



Caudales máximos con varios periodos de retorno de una microcuenca del cantón Rocafuerte (Manabí, Ecuador)

Maximum flows with several return periods of a micro-basin of the Rocafuerte canton (Manabí, Ecuador)

Vazões máximas com vários períodos de retorno de uma microbacia do cantão Rocafuerte (Manabí, Equador)

Dayanne María Cedeño-Muñoz ^I
dayannecm93@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9944-0131>

Horacio Antonio Cedeño-Muñoz ^{II}
horacioantonio_3@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6799-5979>

Susana Dueñas ^{III}
susanadu2000@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-0579-4327>

Correspondencia: dayannecm93@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de julio de 2022 * **Aceptado:** 12 de agosto de 2022 * **Publicado:** 02 de septiembre de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Postgrado, Programas de Postgrado, Maestría de Investigación en Prevención y Gestión de Riesgos, Ingeniera Hidráulica, Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Máster Universitario en Hidrología y Gestión de los Recursos Hídricos, Ingeniero Hidráulico, Docente de la Facultad de Ingeniería Civil en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Postgrado, Coordinadora del Programas de Postgrado, Maestría de Investigación en Prevención y Gestión de Riesgos, Máster en Administración de Empresas, Ingeniera Industrial Docente de la Facultad de Ingeniería Zootécnica, Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador.

Resumen

Los caudales máximos son de suma importancia ya que sirven para saber la cantidad de precipitación que cae en una determinada área, además de esto se aplican para los cálculos de diseños de obras hidráulicas, Este artículo tiene como propósito, presentar el estudio para obtener caudales máximos en varios periodos de retorno en una microcuenca que incluye la zona urbana del cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, Ecuador, el cual servirá como un instrumento para los cálculos de futuros proyectos hidráulicos que se requieran en el área en cuestión. Se incluye la línea base del estudio, en el que se encuentra la ubicación general del sitio de interés, y la descripción de las condiciones existentes del área objeto de análisis, además contiene la descripción general de la información a emplear en los varios parámetros de estudios, se presenta el modelo metodológico utilizado en el estudio de índole hidrológico de la zona que contiene: a) recolección de información técnica servible, b) obtención de parámetros para cálculos, c) utilización del método racional, Como resultado se tiene en detalle la determinación de los caudales máximos instantáneos, asociado a diferentes periodos de retorno de la microcuenca, además un mapa de flujo de superficie, que se realizó mediante un software de análisis de procesamientos geoespaciales. Esta información, posteriormente, incidirá en proponer y preparar medidas que sirvan para mitigar y reducir los efectos de inundaciones en el área urbana del cantón Rocafuerte, provincia Manabí, Ecuador.

Palabras Clave: Caudales máximos; hidrológico; tiempo de retorno; microcuenca; Rocafuerte; inundaciones.

Abstract

The maximum flows are of great importance since they serve to know the amount of precipitation that falls in a certain area, in addition to this they are applied for the calculations of hydraulic works designs, This article has the purpose of presenting the study to obtain maximum flows in several return periods in a micro-basin that includes the urban area of the Rocafuerte canton, province of Manabí, Ecuador, which will serve as an instrument for the calculations of future hydraulic projects that are required in the area in question. The baseline of the study is included, in which the general location of the site of interest is found, and the description of the existing

conditions of the area under analysis, it also contains the general description of the information to be used in the various study parameters. , the methodological model used in the hydrological study of the area is presented, containing: a) collection of useful technical information, b) obtaining parameters for calculations, c) use of the rational method, As a result, the determination of the instantaneous maximum flows, associated with different return periods of the micro-basin, as well as a surface flow map, which was carried out using geospatial processing analysis software. This information, later, will affect the proposal and preparation of measures that serve to mitigate and reduce the effects of flooding in the urban area of the Rocafuerte canton, Manabí province, Ecuador.

Keywords: Maximum flows; hydrological; return time; micro-basin; Strong rock; floods.

Resumo

As vazões máximas são de grande importância, pois servem para conhecer a quantidade de precipitação que cai em uma determinada área, além disso são aplicadas para os cálculos de projetos de obras hidráulicas. escoa em vários períodos de retorno em uma microbacia que inclui a área urbana do cantão Rocafuerte, província de Manabí, Equador, que servirá de instrumento para os cálculos de futuros projetos hidráulicos necessários na área em questão. A linha de base do estudo está incluída, na qual se encontra a localização geral do local de interesse, e a descrição das condições existentes da área em análise, contém também a descrição geral das informações a serem utilizadas nos vários estudos. , apresenta-se o modelo metodológico utilizado no estudo hidrológico da área, contendo: a) coleta de informações técnicas úteis, b) obtenção de parâmetros para cálculos, c) utilização do método racional, vazões máximas instantâneas, associadas a diferentes períodos de retorno da microbacia, bem como um mapa de vazões superficiais, que foi realizado por meio de software de análise de processamento geoespacial. Esta informação, posteriormente, afetará a proposta e preparação de medidas que sirvam para mitigar e reduzir os efeitos das inundações na área urbana do cantão Rocafuerte, província de Manabí, Equador.

Palavras-chave: Vazões máximas; hidrológico; tempo de retorno; microbacia; Rocha forte; inundações.

Introducción

Los proyectos de ingeniería aprovechamiento hídrico requieren de información hidrológica para su apropiado dimensionamiento. En Ecuador se cuenta con datos de precipitaciones y, diminutamente de caudales que lleven registros, lo que a su vez dificulta la determinación de las escorrentías y cálculos de obtención hídrica de las cuencas. Con el propósito de rebajar esta escenario, en la práctica, se acude a modelos empíricos y semi-empíricos creados en otros países (Sandoval Erazo & Aguilera Ortiz, 2014). El artículo tiene como fin la obtención de caudales máximos en una microcuenca.

Ubicación:

El sitio del proyecto en estudio se encuentra localizado en la zona urbana de la ciudad de Rocafuerte, provincia de Manabí, Ecuador. Los límites de la cuenca de aporte quedan delimitados por las cotas superiores y sus líneas divisorias, para esta área se delimito de tal manera que incluye la mayoría del casco urbano.

Descripción general del terreno de influencia:

El área actual que se estudiara es un área con pendientes suaves y fuertes, el área de estudio es de aproximadamente 430Ha, con cotas mayores (aproximadamente igual a 41 msnm) y menores (aproximadamente igual a 11 msnm). En el área de influencia se encuentran construcciones, asentamientos y desarrollo urbano.

Fuente: Autores.

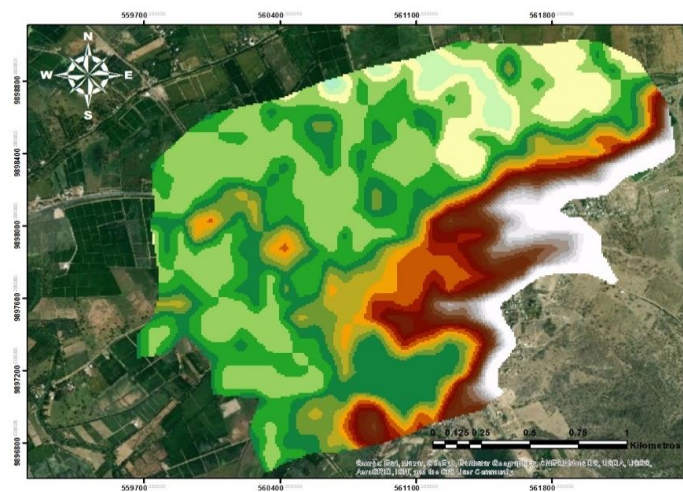


Figura 1: Microcuenca Rocafuerte

Materiales y Métodos

Recopilación, revisión y análisis de información:

El estudio se realizó con información secundaria recopilada y recomendaciones de las normas actuales ecuatorianas. La información secundaria se obtuvo de los siguientes documentos: a) Coeficientes para el cálculo de las Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia INAMHI 2015 Versión 2019 puesto que en la zona no hay una estación cercana que cumpla la condiciones para la generación de estos datos se asumió la estación más cercana (PORTOVIEJO-UTM COD. M005). b) Sistema topográfico referencial. Este estudio presenta a continuación los análisis hidrológicos realizados, tendientes a encontrar los caudales en eventos de crecientes máximas para diferentes periodos de retorno. Para calcular los caudales de drenaje del área, se plantea desarrollar el estudio cumpliendo con los siguientes alcances: -Determinación de curvas de intensidad - duración - frecuencia para la zona de proyecto, con el fin de calcular la lluvia de diseño para diferentes periodos de retorno. -Aplicación de un modelo lluvia-escorrentía, tipo Método Racional, para el cálculo de los caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno aferentes a la zona.

Metodología:

La metodología se encaminó a determinar caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno para el área de drenaje en la zona de influencia. Con base en las imágenes satelitales existentes para la zona se determinó el área de drenaje de la hoya aferente a la zona en estudio por todos los lados aportantes; sus características fueron complementadas a través de información secundaria para definir las características morfológicas de la referida cuenca hidrográfica, que sirvieron para determinar la respuesta a eventos de precipitación extrema en términos de escorrentía superficial. El coeficiente de escorrentía se definió apropiadamente de caracterizaciones de campo y la norma aplicable actual mientras que las intensidades de precipitación de lluvias, como se mencionó con anterioridad, se calcularon a partir de las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, I-D-F con sus respectivas ecuaciones, definidas por el INAMHI, para la zona de estudio, las cuales fueron calculadas en base a las coordenadas del lugar en cuestión. Para determinar los caudales máximos instantáneos asignados a diferentes periodos de retorno se utilizó el método Racional, dado el tamaño menor de la cuenca, ya que la

norma dice “se aplicará para áreas con una superficie inferior a 5 km²”. (Código Ecuatoriano De La Construcción De Parte IX Obras Sanitarias, 06-1992-08-18).

Curvas intensidad-duración-frecuencia:

Esta ecuación puede ser conjugada para diferentes periodos de retorno, y se presenta a continuación:

Figura 2: Intensidades Máximas De La Estación Portoviejo Cod. M0005

TR (Años)	DURACIONES t (Minutos)								
	5	10	15	20	30	60	120	360	1440
2	90.44	65.52	54.26	47.47	39.31	28.48	17.63	6.99	2.18
5	127.45	92.34	76.47	66.89	55.40	40.14	24.84	9.85	3.07
10	152.27	110.32	91.36	79.92	66.19	47.95	29.68	11.77	3.66
25	182.98	132.56	109.78	96.04	79.53	57.62	35.66	14.14	4.40
50	206.11	149.32	123.66	108.18	89.59	64.91	40.17	15.93	4.96
100	228.83	165.78	137.29	120.10	99.46	72.06	44.60	17.68	5.50

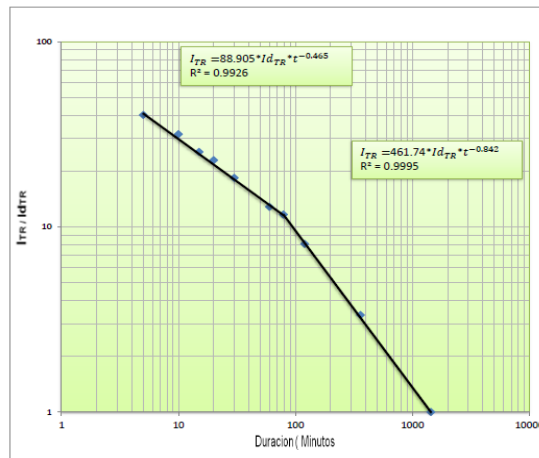


Figura 3: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia, Valores (mm/h)

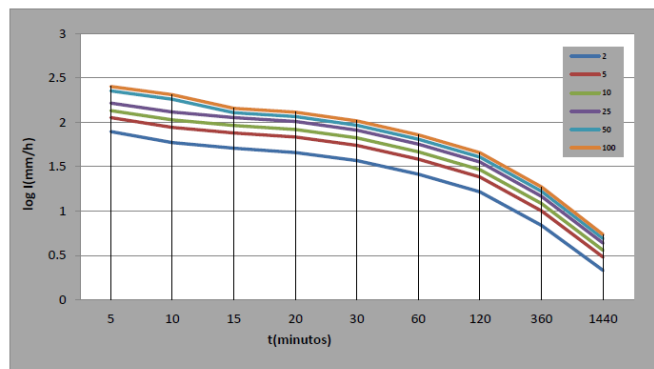


Figura 4: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia

Método Racional:

Como se mencionó previamente en este estudio, para calcular los caudales máximos instantáneos en la zona de proyecto se utilizó el método Racional. La ubicación de la hoya hidrográfica aferente al área de interés presentada en la (figura 1). El referido método está expresado por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.00278 F C i A$$

En donde:

Q: Caudal máximo de descarga de escorrentía superficial, m³/s

F: Factor de reducción de la lluvia puntual por área de drenaje, valor adimensional.

C: Coeficiente de escorrentía, valor adimensional

i: Intensidad de lluvia, mm/h.

A: Área de drenaje, ha.

Intensidad de la lluvia:

Este parámetro se fundamenta en la observación de cantidad de mililitros (mm) precipitados en un determinado periodo de tiempo, generalmente en horas. (López, 2019) El valor de la intensidad de lluvia depende del tiempo de concentración de ésta, de la frecuencia del aguacero de diseño con el cual se diseñen las obras que transportarán la escorrentía superficial, y de la precipitación misma caída durante el mencionado aguacero. En la (figura 2), se determina la intensidad de la lluvia, mediante la ecuación respectiva.

Coeficiente de escorrentía:

La escorrentía se logra concretar como la cantidad de agua de una tormenta que drena o que fluye sobre la superficie del suelo. Cuando esta se origina, escurre a los cauces aumentando su volumen; a medida que el agua llega de las zonas más alejadas empieza gradualmente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada la precipitación. (Fernanda J. Gaspari , Gabriela E. Senisterra, & Raúl M. Marlats , 2007). El coeficiente de escorrentía integra una gran cantidad de variables hidrometeorológicas y características de infiltración morfológicas del suelo y las condiciones de uso, cobertura y ocupación del suelo. Entre las variables hidrometeorológicas deben considerarse la intensidad y duración de la precipitación, la lluvia antecedente, la evaporación, etc. Entre las variables de infiltración y morfológicas del suelo deben considerarse el grado de humedad y encharcamiento antecedente, la pendiente, la existencia de depresiones

que permitan almacenamientos superficiales de agua, las posibilidades de escurrimiento encauzado (natural o antrópico), la capacidad de infiltración, el almacenamiento de humedad en el suelo, etc. Entre las variables de condiciones de uso, cobertura y ocupación del suelo deben considerarse las áreas permeables, las áreas impermeables, el tipo y grado de cobertura vegetal, etc. Este coeficiente depende claramente de las características de drenaje de la hoya estudiada. Se ha redefinido el coeficiente de escorrentía igual a 0.8 (valor medio) para áreas similares (Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas) a las que se recomienda en la tabla VIII.4 Valores de C para diversos tipos de superficie (Código Ecuatoriano De La Construcción De Parte IX Obras Sanitarias, 06-1992-08-18).

Área de drenaje:

El área de drenaje o tributaria corresponde al área en proyección horizontal aferente a la zona de proyecto. Esta área, como se mencionó previamente, se ha cuantificado igual a 430Ha.

Tiempo de Concentración:

El tiempo de concentración, se define como el lapso que toma toda el área drenante en aportar a la escorrentía en la sección de salida, asimismo como el intervalo de tiempo en que se produce el caudal máximo en dicha sección (MANZANO, 2012). Cuando se utiliza la fórmula Racional, se debe suponer que el caudal máximo ocasionado por una determinada intensidad del aguacero de diseño sobre un área de drenaje específica es producido por el referido aguacero. Técnicamente, se define este último como el tiempo de concentración, TC. Desde el punto de vista de la seguridad en la obtención de caudales máximos instantáneos, se ha definido la fórmula de Kirpich para estos cálculos. Para esta fórmula, el valor resulta 5 min, por lo que se adopta el valor de 5 minutos.

Fórmula de Kirpich:

$$TC = 3.9780 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

En donde:

TC: Tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en min.

L: Longitud del cauce principal, en km.

S: Pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce principal, en m/m.

Resultados y Discusión


Área (Ha)	Coefficiente de escorrentía	Tiempo Concent. Min.	Intensidad 5 años mm/h	Intensidad 10 años mm/h	Intensidad 25 años mm/h	Intensidad 50 años mm/h	Intensidad 100 años mm/h
430	0.8	5	127.45	152.27	182.98	206.11	228.83
CAUDAL PLUVIAL PARA VARIOS PERIODOS DE RETORNO 			Caudal pluvial (m3/s) 5 años	Caudal pluvial (m3/s) 10 años	Caudal pluvial (m3/s) 25 años	Caudal pluvial (m3/s) 50 años	Caudal pluvial (m3/s) 100 años
			121.88	145.61	174.98	197.1	218.83

Figura 5: Caudales Máximos para varios periodos de retorno (m3/s)

Se obtienen los caudales máximos para varios periodos de retorno que son 5, 10, 25, 50 y 100 años, en las unidades de metro cubico sobre segundo (m3/s), para la microcuenca, dichos caudales se obtuvieron mediante el método racional utilizado para cuencas menores a 5km, como las normas del Ecuador lo estipulan, los mismo sirve como herramienta para futuros diseños de obras hídricas ya que actualmente la capacidad de drenaje en la microcuenca es mínima, esto ocasiona que sistema de alcantarillado pluvial no abastezca para el transporte del caudal por precipitaciones máximas. Lo que conlleva a que en precipitaciones extremas con caudales máximos ocasionen inundaciones.

Conclusiones

- El método racional es un instrumento útil para la obtención de todos estos valores.
- Los caudales máximos obtenidos son esenciales para el diseño de obras hidráulicas de drenaje que permitan subsanar las inundaciones en el área estudiada.
- Al momento de diseñar obras hidráulicas se deben tomar en cuenta todos estos caudales máximos para obtener los cálculos de diseños acertados.

Referencias

1. Código Ecuatoriano De La Construcción De Parte IX Obras Sanitarias. (06-1992-08-18). Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS. 5.4.2.1, Ecuador.
2. Fernanda J. Gaspari , Gabriela E. Senisterra, & Raúl M. Marlats . (2007). Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones del uso del

- suelo. Cuenca Modal del sistema Serrano de Ventana, Argentina. *Revista de la Facultad De Ciencias Agrarias*, 21-28.
3. López, N. A. (2019). ESTIMACIÓN DE INTENSIDAD DE LLUVIA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE RIESGO POR REMOCIÓN DE MASA, EN UN SECTOR DE LA COMUNIDAD DEL CAMPANERO DE LA ZONA 8 DE MIXCO. GUATEMALA.
 4. MANZANO, I. D. (2012). APLICACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE UNA MICROCUENCA URBANA EN LA CIUDAD DE OCAÑA. Colombia.
 5. Sandoval Erazo, W. R., & Aguilera Ortiz, E. P. (Diciembre de 2014). Determinación de Caudales en cuencas con poco información Hidrológica. *Revista Ciencia UNEMI*, 100-110.