4	794,65	791,55	9713,00	10,00	2,50	92,94	50,00	292,29	0,29	3,02	3,10
PP4"	797,11	795,11	PP4	794,65	791,60	17857,00	10,00	3,50	100,37	60,00	829,65	0,83	4,42	5,97
PP6'	791,1	789,1	PP6	788,71	785,84	8925,00	10,00	3,50	93,10	50,00	268,57	0,27	3,35	3,93
PP6"	788,9	786,9	PP6	788,71	785,40	8671,00	10,00	1,50	100,33	60,00	529,51	0,53	2,88	2,54
PP7'	786,34	784,34	PP7	785,16	782,47	9099,00	10,00	2,00	93,27	50,00	273,81	0,27	2,74	2,52
PP7"	787,12	785,12	PP7	785,16	782,61	9086,00	10,00	2,50	100,30	60,00	547,23	0,55	3,54	3,92
PP8'	785,32	783,32	PP8	781,99	780,05	9005,00	10,00	3,50	93,44	50,00	270,98	0,27	3,36	3,95
PP8"	783,67	781,67	PP8	781,99	779,66	8816,00	10,00	2,00	100,27	60,00	536,28	0,54	3,23	3,24
PP9'	782,37	779,87	PP9	779,98	776,59	8796,00	10,00	3,50	93,61	50,00	264,69	0,26	3,34	3,91
PP9"	782,31	779,81	PP9	779,98	776,53	8797,00	10,00	3,50	93,61	50,00	264,72	0,26	3,34	3,91
PP11'	774,08	772,08	PP11'	773,93	770,58	8831,00	10,00	1,50	100,23	60,00	530,44	0,53	2,88	2,54
PP11"	773,93	770,58	PP11	772,94	769,22	8878,00	10,63	1,50	90,34	60,00	263,05	0,26	2,42	1,96

CUADRO 20. DISEÑO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 2.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m ²)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m ²)
PP13	800,16	797,27	PP14	796,27	794,32	9119,00	10,00	3,00	96,83	60,00	274,41	0,27	3,15	3,46
PP14	796,27	794,32	PP15	793,41	791,51	2658,00	10,43	3,00	93,79	60,00	350,64	0,35	3,37	3,82
PP15	793,41	791,51	PP16	791,95	788,59	10602,00	10,42	3,00	97,17	60,00	666,52	0,67	3,97	4,88
PP16	791,95	788,35	PP17	786,93	785,51	45283,00	10,43	2,75	94,78	80,00	2014,45	2,01	4,95	6,65
PP17	786,93	783,69	PP18	783,13	780,73	35806,00	10,36	2,10	98,55	100,00	3085,66	3,09	5,00	6,30
PP18	783,13	779,53	PP19	779,52	777,25	34788,00	10,37	1,70	97,09	120,00	4122,18	4,12	5,01	5,99
PP19	779,52	777,23	PP20	777,67	775,07	9511,00	10,36	1,65	92,10	120,00	4406,98	4,41	5,00	5,93
PP20	777,67	775,06	PP21	775,49	772,79	11036,00	10,35	1,60	107,90	120,00	4737,67	4,74	4,97	5,83
PP21	775,49	771,89	PP22	771,80	769,67	37059,00	10,41	1,35	120,00	140,00	5833,85	5,83	4,99	5,63
PP22	771,80	768,55	PP23	769,13	766,33	0,00	10,45	1,30	120,00	140,00	5828,42	5,83	4,91	5,44
PP23	769,13	766,33	PP24	768,86	765,25	0,00	10,46	1,30	120,00	150,00	5827,19	5,83	4,97	5,54
PP24	768,86	765,25	CABEZAL	766,41	764,90	0,00	10,44	1,20	35,33	150,00	5830,13	5,83	4,81	5,18

CUADRO 21. DISEÑO DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS CONECTADAS A LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 2.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m ²)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m ²)
PP15'	798,94	796,25	PP15	793,41	791,51	1607,00	10,00	5,00	94,83	50,00	48,36	0,05	2,33	2,50
PP16"	795,66	794,04	PP16"	796,24	793,10	9316,00	10,00	1,00	95,69	70,00	829,77	0,83	2,72	2,10
PP16'	796,24	793,10	PP16'	795,09	792,09	8945,00	10,66	1,00	100,78	70,00	540,53	0,54	2,50	1,85
PP16'	795,09	792,09	PP16'	791,95	790,21	9313,00	10,70	2,00	94,13	70,00	275,48	0,28	2,70	2,47
PP17"	790,68	789,06	PP17"	790,64	788,33	8601,00	10,00	0,75	96,88	80,00	811,23	0,81	2,47	1,69
PP17'	790,64	788,31	PP17'	789,43	787,54	8871,00	10,71	0,75	102,66	80,00	542,86	0,54	2,25	1,47
PP17'	789,43	787,54	PP17	786,93	785,20	9486,00	10,75	2,50	93,46	80,00	280,24	0,28	2,90	2,91
PP18"	786,95	785,33	PP18"	784,93	783,47	7407,00	10,00	2,00	92,81	70,00	778,61	0,78	3,55	3,73
PP18'	784,93	783,47	PP18'	783,83	782,18	8808,00	10,45	1,25	103,57	70,00	549,48	0,55	2,73	2,24
PP18'	783,83	782,18	PP18	783,13	781,48	9659,00	10,64	0,75	92,81	70,00	286,10	0,29	1,91	1,15
PP19'	780,01	778,31	PP19	779,52	777,54	4971,00	10,00	1,00	77,39	50,00	149,59	0,15	1,81	1,14
PP21v	784,46	782,76	PP21v	780,48	778,85	8622,00	10,00	4,30	90,90	70,00	1026,72	1,03	5,07	7,71
PP21v	780,48	778,85	PP21"	780,81	778,39	10164,00	10,30	1,00	46,48	70,00	761,48	0,76	2,69	2,06
PP21"	780,81	778,39	PP21"	780,21	777,99	6708,00	10,32	1,00	39,66	70,00	457,72	0,46	2,40	1,74
PP21"	780,21	777,99	PP21'	777,46	775,70	2765,00	10,27	2,50	91,48	70,00	257,77	0,26	2,87	2,86
PP21'	777,46	775,70	PP21	775,49	773,55	5860,00	10,40	2,00	77,39	70,00	174,59	0,17	2,37	2,03

CUADRO 22. DISEÑO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 3.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m ²)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m ²)
PP25	799,36	796,86	PP25	798,65	795,07	14847,00	10,00	1,50	119,15	50,00	446,78	0,45	2,68	2,28
PP26	798,65	795,07	PP26	794,15	790,92	13012,00	10,84	4,00	103,79	60,00	821,22	0,82	4,65	6,65
PP27	794,15	790,92	PP27	790,57	787,04	12017,00	10,40	4,00	96,99	60,00	1188,14	1,19	4,95	7,30
PP28	790,57	787,04	PP28	788,21	784,61	26385,00	10,37	2,50	97,24	80,00	1975,57	1,98	4,73	6,07
PP29	788,21	784,61	PP29	784,06	781,71	21584,00	10,39	2,35	96,75	90,00	2617,97	2,62	4,96	6,41
PP30	784,06	779,56	PP31	780,21	777,99	16521,00	10,37	2,10	50,75	100,00	3111,86	3,11	5,00	6,31
PP31	780,21	776,61	PP32	777,27	775,16	0,00	10,37	2,05	46,87	100,00	3111,86	3,11	4,95	6,18
PP32	777,27	773,67	PP33	773,09	771,07	15491,00	10,18	1,85	98,12	110,00	3590,66	3,59	4,97	6,06
PP33	773,09	771,07	PP34	771,09	768,25	18086,00	10,37	1,80	120,00	110,00	4113,02	4,11	4,98	6,03
PP34	771,09	768,25	CABEZAL	770,67	768,03	0,00	10,46	1,80	9,40	110,00	4104,10	4,10	4,98	6,03

CUADRO 23. DISEÑO DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS CONECTADAS A LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 3.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m ²)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m ²)
PP28'	793,28	791,28	PP28	790,57	788,68	16117,00	10,00	2,50	103,88	50,00	485,00	0,48	3,39	3,67
PP29'	788,75	786,75	PP29	788,21	785,19	11456,00	10,00	1,50	104,19	50,00	344,74	0,34	2,58	2,15
PP30'	784,06	782,06	PP30	784,06	780,49	6218,00	10,00	1,50	104,49	50,00	187,11	0,19	2,23	1,73
PP32'	782,54	780,54	PP32	777,27	775,30	5418,00	10,00	5,00	104,74	50,00	163,04	0,16	3,32	4,25
PP33'	780,22	776,62	PP33	772,84	771,37	7709,00	10,00	5,00	105,05	50,00	231,98	0,23	3,67	4,93

CUADRO 24. DISEÑO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL COLECTOR 4.

Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Conducto	Elevación del terreno (m)	Elevación del fondo (m)	Área Tributaria (m ²)	Tiempo de concentración (min)	Pendiente (%)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Caudal de diseño (l/s)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Velocidad máxima (m/s)	Fuerza tractiva (kg/m ²)
PP35	775,04	772,04	PP36	769,14	767,07	17348,00	10,00	5,50	96,97	50,00	522,04	0,52	4,69	7,30
PP36	769,14	767,07	PP37	767,11	765,07	17173,00	10,36	2,00	100,00	70,00	1029,59	1,03	3,77	4,08
PP37	767,11	765,07	CABEZAL	766,20	764,71	0,00	10,49	4,10	7,20	70,00	1026,29	1,03	4,98	7,42

CUADRO 25. DISEÑO DE LA TUBERÍA DE CONEXIÓN DEL TRAGANTE CORRESPONDIENTE AL COLECTOR 1.

N° Tragante	Caudal (m3/s)	Longitud (m)	Diametro (cm)	Velocidad máxima (m2/s)	Fuerza Tractiva (kg/m2)
1-4	0,18	4,54	40,00	2,67	2,58
5-8	0,07	4,62	30,00	2,08	1,77
9-14	0,14	4,85	30,00	2,46	2,27
15-18	0,08	4,32	30,00	2,16	1,88
19-24	0,09	4,92	30,00	2,25	1,99
25-28	0,27	4,65	40,00	2,93	2,96
29-32	0,07	4,38	30,00	2,14	1,84
33-36	0,07	4,42	30,00	2,08	1,76
37-42	0,18	4,67	40,00	2,66	2,56
43-46	0,07	4,52	30,00	2,09	1,78
47-50	0,07	4,61	30,00	2,10	1,80
51-56	0,18	4,58	40,00	2,69	2,60
57-60	0,07	4,43	30,00	2,10	1,80
61-64	0,07	4,56	30,00	2,09	1,78
65-70	0,18	4,68	40,00	2,68	2,58
71-74	0,07	4,52	30,00	2,10	1,79
75-78	0,07	4,64	30,00	2,09	1,77
79-84	0,18	4,53	40,00	2,67	2,57
85-88	0,07	4,37	30,00	2,09	1,77
89-92	0,07	4,46	30,00	2,15	1,86
93-96	0,07	4,81	30,00	2,09	1,78
97-100	0,07	4,73	30,00	2,09	1,78
101-104	0,24	4,79	40,00	2,85	2,84

CUADRO 26. DISEÑO DE LA TUBERÍA DE CONEXIÓN DEL TRAGANTE CORRESPONDIENTE AL COLECTOR 2.

N° Tragante	Caudal (m3/s)	Longitud (m)	Diametro (cm)	Velocidad máxima (m2/s)	Fuerza Tractiva (kg/m2)
105-108	0,07	4,75	30,00	2,10	1,80
109-110	0,04	4,62	30,00	1,82	1,45
111-112	0,02	4,53	30,00	1,58	1,17
113-116	0,08	4,49	30,00	2,19	1,90
117-120	0,07	4,38	30,00	2,12	1,81
121-124	0,07	4,41	30,00	2,09	1,79
125-128	0,07	4,69	30,00	2,12	1,81
129-132	0,34	4,84	40,00	2,98	3,03
133-136	0,06	4,72	30,00	2,07	1,76
137-140	0,07	4,96	30,00	2,09	1,78
141-144	0,07	5,25	30,00	2,13	1,83
145-147	0,27	4,85	40,00	2,92	2,95
148-151	0,06	4,79	30,00	1,99	1,66
152-155	0,07	4,48	30,00	2,09	1,78
156-159	0,07	4,91	30,00	2,14	1,84
160-163	0,26	5,08	40,00	2,91	2,92
164-165	0,07	5,15	30,00	2,15	1,86
166-169	0,07	4,83	30,00	2,13	1,83
170-173	0,08	4,96	30,00	2,21	1,93
174-177	0,06	4,77	30,00	2,07	1,76
178-181	0,08	4,59	30,00	2,16	1,88
182-183	0,10	4,81	30,00	2,31	2,07
184-185	0,04	5,05	30,00	1,84	1,47
186-187	0,09	4,97	30,00	2,24	1,98
188-189	0,56	4,88	50,00	3,46	3,79

**CUADRO 27. DISEÑO DE LA TUBERÍA DE CONEXIÓN DEL TRAGANTE
CORRESPONDIENTE AL COLECTOR 3.**

N° Tragante	Caudal (m ³ /s)	Longitud (m)	Diametro (cm)	Velocidad máxima (m ² /s)	Fuerza Tractiva (kg/m ²)
190-191	0,22	4,76	40,00	2,82	2,79
192-193	0,20	5,15	40,00	2,73	2,66
194-197	0,09	5,23	30,00	2,25	1,99
198-201	0,20	4,92	40,00	2,74	2,68
202-205	0,12	4,74	30,00	2,40	2,19
206-209	0,16	4,59	30,00	2,44	2,24
210-211	0,17	4,88	40,00	2,65	2,54
212-215	0,12	4,79	30,00	2,41	2,21
216-219	0,05	4,96	30,00	1,90	1,54
220-223	0,12	5,38	30,00	2,38	2,17
224-225	0,08	4,98	30,00	2,20	1,92
226-229	0,14	4,73	30,00	2,44	2,25
230-233	0,06	4,61	30,00	2,01	1,68

**CUADRO 28. DISEÑO DE LA TUBERÍA DE CONEXIÓN DEL TRAGANTE
CORRESPONDIENTE AL COLECTOR 4.**

N° Tragante	Caudal (m ³ /s)	Longitud (m)	Diametro (cm)	Velocidad máxima (m ² /s)	Fuerza Tractiva (kg/m ²)
234-239	0,09	5,02	30,00	2,23	1,97
240-245	0,09	5,35	30,00	2,23	1,96

Análisis de resultados

Conforme con los resultados expuestos se muestra que el objetivo general se ha cumplido pues se logró desarrollar una evaluación de la red de alcantarillado pluvial del cuadrante urbano de Ciudad Colón, ubicado en el cantón de Mora, con el fin de estimar las condiciones del funcionamiento del mismo.

El estudio de la intensidad de lluvia para el cantón de Mora es un factor muy sensible para este proyecto, dado que depende de datos de precipitación diaria de la estación del cerro Chitaría ubicada a una distancia de 4 km lineales y no propiamente en el cuadrante urbano donde se realiza la evaluación. Es decir, existe una variación en el resultado de la misma con respecto a los resultados arrojados por la ecuación elaboradas por Vahrson y Alfaro en 1992. En otras palabras, si evaluamos la ecuación determinada con el programa HidroEsta 2 el resultado para un tiempo de concentración de 30 minutos y un periodo de retorno de 25 años es de 164 mm/hr y para la ecuación planteada por Vahrson y Alfaro es de 100 mm/hr. El resultado refleja que el comportamiento de las lluvias está en un constante cambio debido a los fenómenos meteorológicos experimentados en la actualidad.

Por otra parte cabe indicar que en nuestro país, las limitaciones al avance del conocimiento en Hidrología aplicado a redes urbanas no están en la capacidad de los modelos numéricos para reproducir los fenómenos físicos involucrados o en la capacidad de cálculo de los ordenadores. Dicha limitación está en la información de campo disponible: lluvias y caudales fundamentalmente que es muy escasa o casi nula.

Con respecto al procedimiento de análisis hidrológico se debe destacar que hoy en día y en la mayoría de los diseños son basados solo en un tiempo de concentración para todas las áreas tributarias de la zona de evaluación, consecuentemente no se toma en cuenta el tiempo de concentración debido al tiempo en el sistema. Esto origina un aumento en los caudales de diseño, sin embargo, el sistema de alcantarillado del cuadrante urbano fue una construcción que

datan desde el tiempo de inicio del cantón y no se ha visto intervenido hasta hace dos años cuando se construyó una línea de conducción sin previo diseño. A pesar del aumento del caudal de diseño con el que se realizó el sistema de alcantarillado en su momento no existió una previsión del aumento del área impermeable, aunado a la expansión urbanística que vive en la actualidad el cantón.

Por lo que se refiere al sistema de alcantarillado pluvial existente, en los cuadros 13, 14, 15 y 16, se hace informe del comportamiento del caudal en cada tramo de los conductos en sitio que pertenecen a cada uno de los cuatro colectores que conforman el sistema pluvial, se observa que para los caudales de evaluación, las pendientes y los diámetros con las que cuenta el alcantarillado pluvial no son los diámetros óptimos para lograr el trasiego del caudal de evaluación, consecuentemente existe derrame de agua pluvial por efecto de que los conductos están operando a sección completa, de manera que existe un cambio en el flujo de tipo libre en su superficie a flujo a presión. Cabe indicar que la entrada en carga del flujo en cada uno de los conductos es debido al incremento del tirante que provoca un resalto móvil desplazándose por el colector. Por ejemplo, si tomamos el tramo CRP-4 al CRP-5, presente en el cuadro 9, el sistema posee una tubería de 50 cm de diámetro, sin embargo para un caudal de evaluación de 4.27m³/s es necesario un diámetro de tubería de 130 cm para dicho caudal. Este incremento en el diámetro del conducto, mejora las condiciones de trasiego a un tirante de 0,85 del diámetro de la tubería.

Además, el actual alcantarillado no cuenta con elemento de encause de agua pluvial como son caños en gran parte de la ciudad, es decir el agua por escurrimiento fluye sin control siguiendo la pendiente de la calzada hasta llegar a formar parte de un caudal acumulado de otras áreas tributarias a las cuales el colector no está diseñado para cumplir con dicha capacidad de trasiego, de manera que afecta el buen posible funcionamiento del colector.

Ahora bien, en la Reglamentación técnica para diseño y construcción de urbanizaciones, condominio y fraccionamientos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), en su sección 1.3, se establece que la velocidad máxima no supera los 5 m/s y la velocidad mínima la define la fuerza tractiva hasta alcanzar un valor de 0,10 kg/m². De modo tal, que el sistema de alcantarillado pluvial actual del cantón no cumple con la velocidad en un 52% de sus conductos debido a que las pendientes son abruptas. Por otra parte, se generan fuerzas tractivas muy elevadas aplicadas en la generatriz inferior del conducto, permitiendo que haya erosión en las paredes de los conductos y arrastre de materiales, de tal manera que con frecuencia la línea de conducción se obstruya y provoca que a lo interno de la tubería el área hidráulica disminuya.

Continuando con la reglamentación técnica del AyA, ésta establece que no se permiten cambios de diámetros de tubería de mayor a menor. Es habitual observar en el sistema de alcantarillado en evaluación estos cambios frecuentemente de diámetro en la tubería a lo largo del sistema, de manera que dichas estrangulaciones producidas son tramos del colector donde se disminuye la sección hidráulica, y consecuentemente, una disminución del tirante que conlleva a cambio tipo de operación del sistema a flujo a presión.

Con respecto a la sección 2.3 de la reglamentación técnica del AyA establece que la ubicación de la tubería es en sentido sur o por debajo de la línea de centro de la calzada, si la dirección de la tubería es de este a oeste o viceversa, en caso de que la dirección de tubería es de norte a sur o viceversa el sentido de la tubería es hacia el este o lado derecho de la línea de centro de la calzada. Según se observa en el plano de ubicación de los pozos colectores del alcantarillado pluvial actual es una práctica habitual ubicar y trazar los elementos del alcantarillado en los extremos de la calzada. Este error constructivo ha provocado que las construcciones invadan la servidumbre pluvial constantemente, imposibilitando la intervención para futuros mejoramientos

Con relación a los resultados arrojados por el modelo desarrollado en el programa SWMM 5v se puede decir que el modelo tiene limitaciones en el tema de calibración y validación por razón de no comparar cuantitativamente y cualitativamente la

respuesta de modelo de simulación con mediciones y observaciones de campo, de manera que no se alcanza optimizar los parámetros asociados a su estructura matemática. Sin embargo, estas variaciones no pueden ser interpretadas como errores en la creación del modelo, sino más bien, resaltar que el modelo empleado da un buen inicio en el tema del comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial del cuadrante urbano del cantón de Mora. Cabe resaltar que el programa a través de su modelo de simulación matemática presenta una ventaja, como es la simplicidad y rapidez en la introducción de datos del proyecto, y de igual forma la simplicidad de realizar futuros cambios en el modelo sin la necesidad de reiniciarlo.

Conclusiones

- El estudio del drenaje urbano viene condicionado en gran medida por la disponibilidad de los datos de precipitación y grado de conocimiento de la subcuenca, de manera que, es preciso mejorar dicha información si se desea poder aprovechar las grandes posibilidades que actualmente ofrece la modelación numérica con programas computacionales para profundizar en el conocimiento de los fenómenos involucrados en el drenaje urbano y optimizar de este modo las elevadas inversiones a realizar.
- El uso de herramientas computacionales para realizar modelos numéricos de simulación de drenajes urbanos permiten de manera rápida observar los resultados de velocidades máximas y comportamiento de los caudales, siendo esto una necesidad, pues el desarrollo expansionista sin ninguna planificación de las ciudades en Costa Rica está llegando a un punto donde resulta irresponsable que los ingenieros no correlacionen sus resultados a las respuestas del comportamiento real del sistema de alcantarillado pluvial.
- El incumplimiento a la reglamentación técnica vigente genera un costo adicional por concepto de inversión en el sistema de alcantarillado pluvial lo que encarece las acciones de mitigación de impacto de la problemática que prevalece en la ciudad.
- Los resultados obtenidos de la modelación indican que tanto la velocidad máxima de flujo en los conductos como la capacidad de trasiego de caudal en la red pluvial existente, los diámetros y las pendientes no satisfacen las condiciones reales a las cuales está sometido, consecuentemente es necesario un rediseño tanto en cambios de diámetro de tubería en las líneas de conducción, como en la ubicación y trazo de las mismas para lograr un mejoramiento en el funcionamiento del sistema de gestión de aguas pluviales del cuadrante urbano del cantón.
- El desarrollo de las velocidades máximas superiores a 5 m/s en los conductos de cada colector que conforma la red de alcantarillado existente en el cantón de Mora debido a pendientes, permiten la erosión y arrastre de material que restan en gran medida capacidad de funcionamiento al sistema y lo coloca en una condición de vulnerabilidad por la obstrucción que pueda darse.
- Debido a las limitaciones en el modelo presente, como es la no calibración del mismo, para su utilización, se concluye que la Unidad técnica de la Municipalidad de Mora debe, como institución encargada del alcantarillado pluviales, reforzar el modelo de evaluación de la red pluvial del cuadrante urbano del cantón de Mora para garantizar que las respuestas emitidas sean conforme a la realidad a las que está expuesta la misma.

Recomendaciones

Para un buen funcionamiento de la propuesta del sistema de alcantarillado pluvial del cuadrante urbano de Ciudad Colón es necesario realizar con frecuencia un plan de inspección y limpieza de los pozos pluviales, tragantes y demás elementos que conformen todo el sistema.

Este trabajo representa un esfuerzo importante a nivel de investigación es por ello que se recomienda darle seguimiento a través de la calibración y validación para otros proyectos enfocados en temas hidrológicos como es el determinar el nivel del cauce del río Pacacua donde se da el desfogue del sistema de alcantarillado.

Aparte del estudio de intensidad de lluvia, se recomienda que se realice un estudio que describa el hidrograma de lluvia del cantón de manera que permita que a la hora del diseño se puedan evaluar soluciones funcionales y que permitan un análisis global durante todo el periodo del evento para futuros proyectos; partiendo de que con el hidrograma es posible conocer el comportamiento durante todo el periodo del evento y no así solo con las intensidades que describen solo lo que sucede en el instante del momento crítico.

La evaluación de un impacto socio-económico y ambiental es un parámetro de análisis que refleje las condiciones de alteración del movimiento poblacional del cuadrante urbano por el tema de la intervención en la red de alcantarillado pluvial, y se logre mitigar las afectaciones en la población.

Finalmente se recomienda la construcción de cordón y caño en los cuadrantes donde haya ausencia de este de modo que permita mejorar el encause del agua pluvia hacia los tragantes del sistema del sistema de alcantarillado.

Apéndices

- I. Plano constructivo de la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el área urbana del cantón de Mora.(Ver carpeta adjunta)
- II. Planos de perfiles topográficos de los diferentes tramos de la red de alcantarillado actual.(Ver carpeta adjunta)

Anexo

- I. Tabla de Precipitación pluvial diaria de la estación meteorológica Cerro Chitaría.

 Instituto Costarricense de Electricidad UEN PySA Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería - Hidrología		
Precipitación Pluvial Diaria (mm)		
Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
29/03/2004	1,50	0,60
15/05/2004	56,40	29,80
16/05/2004	4,30	32,70
17/05/2004	30,50	16,20
18/05/2004	45,70	25,00
19/05/2004	28,20	59,30
20/05/2004	21,60	23,50
21/05/2004	21,30	15,90
22/05/2004	117,60	76,50
23/05/2004	39,90	24,50
26/05/2004	23,40	7,10
28/05/2004	27,40	35,30
01/06/2004	39,60	4,10
02/06/2004	6,40	18,00
05/06/2004	58,90	9,90
06/06/2004	0,50	12,70
08/06/2004	0,30	1,80
10/06/2004	0,50	15,00
11/06/2004	5,60	6,40
14/06/2004	3,00	22,90
15/06/2004	58,90	10,90
18/06/2004	1,00	1,30

 Instituto Costarricense de Electricidad UEN PySA Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería - Hidrología		
Precipitación Pluvial Diaria (mm)		
Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
21/06/2004	26,40	14,70
24/06/2004	0,50	0,30
25/06/2004	0,50	9,10
29/06/2004	3,30	0,30
05/07/2004	11,20	34,80
06/07/2004	11,90	43,40
07/07/2004	1,00	0,80
08/07/2004	4,60	31,80
10/07/2004	2,30	2,80
11/07/2004	0,30	6,60
12/07/2004	1,30	1,30
14/07/2004	5,80	5,80
16/07/2004	0,30	23,90
19/07/2004	14,50	7,10
21/07/2004	34,00	2,50
23/07/2004	31,20	25,10
24/07/2004	2,00	24,60
14/08/2004	0,80	0,30
15/08/2004	55,10	28,20
18/08/2004	27,90	25,90
19/08/2004	8,90	12,70
23/08/2004	2,00	36,30
25/08/2004	7,10	1,00
26/08/2004	36,10	7,40
27/08/2004	19,30	25,10



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
29/08/2004	34,00	6,10
30/08/2004	0,30	1,00
31/08/2004	2,30	0,50
03/09/2004	4,80	0,50
04/09/2004	1,50	3,80
06/09/2004	47,20	16,00
07/09/2004	19,60	21,30
09/09/2004	14,20	50,80
10/09/2004	0,30	3,80
11/09/2004	4,10	3,30
14/09/2004	1,50	3,30
15/09/2004	14,50	32,00
17/09/2004	16,30	8,10
19/09/2004	13,50	12,40
20/09/2004	0,30	2,80
21/09/2004	15,50	8,10
22/09/2004	36,60	55,10
25/09/2004	1,50	3,80
26/09/2004	4,10	16,30
28/09/2004	5,10	37,30
29/09/2004	4,10	62,70
30/09/2004	6,90	33,00
01/10/2004	20,60	25,10
02/10/2004	10,20	27,70
05/10/2004	18,30	25,10
06/10/2004	9,10	28,20
08/10/2004	7,90	10,20
10/10/2004	0,50	14,20
11/10/2004	0,80	24,40
12/10/2004	20,80	19,60



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
13/10/2004	3,60	5,30
08/12/2004	2,80	1,00
08/01/2005	1,00	10,20
08/03/2005	5,60	0,50
09/03/2005	2,80	19,80
27/03/2005	1,50	5,30
28/03/2005	6,10	3,80
10/04/2005	1,80	1,50
08/05/2005	30,50	13,50
09/05/2005	9,40	7,60
11/05/2005	21,30	1,50
15/05/2005	3,00	5,60
16/05/2005	0,80	3,60
17/05/2005	26,70	12,70
18/05/2005	2,30	0,50
19/05/2005	8,10	4,60
20/05/2005	10,40	21,60
23/05/2005	3,60	6,60
24/05/2005	0,50	1,50
31/05/2005	71,10	14,50
01/06/2005	1,50	0,50
02/06/2005	36,80	2,30
03/06/2005	8,40	0,80
04/06/2005	28,20	16,30
05/06/2005	27,40	68,10
07/06/2005	66,50	4,40
08/06/2005	18,80	1,30
13/06/2005	51,80	81,80
14/06/2005	0,30	0,80
16/06/2005	2,30	4,60



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
17/06/2005	11,40	3,00
18/06/2005	3,00	22,10
21/06/2005	6,90	12,70
22/06/2005	0,30	3,30
23/06/2005	1,30	7,90
24/06/2005	42,70	31,00
25/06/2005	10,70	9,40
26/06/2005	5,60	9,70
28/06/2005	41,70	23,60
29/06/2005	0,50	1,00
01/07/2005	5,10	6,10
02/07/2005	16,30	43,40
09/07/2005	2,80	0,20
11/07/2005	9,70	2,90
13/07/2005	3,80	1,30
15/07/2005	29,00	2,90
16/07/2005	10,70	0,50
20/07/2005	6,40	5,10
21/07/2005	3,80	22,10
27/07/2005	1,50	3,60
09/08/2005	0,50	7,40
10/08/2005	31,80	2,50
13/08/2005	0,30	14,20
14/08/2005	19,60	8,40
15/08/2005	8,90	1,00
16/08/2005	6,40	8,60
17/08/2005	2,50	4,30
22/08/2005	21,30	15,20
23/08/2005	3,30	4,80



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
24/08/2005	33,30	44,20
26/08/2005	52,80	25,10
28/08/2005	6,40	17,30
30/08/2005	0,80	13,20
01/09/2005	20,10	18,80
02/09/2005	35,60	29,00
10/09/2005	29,50	0,30
11/09/2005	3,80	0,30
13/09/2005	0,30	3,60
17/09/2005	11,70	9,40
19/09/2005	39,10	56,90
20/09/2005	50,30	26,90
21/09/2005	1,00	7,10
22/09/2005	9,40	24,40
23/09/2005	23,60	26,20
24/09/2005	11,40	11,20
25/09/2005	22,60	24,60
27/09/2005	0,80	3,80
28/09/2005	10,40	9,70
01/10/2005	4,30	5,10
02/10/2005	24,60	43,40
03/10/2005	54,10	14,70
04/10/2005	2,00	4,80
07/10/2005	24,40	2,80
08/10/2005	33,00	41,40
09/10/2005	15,20	43,40
10/10/2005	23,60	27,40
11/10/2005	3,30	21,30
12/10/2005	37,80	3,00



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
13/10/2005	16,50	5,80
14/10/2005	22,40	46,70
15/10/2005	0,50	19,30
16/10/2005	14,70	7,40
17/10/2005	4,10	7,60
18/10/2005	22,10	5,80
19/10/2005	24,90	41,90
20/10/2005	22,10	44,20
21/10/2005	75,40	56,10
22/10/2005	26,70	17,80
23/10/2005	15,70	13,50
24/10/2005	4,10	14,50
31/10/2005	4,80	9,10
02/11/2005	3,80	3,30
03/11/2005	1,30	17,80
04/11/2005	3,30	0,30
05/11/2005	1,00	7,10
08/11/2005	1,50	6,10
09/11/2005	0,30	1,50
10/11/2005	12,40	15,50
11/11/2005	0,50	8,60
17/11/2005	5,30	7,40
18/11/2005	15,20	1,80
19/11/2005	0,50	20,30
21/11/2005	0,30	0,80
22/11/2005	1,80	3,00
11/12/2005	6,10	0,50
12/12/2005	2,00	4,10
26/12/2005	1,50	5,60



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
27/12/2005	0,30	0,30
05/01/2006	0,50	1,50
16/09/2006	4,30	18,50
17/09/2006	2,00	12,40
18/09/2006	7,90	20,60
19/09/2006	1,30	52,60
20/09/2006	8,60	16,80
21/09/2006	10,70	55,90
29/09/2006	17,00	1,80
07/10/2006	11,70	3,60
08/10/2006	16,00	4,30
09/10/2006	0,30	2,30
10/10/2006	20,30	35,80
11/10/2006	10,90	34,80
12/10/2006	0,30	10,70
15/10/2006	1,80	8,10
17/10/2006	2,00	9,40
18/10/2006	16,50	5,60
19/10/2006	22,40	9,70
20/10/2006	76,70	66,30
21/10/2006	7,60	13,50
22/10/2006	1,30	16,50
29/10/2006	18,80	0,80
30/10/2006	2,00	3,80
31/10/2006	0,30	2,00
01/11/2006	12,70	18,50
02/11/2006	10,40	37,60
03/11/2006	4,80	1,80
07/11/2006	57,70	17,50



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
08/11/2006	9,40	2,00
09/11/2006	6,90	11,40
10/11/2006	6,60	26,40
11/11/2006	3,00	1,80
14/11/2006	22,60	2,00
15/11/2006	3,60	3,60
16/11/2006	0,80	22,40
17/11/2006	35,30	24,60
18/11/2006	0,50	23,60
19/11/2006	7,90	13,20
20/11/2006	0,50	2,00
27/11/2006	21,60	7,40
28/11/2006	18,00	3,80
30/11/2006	10,70	3,30
11/12/2006	0,80	3,00
13/12/2006	16,50	3,80
04/04/2007	26,70	4,30
10/04/2007	6,90	3,60
11/04/2007	3,30	13,00
12/04/2007	10,20	6,10
26/04/2007	1,30	0,30
27/04/2007	0,30	2,30
28/04/2007	1,30	5,10
01/05/2007	50,30	7,40
02/05/2007	11,40	6,40
10/05/2007	9,40	0,30
12/05/2007	50,30	18,00
13/05/2007	17,50	1,80
15/05/2007	17,50	61,70



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
16/05/2007	7,40	0,30
17/05/2007	14,00	40,10
18/05/2007	37,60	22,90
19/05/2007	6,10	32,00
20/05/2007	4,30	20,80
21/05/2007	10,70	18,50
23/05/2007	11,40	9,40
24/05/2007	20,10	57,90
25/05/2007	0,30	13,70
30/05/2007	15,50	44,20
31/05/2007	25,70	11,40
13/06/2007	68,60	29,20
14/06/2007	25,70	16,80
16/06/2007	29,00	19,30
20/06/2007	8,40	10,70
21/06/2007	29,50	10,20
22/06/2007	8,40	1,30
24/06/2007	6,10	1,80
25/06/2007	1,00	3,60
28/06/2007	3,60	8,10
05/07/2007	0,80	0,50
08/07/2007	19,60	4,10
09/07/2007	8,10	16,30
11/07/2007	2,50	15,70
12/07/2007	9,10	24,10
13/07/2007	6,10	9,70
14/07/2007	3,30	22,60
15/07/2007	2,80	25,10
18/07/2007	1,00	0,30



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
19/07/2007	4,60	3,80
21/07/2007	12,40	22,10
22/07/2007	17,50	49,30
23/07/2007	17,00	74,90
27/07/2007	24,10	4,10
28/07/2007	5,60	24,10
03/08/2007	9,40	17,50
04/08/2007	1,50	17,00
05/08/2007	38,90	27,70
07/08/2007	6,60	22,60
08/08/2007	15,70	0,30
10/08/2007	27,70	13,00
11/08/2007	3,60	1,30
12/08/2007	17,00	9,90
13/08/2007	25,40	17,00
14/08/2007	38,60	4,60
15/08/2007	26,20	11,70
16/08/2007	3,30	2,50
18/08/2007	14,00	20,60
21/08/2007	44,50	59,20
22/08/2007	3,60	37,90
23/08/2007	2,50	15,50
24/08/2007	9,10	13,50
25/08/2007	6,10	18,00
27/08/2007	20,30	33,80
28/08/2007	11,40	10,70
29/08/2007	20,60	5,80
30/08/2007	47,50	52,60
31/08/2007	32,80	22,40



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
01/09/2007	17,30	37,80
02/09/2007	7,90	8,10
03/09/2007	33,00	48,30
04/09/2007	17,00	6,60
05/09/2007	5,30	60,70
06/09/2007	4,60	1,80
07/09/2007	2,80	5,80
08/09/2007	0,80	2,00
09/09/2007	9,40	62,20
10/09/2007	13,70	25,10
13/09/2007	0,50	10,20
15/09/2007	4,80	18,80
16/09/2007	24,60	54,90
17/09/2007	4,80	7,40
18/09/2007	47,00	20,60
19/09/2007	36,10	52,30
20/09/2007	3,60	23,60
21/09/2007	14,00	33,50
23/09/2007	27,90	17,50
24/09/2007	6,90	11,90
27/09/2007	2,50	12,40
28/09/2007	5,80	23,10
29/09/2007	56,10	13,00
30/09/2007	1,30	2,30
01/10/2007	26,70	2,80
04/10/2007	4,10	25,10
05/10/2007	3,30	14,20
06/10/2007	9,70	19,60
08/10/2007	16,50	10,20



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
09/10/2007	57,20	34,00
10/10/2007	79,00	64,00
11/10/2007	2,30	5,30
12/10/2007	40,90	25,90
13/10/2007	43,70	84,30
14/10/2007	44,70	17,30
15/10/2007	7,90	5,60
16/10/2007	7,10	4,30
17/10/2007	5,10	7,60
18/10/2007	2,30	1,80
19/10/2007	52,10	31,50
20/10/2007	10,90	27,40
21/10/2007	6,90	10,90
25/10/2007	6,90	0,50
30/10/2007	0,50	0,30
31/10/2007	3,80	33,30
01/11/2007	5,60	6,40
05/11/2007	15,00	28,20
06/11/2007	21,10	43,90
10/11/2007	1,30	6,40
11/11/2007	0,50	2,00
12/11/2007	35,30	28,40
13/11/2007	1,30	6,60
20/11/2007	0,80	2,80
08/12/2007	0,50	0,80
09/12/2007	1,00	1,30
18/02/2008	85,10	3,80
04/04/2008	7,60	57,70
06/04/2008	15,20	22,90



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
08/04/2008	25,70	30,70
09/04/2008	43,20	0,50
11/04/2008	13,70	10,70
09/09/2008	23,40	7,40
10/09/2008	7,40	39,90
13/09/2008	50,50	4,10
14/09/2008	9,40	3,60
16/09/2008	5,30	1,50
17/09/2008	39,40	19,30
18/09/2008	0,50	1,00
19/09/2008	0,30	2,80
20/09/2008	23,90	30,20
21/09/2008	3,00	11,40
22/09/2008	0,30	0,50
23/09/2008	2,50	1,80
26/09/2008	3,80	31,20
27/09/2008	10,40	30,20
28/09/2008	27,90	8,90
29/09/2008	13,00	49,00
01/10/2008	5,10	15,50
03/10/2008	10,20	31,00
04/10/2008	0,50	2,80
05/10/2008	15,50	1,50
07/10/2008	9,90	16,50
08/10/2008	14,70	1,80
09/10/2008	0,30	0,50
10/10/2008	19,80	0,30
11/10/2008	2,00	0,30
13/10/2008	20,30	0,30



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
14/10/2008	44,70	19,30
15/10/2008	56,40	31,50
16/10/2008	65,30	51,10
19/10/2008	3,30	15,70
20/10/2008	7,60	17,00
21/10/2008	1,80	34,30
22/10/2008	40,40	14,70
23/10/2008	1,50	6,10
25/10/2008	29,20	8,40
28/10/2008	0,30	1,30
30/10/2008	2,00	5,80
01/11/2008	0,80	8,90
02/11/2008	2,00	6,40
03/11/2008	48,30	4,10
04/11/2008	2,50	6,40
06/11/2008	10,90	48,50
07/11/2008	0,50	4,60
08/11/2008	44,70	2,50
12/11/2008	0,30	4,30
17/11/2008	13,50	1,80
24/11/2008	1,80	10,90
25/11/2008	0,50	1,30
26/11/2008	1,80	6,40
29/11/2008	1,80	9,70
30/11/2008	23,90	24,90
02/12/2008	0,30	1,80
03/12/2008	1,00	9,40
13/12/2008	0,50	0,30
04/01/2009	1,50	1,00



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
07/01/2009	1,80	1,50
31/03/2009	8,40	27,20
03/05/2009	0,80	7,10
04/05/2009	1,80	8,60
05/05/2009	3,80	44,50
08/05/2009	29,00	35,80
13/05/2009	7,40	0,50
17/05/2009	11,70	15,00
19/05/2009	22,90	40,90
22/05/2009	8,90	5,30
23/05/2009	21,80	14,50
25/05/2009	33,30	11,70
26/05/2009	3,30	8,40
27/05/2009	49,30	58,20
30/05/2009	16,50	11,40
31/05/2009	13,70	8,10
05/06/2009	15,50	33,30
07/06/2009	16,00	13,20
11/06/2009	25,40	1,80
13/06/2009	53,10	37,30
15/06/2009	4,60	19,30
18/06/2009	6,60	14,00
19/06/2009	14,50	5,30
20/06/2009	6,10	20,30
21/06/2009	13,20	1,30
22/06/2009	0,30	8,90
23/06/2009	8,40	24,90
24/06/2009	10,40	11,70
25/06/2009	1,80	4,30



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
27/06/2009	6,60	0,80
28/06/2009	8,60	12,40
29/06/2009	1,00	9,10
30/06/2009	1,50	9,90
01/07/2009	5,80	7,40
02/07/2009	34,30	4,60
03/07/2009	0,30	0,50
05/07/2009	24,90	7,60
10/07/2009	31,20	22,90
17/07/2009	1,50	1,00
21/07/2009	2,00	9,70
30/07/2009	3,60	8,40
05/08/2009	5,80	2,30
06/08/2009	18,50	2,00
08/08/2009	3,30	3,00
09/08/2009	1,30	4,60
13/08/2009	1,50	5,10
15/08/2009	2,50	8,10
16/08/2009	2,80	2,30
17/08/2009	17,00	2,80
19/08/2009	50,50	3,80
20/08/2009	36,10	26,70
25/08/2009	1,30	0,50
30/08/2009	0,30	0,50
31/08/2009	8,90	37,10
04/09/2009	31,20	5,60
10/09/2009	22,40	1,80
11/09/2009	21,80	13,00
19/09/2009	4,60	18,00



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
22/09/2009	22,10	9,10
24/09/2009	9,10	2,80
28/09/2009	7,40	17,50
02/10/2009	0,30	1,80
03/10/2009	32,50	14,50
04/10/2009	1,00	38,90
05/10/2009	10,20	19,80
09/10/2009	0,80	3,30
10/10/2009	16,30	61,20
11/10/2009	3,00	4,60
12/10/2009	3,80	1,30
14/10/2009	3,60	2,00
18/10/2009	0,30	3,80
19/10/2009	27,40	11,20
20/10/2009	11,40	7,10
21/10/2009	10,90	7,90
22/10/2009	1,00	0,80
23/10/2009	23,40	25,40
24/10/2009	1,00	7,90
25/10/2009	7,60	4,30
26/10/2009	1,80	12,20
28/10/2009	12,20	0,80
29/10/2009	4,80	17,50
01/11/2009	11,40	9,40
02/11/2009	2,50	20,80
03/11/2009	13,50	7,60
04/11/2009	52,80	38,10
05/11/2009	7,10	2,30
06/11/2009	0,50	4,30



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
07/11/2009	1,00	20,30
08/11/2009	0,30	8,10
12/11/2009	10,90	13,70
22/11/2009	0,30	13,70
24/11/2009	1,30	30,20
26/11/2009	2,30	11,70
25/02/2010	1,80	11,20
02/07/2010	27,70	15,50
04/07/2010	25,10	2,00
06/07/2010	65,80	33,80
07/07/2010	10,40	15,20
10/07/2010	58,70	8,40
11/07/2010	9,40	15,20
12/07/2010	0,30	0,30
13/07/2010	17,50	18,50
15/07/2010	0,80	6,40
16/07/2010	9,40	4,10
17/07/2010	10,90	4,30
18/07/2010	3,60	16,50
19/07/2010	1,30	2,00
20/07/2010	69,30	27,20
22/07/2010	10,40	16,30
23/07/2010	9,40	1,30
25/07/2010	19,60	17,50
26/07/2010	10,40	5,10
27/07/2010	7,40	0,50
29/07/2010	3,60	18,30
30/07/2010	0,50	4,10
31/07/2010	1,00	0,80



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
01/08/2010	3,00	6,40
02/08/2010	0,50	0,80
05/08/2010	39,90	28,40
06/08/2010	28,40	26,70
07/08/2010	7,10	5,10
08/08/2010	17,30	3,30
09/08/2010	0,80	7,60
10/08/2010	4,30	4,80
11/08/2010	7,40	15,20
12/08/2010	3,30	4,60
14/08/2010	0,30	1,30
15/08/2010	19,30	16,80
17/08/2010	0,30	4,30
19/08/2010	9,90	41,40
20/08/2010	27,20	24,40
22/08/2010	4,60	17,80
24/08/2010	27,70	23,10
25/08/2010	24,90	7,40
26/08/2010	37,30	12,20
27/08/2010	9,40	4,10
28/08/2010	28,70	19,30
29/08/2010	10,40	2,50
31/08/2010	2,80	24,40
01/09/2010	18,00	16,50
02/09/2010	21,10	6,40
03/09/2010	18,80	11,90
04/09/2010	3,80	28,20
05/09/2010	57,70	21,60
06/09/2010	0,50	6,60



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
08/09/2010	22,10	3,30
11/09/2010	19,10	25,70
12/09/2010	21,80	62,50
13/09/2010	12,40	24,60
14/09/2010	0,30	5,80
15/09/2010	5,60	0,30
16/09/2010	15,20	33,80
17/09/2010	10,40	7,60
18/09/2010	68,60	15,50
19/09/2010	5,10	3,30
20/09/2010	43,70	25,90
21/09/2010	14,20	17,00
22/09/2010	24,40	32,80
23/09/2010	22,40	4,80
24/09/2010	22,60	4,10
25/09/2010	8,40	6,10
26/09/2010	15,50	7,10
27/09/2010	13,70	35,30
28/09/2010	103,90	66,30
29/09/2010	23,10	42,40
30/09/2010	9,90	17,50
02/10/2010	40,40	40,10
03/10/2010	26,90	34,50
11/10/2010	10,40	1,80
12/10/2010	25,70	4,30
15/10/2010	27,90	4,60
16/10/2010	0,50	1,30
20/10/2010	8,90	0,50
21/10/2010	17,30	2,00



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
30/10/2010	0,80	1,30
31/10/2010	1,00	4,30
01/11/2010	18,30	30,50
02/11/2010	102,90	75,40
03/11/2010	84,30	125,20
04/11/2010	20,80	5,10
05/11/2010	87,40	68,10
23/11/2010	0,30	8,40
25/11/2010	23,10	5,60
29/11/2010	0,30	1,30
30/11/2010	12,70	21,60
01/12/2010	11,70	31,80
25/12/2010	0,50	1,50
30/12/2010	1,80	1,30
02/01/2011	0,30	2,50
12/05/2011	2,50	23,10
13/05/2011	8,90	6,10
14/05/2011	1,80	3,80
14/06/2011	14,50	8,60
15/06/2011	32,30	19,60
16/06/2011	9,10	22,60
17/06/2011	1,50	8,10
18/06/2011	63,50	15,70
20/06/2011	1,50	1,00
21/06/2011	3,00	6,40
23/06/2011	23,90	1,00
24/06/2011	4,80	28,70
29/06/2011	15,70	20,10
30/06/2011	40,90	1,50



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
01/07/2011	5,60	37,60
02/07/2011	9,10	8,10
03/07/2011	0,30	44,20
04/07/2011	13,00	15,20
11/07/2011	52,60	42,90
13/07/2011	0,50	0,80
14/07/2011	0,80	7,90
15/07/2011	11,70	40,60
16/07/2011	33,00	13,00
17/07/2011	6,40	17,80
28/07/2011	15,00	11,90
30/07/2011	0,80	53,30
31/07/2011	2,00	14,70
01/08/2011	24,10	27,90
02/08/2011	5,80	7,40
12/08/2011	19,60	2,80
13/08/2011	14,00	11,90
14/08/2011	20,80	24,60
15/08/2011	84,60	17,30
16/08/2011	31,20	1,80
19/08/2011	38,10	21,10
21/08/2011	17,80	3,30
23/08/2011	6,60	0,30
24/08/2011	2,00	8,10
25/08/2011	6,40	1,50
28/08/2011	4,60	2,30
02/09/2011	8,40	14,50
03/09/2011	4,10	1,50
04/09/2011	9,40	3,00



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
05/09/2011	3,00	13,70
07/09/2011	52,60	6,90
10/09/2011	4,80	0,30
12/09/2011	4,80	14,00
13/09/2011	8,90	0,30
16/09/2011	34,00	24,90
18/09/2011	19,80	26,70
23/09/2011	8,40	16,80
25/09/2011	13,20	15,70
29/09/2011	3,00	31,50
30/09/2011	20,80	6,10
01/10/2011	10,70	34,80
02/10/2011	4,10	34,50
03/10/2011	7,60	13,20
04/10/2011	0,50	0,80
05/10/2011	19,10	8,90
07/10/2011	0,50	20,10
08/10/2011	12,20	6,40
09/10/2011	17,80	16,30
10/10/2011	54,60	28,20
11/10/2011	45,20	38,90
12/10/2011	29,50	58,40
13/10/2011	28,40	32,50
14/10/2011	152,40	74,70
15/10/2011	24,40	7,90
16/10/2011	13,00	10,90
17/10/2011	24,40	22,10
18/10/2011	9,70	10,20
20/10/2011	16,80	7,40



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
21/10/2011	6,60	8,90
22/10/2011	5,80	31,80
23/10/2011	6,40	10,20
27/10/2011	25,90	23,90
28/10/2011	3,80	10,20
31/10/2011	8,10	20,30
01/11/2011	17,30	5,30
09/11/2011	8,40	11,20
12/11/2011	16,50	24,60
13/11/2011	0,50	0,30
15/11/2011	4,60	19,10
16/11/2011	4,80	7,40
21/11/2011	0,30	4,10
23/11/2011	4,60	6,90
24/11/2011	1,00	2,00
25/11/2011	0,80	5,30
11/12/2011	6,90	12,70
12/12/2011	2,50	18,80
13/12/2011	14,50	38,90
03/04/2012	29,00	10,70
16/04/2012	1,30	2,00
17/04/2012	21,30	13,50
21/04/2012	4,80	12,70
27/04/2012	2,30	2,00
01/05/2012	70,90	8,90
04/05/2012	4,80	28,70
05/05/2012	36,30	7,40
08/05/2012	2,30	0,80
14/04/2013	16,50	0,50



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
18/04/2013	50,00	14,70
19/04/2013	0,30	1,30
10/05/2013	12,20	7,90
21/05/2013	11,40	6,40
22/05/2013	32,00	8,60
24/05/2013	8,10	59,70
28/05/2013	20,80	2,50
29/05/2013	37,60	52,10
30/05/2013	3,30	11,20
31/05/2013	5,60	10,70
01/06/2013	3,00	25,90
04/06/2013	27,70	18,80
06/06/2013	51,30	57,70
10/06/2013	35,60	5,10
13/06/2013	0,80	43,40
14/06/2013	4,80	1,00
18/06/2013	57,90	27,90
23/06/2013	0,30	1,00
24/06/2013	1,00	4,80
25/06/2013	20,10	0,30
29/06/2013	17,80	32,30
30/06/2013	0,50	15,50
01/07/2013	0,30	3,80
02/07/2013	49,00	2,50
06/07/2013	8,40	27,90
17/07/2013	33,00	7,40
19/07/2013	0,30	0,80
21/07/2013	17,50	19,60
22/07/2013	0,80	1,00



Instituto Costarricense de Electricidad
UEN PySA

Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería -
Hidrología

Precipitación Pluvial Diaria (mm)

Estación:	84034	84120
FECHA	CERRO CHITARÍA	CERRO ESCAZU
25/07/2013	0,30	9,70
27/07/2013	1,50	3,30
28/07/2013	29,00	3,80
03/08/2013	25,40	0,30
04/08/2013	0,50	0,30
11/08/2013	1,80	0,30
12/08/2013	3,60	0,30
23/08/2013	1,30	0,30
27/08/2013	9,70	0,30
31/08/2013	12,70	0,30
01/09/2013	58,70	0,30
02/09/2013	9,10	0,30
03/09/2013	0,30	1,00
04/09/2013	2,50	0,50
06/09/2013	16,00	0,30
09/09/2013	41,70	1,30
10/09/2013	13,70	1,50
11/09/2013	4,10	1,00
13/09/2013	14,00	0,80
14/09/2013	6,10	0,30
15/09/2013	6,60	0,30
16/09/2013	9,70	0,30
17/09/2013	7,40	0,30

Referencias

- Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental. (1992). *Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia*. Chile: Universidad de Talca.
- Chow, V. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Santafé de Bogota, Colombia: McGraw-Hill.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Santafé de Bogota, Colombia: McGraw-Hill.
- Dolz, J., & Gómez, M. (1994). *Drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- EPM. (2009). *Guía para el diseño hidráulico para redes de alcantarillado*. Medellín, Colombia.
- ESRI. (2012). *Datos para cartografiar, analizar y entender el mundo. Servicio de Contenidos*. Obtenido de <http://www.esri.com/>
- Gómez, M. (2007). *Hidrología Urbana*. España: Flumen.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (1997). *Reglamentación técnica para el diseño y construcción de condominios, urbanizaciones y fraccionamientos*. San José, Costa Rica.
- Jiménez García, F. (2005). *Modelo de diseño de sistemas urbanos de alcantarillado pluvial*. Cartago: Informe de proyecto final. Escuela de Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- López, R. (2009). Propuesta modificación del método racional. *Cimbra*, 24-28.
- Méndez Morales, M. (2012). Calibración y validación del modelo hidrológico SWMM en cuencas hidrológicas de alta pendiente en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 26. N° 2, Pág 20-32.
- Municipalidad de Mora. (10 de setiembre de 2001). Reglamento Municipal N°173-3-10/09/2001. *Reglamento Plan Regulador de Mora: Reglamento de Zonificación*. Mora, San José, Costa Rica: La Gaceta N°173.
- Ríos Cruz, F., & Cruz Gerón, J. (2012). *Diseño de Sistemas de Drenaje Pluvial Urbano: Uso del Modelo SWMM*. Mexico: XXII Congreso Nacional de Hidráulica.
- Rosales Maroto, L., Retana Guido, J., Chavarría Carrillo, H., & Morúa Sánchez, M. (2010). *Plan de Ordenamiento de Territorio del GAM 2011-2030*. San José: Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.
- U.S Environmental Protection Agency. (2005). *Modelo de gestión de aguas pluviales SWMM 5v*. U.S.A.
- Vahrson y Alfaro. (1995). *Intensidad, duración y frecuencia de lluvias para diferentes zonas del país*. San José, Costa Rica.
- Villón Bejar, M. (2004). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Villón Bejar, M. (2012). *Hidroesta 2. Cálculos hidrológicos*. Cartago, Costa Rica: Taller de publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica.