

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 1 de 7

FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PREGRADO
BOGOTÁ D.C.

LICENCIA CREATIVE COMMONS:

Atribución Atribución compartir igual Atribución no comercial sin derivadas
 Atribución sin derivadas Atribución no comercial compartir igual Atribución no comercial

AÑO DE ELABORACIÓN: 2020

TÍTULO

BLASTOISE, SOFTWARE DE CÁLCULOS HIDROLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS MEDIANTE EL MODELO HEC – HMS.

AUTORES

Chocontá Bejarano, Jairo Alexander y Guevara Carrillo, Cristian Ricardo.

DIRECTOR(ES) / ASESOR(ES)

Torres Quintero Jesús Ernesto.

MODALIDAD: Trabajo de investigación.

PÁGINAS: 117 **TABLAS:** 40 **CUADROS:** N/A **FIGURAS:** 34 **ANEXOS:** 26

CONTENIDO

GLOSARIO
 RESUMEN
 ABSTRACT
 INTRODUCCIÓN
 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO
 2. MARCO DE REFERENCIA
 3. METODOLOGÍA
 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA
 5. PRODUCTOS A ENTREGAR

6. CONCLUSIONES
7. RECOMENDACIONES
8. TRABAJOS FUTUROS
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

DESCRIPCIÓN

Esta investigación de enfoque cuantitativo presenta la elaboración de un software que busca servir de herramienta para calcular ecuaciones de hidrología usadas principalmente en los ríos donde hay escasez de datos de régimen de caudales. Este trabajo se desarrolló en C# desde el entorno de programación de Visual Studio y su aplicación se basó en seguir la metodología HEC - HMS.

METODOLOGÍA

La metodología se desarrolló con los instrumentos mencionados en las "FASES" con relación al análisis preliminar de la cuenca, bajo los parámetros divididos en "ETAPAS" las cuales se utilizaron para la modelación hidrológica de la misma.

- FASE UNO: Recolección de información.
- FASE DOS: Caracterización morfométrica Cuenca Alta del Río Partadó
- FASE TRES: Resultados y validación de BLASTOISE

- ✓ ETAPA UNO DEL MODELO EN CASCADA: Análisis de los requerimientos
- ✓ ETAPA DOS DEL MODELO EN CASCADA: Diseño del software
- ✓ ETAPA TRES DEL MODELO EN CASCADA: Codificación e implementación
- ✓ ETAPA CUATRO: Prueba del software.
- ✓ ETAPA CINCO: Mantenimiento y operación.

PALABRAS CLAVE

SOFTWARE, HIDROLOGÍA, CUENCA HIDROLÓGICA, CAUDAL, RÍO PARTADÓ.

CONCLUSIONES

- Acorde con los algoritmos elaborados, se construyó un software como herramienta basada en C# en la que se implementaron los algoritmos matemáticos desarrollados a partir de las ecuaciones de hidrología. Con la herramienta alcanzada, se ha automatizado buena parte de la metodología hidrológica empleada en la caracterización morfométrica de cuencas logrando reducir tiempo en el trabajo que este proceso requiere, siendo esta la mayor diferencia con otras herramientas manejadas en la Universidad, permitiendo responder a los objetivos planteados como calibrar las ecuaciones básicas de hidrología para obtener la evapotranspiración y el balance hídrico a través del software e implementar el cálculo de los parámetros de drenaje para la modelación hidrológica dentro de las funcionalidades.

- Se caracterizó el Río Partadó y se determinó que la clasificación del suelo corresponde a un terreno con un potencial moderadamente alto de escorrentía y de acuerdo a la topografía del lugar y a estudios anteriores se determina que el tipo de

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 3 de 7

suelo corresponde a un terreno boscoso con buena cubierta forestal, permitiendo establecer las características de la cuenca.

- Se lograron aplicar los resultados del software BLASTOISE en la obtención de los caudales máximos por medio de la modelación HEC – HMS en la cuenca del Río Partadó, con lo que se pudo determinar que los resultados de la caracterización morfométrica de la cuenca del Río Partadó evidencian que cuenta con un sector hidrológico con un área de 74.04 Km², una longitud del cauce de 16.69 Km y una pendiente media del cauce de 2.52%. La cuenca posee una forma alargada y con baja susceptibilidad a las avenidas y conforme a la curva hipsométrica corresponde a un río viejo.
- Luego de presentar los parámetros utilizados para cada título correspondiente a la caracterización de la cuenca se lograron calibrar los cálculos hidrológicos de dichos parámetros y se evidencia que con el uso del software se obtiene fácilmente resultados verídicos y confiables, lo cual simplifica el tiempo que normalmente se requiere para formular una hoja de Excel hasta obtener los mismos resultados.
- Se estudió el fundamento teórico de la Hidrología con aplicación a la metodología usada en HEC-HMS puesto que, el trabajo consistió en desarrollar una herramienta para aplicar dicho fundamento en la práctica hidrológica, por lo que se concluye que el presente estudio aporta como insumo para caracterizar los ríos, en especial aquellos de los que se cuentan con pocos datos.
- Con el software construido se simplifica parte de la metodología en hidrología, lo cual reduce los tiempos de caracterización de cuencas y facilita analizar aspectos relevantes de las mismas al contar con los datos en una misma interfaz de fácil manejo para el usuario. En relación con esto, fueron también diseñados manuales de requisitos de usuario basado en las normas legales vigentes de la IEEE-830.
- Con la aplicación de BLASTOISE realizada en el Río Partadó se comprueba que es factible el proceso de estudiar cuencas similares con datos recopilados a través de las estaciones del IDEAM.
- El software construido podría ser un aporte para los vacíos encontrados por Carvajal, Arango y Jiménez [7], quienes reportaron en su estudio del 2007 que no se contaba con un software especializado que generara cálculos matemáticos confiables para obtener ecuaciones hidrológicas; que también fueron encontrados por Díaz, Guacaneme, y Alonso (2017) [8]; y Gómez y Castillo (2005) [9].
- El presente documento evidencia fortalezas al usar dos tipos de metodologías una propia, elaborada en HEC-HMS y metodología en cascada, las cuales cobran una relevancia al crear una sinergia entre estas para desarrollar los objetivos específicos, por lo que puede considerarse novedoso en este campo de la ingeniería civil.
- Los puntos más importantes logrados en la metodología en cascada fueron que al abordar de manera sistemática e iterativa la evolución de las etapas de desarrollo se modificaban errores que podrían afectar el producto en una etapa avanzada.

- Se aprovechó que en la fase final del proyecto se agregó la funcionalidad de poder conectar el API del IDEAM para recibir información de las estaciones hidrometeorológicas con sus actualizaciones.

FUENTES

- [1] A. Drozdek, «OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING AND REPRESENTATION OF OBJECTS,» STUDIES IN LOGIC, GRAMMAR AND RHETORIC, p. 293/, 2015.
- [2] A. L. Aldana Valverde, « La necesidad del desarrollo de servicios hidrológicos para la reducción de daños por inundaciones,» Tecnología y ciencias del agua, pp. 57-62, 2016.
- [3] A. M. d. Juradó, «PLAN DE DESARROLLO PERÍODO 2020 - 2023,» CONCEJO MUNICIPAL DE JURADÓ, Juradó, 2020.
- [4] A. Valverde, «La necesidad del desarrollo de servicios hidrológicos para la reducción de daños por inundaciones,» Tecnología y ciencias del agua, pp. 57-62, 2016.
- [5] A. Wałęga, «Application of HEC-HMS programme for the reconstruction of a flood event in an uncon-trolled basin,» Journal of Water and Land Development, pp. 13-20, 2013.
- [6] B. E. O. Monte, D. D. Costa, M. B. Chaves, L. d. O. Magalhães y C. B. Uvo, «Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas.,» RBRH, pp. 152-167, 2016.
- [7] B. S. Mejía Arrieta, Estimación de curva IDF a partir de lluvias máximas en 24 horas en el Departamento del Atlántico, Barranquilla: Universidad de la Costa Barranquilla. Facultad de Ingeniería, 2017.
- [8] C. B. Martínez Torres, DESARROLLO DE SOFTWARE PARA ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO CON APLICACIÓN EN GEOTECNIA, México, D. F.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2014.
- [9] C. Duran Sarmientos, E. García Troya, A. Panchano Ramón, A. Terán Reyes y U. Ullauri Ortega, Método del Hidrograma Unitario, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias, Matemáticas y Físicas, Escuela de Ingeniería Civil, 2015.
- [10] C. G. Prieto Álvarez, Adaptación de las Metodologías Tradicionales Cascada y Espiral para la Inclusión de Evaluación Inicial de Usabilidad en el Desarrollo de Productos de Software en México., HUAJAPAN DE LEÓN: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA, 2015.
- [11] E. A. Ortiz Higuera, CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA, MODELACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA CUENCA DEL CAUCE EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD BLANCA, DEL MUNICIPIO SAN GIL, DEPARTAMENTO DE SANTANDER, MEDIANTE EL USO DE LAS HERRAMIENTAS HEC-GEOHMS Y HEC-GEORAS, Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2015.
- [12] E. F. Martínez Ortega, MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA ALTA DEL RIO ATRATO MEDIANTE HEC-HMS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS, Universidad Santo Tomas de Aquino Bogotá, Facultad de Ingeniería, 2014.
- [13] E. Gómez y H. Castillo, Aplicación del modelo computacional HEC-HMS en la estimación de caudales máximos en la cuenca del río frío Cundinamarca., Bogotá: Repositorio: Universidad Católica de Colombia, 2005.

- [14] E. Mochica Mamani, Análisis de máximas avenidas con fines de diseño de defensa del río chichanaco de la ciudad de Sandia, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Ingeniería, 2013.
- [15] Estrategia municipal de respuesta a emergencias, «Alcaldía municipal de Nuquí,» 2012. [En línea]. Available: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/434/PMGR%20Nuqui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [16] F. j. Gaspari, «Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande Buenos Aires, Argentina,» revistas unlp, vol. 4, pp. 143-158, 2012.
- [17] F. L. Alonso Nore, U. A. Díaz Arias y D. F. Guacaneme Prieto, Estimación de caudales máximos para el sector hidrológico de la quebrada El Diamante, mediante modelación con HEC-HMS, Bogotá: Universidad Católica de Colombia Bogotá, Facultad de Ingeniería, 2017.
- [18] G. Hurtado M, «ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO PROMEDIO Y TENDENCIAS DE LARGO PLAZO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA PARA LAS REGIONES HIDROCLIMÁTICAS DE COLOMBIA,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Analisis+del+Comportamiento+de+la+Temperatura+Maxima.pdf/2a2f247c-f457-45f3-ac9a-f2a481f8daa6>.
- [19] G. Monsalve Sáenz, HIDROLOGÍA EN INGENIERÍA, Bogotá D.C.: Departamento de Publicaciones Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.
- [20] H. Calle, «Por fin sabemos por qué llueve tanto en el Pacífico,» EL ESPECTADOR, 3 10 2019.
- [21] H. Jimenez Escobar, Hidrología Básica I, Cali: Facultad de Ingeniería Universidad del Valle, 1986.
- [22] Hidrografía departamento del Chocó-Colombia, «Hidrografía del Chocó,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/choco/hidrografia.html>.
- [23] I. C. Society, SWEBOK Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, IEEE, 2014.
- [24] IDEAM, «Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos,» IDEAM, 2020. [En línea]. Available: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.
- [25] IDEAM, «INFORME DEL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES 2010,» 2010. [En línea]. Available: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022166/PARTE4.pdf>.
- [26] J. A. Hubbard, «Origins of Quantitative Hydrology: Pierre Perrault, Edme Mariotte, and Edmond Halley,» Water Resources IMPACT, vol. 13, nº 6, pp. 15-17, 2011.
- [27] J. D. Gamba Mejía y J. G. González Hernández, Curvas de rendimiento caudales máximos instantáneos asociados a diferentes periodos de retorno en Colombia, caso de estudio río Magdalena, Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2015.
- [28] J. J. Vélez y A. Botero Gutiérrez, «ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE REZAGO EN LA CUENCA EXPERIMENTAL URBANA DE LA QUEBRADA SAN LUIS, MANIZALES,» Dyna, vol. 78, pp. 58-71, 2011.
- [29] J. L. Rivas Herrera, «PLAN DE DESARROLLO "JURADO CAMINO AL DESARROLLO" PARA EL MUNICIPIO DE JURADO - CHOCO, PERIODO INSTITUCIONAL 2020-2023,» CONCEJO NACIONAL DE JURADO, Jurado, 2020.
- [30] J. S. Benavides Contreras y H. A. Robayo Botero, Diseño hidráulico y seguimiento de obras para el control de erosión en ríos y taludes en los tramos 2-3 y

4 de la vía Bogotá-Villavicencio, Universidad Libre Bogotá, Facultad de Ingeniería, 2013.

[31] K. Sedano Cruz, Y. Escobar y Á. Ávila Díaz, «Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundaciones en Colombia.,» Luna Azul, pp. 219-238, 2013.

[32] L. Cohen, L. Manion y K. Morrison, Research Methods In Education, vol. Seventh Edition, London: Routledge Taylor y Francis Group, 2011.

[33] L. S. Nanía, Manual Básico de HEC-HMS 3.0. y HEC-GeoHMS 1.1, Universidad de Granada Madrid, Área de Ingeniería Hidráulica, 2007.

[34] M. A. Camino, «Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina),» Revista Universitaria de Geografía, vol. 27, nº 1, pp. 73-97, 2018.

[35] M. d. A. y. D. Sostenible, «CVC Gobierno Nacional,» 2017. [En línea]. Available: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf.

[36] M. M. Vargas, S. Beskow, T. L. Caldeira, L. d. L. Corrêa y Z. A. d. Cunha, «SYHDA – System of Hydrological Data Acquisition and Analysis.,» RBRH, pp. 11-24, 2019.

[37] M. y. E. A. El Instituto de Hidrología, «Glosario IDEAM,» 2014. [En línea]. Available: [www.ideam.gov.co > web > ocga > glosario](http://www.ideam.gov.co/web/ocga/glosario).

[38] O. Ruiz Álvarez, R. Arteaga Ramírez, M. Vázquez Peña, R. Ontiveros Capurata y R. López López, «BALANCE HÍDRICO Y CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO,» Universidad y Ciencia, vol. 28, nº 1, pp. 1-14, 2012.

[39] P. Darbandsari y P. Coulibaly, «Inter-comparison of lumped hydrological models in data-scarce watersheds using different precipitation forcing data sets: Case study of Northern Ontario, Canada,» Journal of Hydrology, vol. 31, nº 1, pp. 1-22, 2020.

[40] P. Duque Sarango, D. M. Patiño y X. E. López, «Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical,» Información Tecnológica, pp. 351-362, 2019.

[41] P. Gao, G. J. Carbone y L. Junyu, Flood Simulation in South Carolina Watersheds Using Different Precipitation Inputs, Columbia: University of South Carolina, Department of Geography, 2018, p. 1-10.

[42] P. Villegas, «Método del Número de Curva del SCS,» Agua y SIG, [En línea]. Available: <https://aguaysig.com/metodo-del-numero-de-curva-del-scs/>.

[43] plan de desarrollo municipal de juradó, «Alcaldía municipal de juradó,» 2012-2015. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/135539727-Municipal-de-jurado-para-que-el-cambio-continue.html>.

[44] R. H. Sampieri, C. F. Collado y M. d. P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, vol. Sexta Edición, México D.F.: McGRAW Hill Education, 2014.

[45] S. D. Varón Gutiérrez y G. Vargas Cuervo, «Análisis de la susceptibilidad por inundaciones asociadas con la dinámica fluvial del río Guatiquía en la ciudad de Villavicencio, Colombia.,» Revista Colombiana de Geografía, pp. 152-174, 2019.

[46] V. Araujo Aranda, «Parametros cuenca delimitación - cálculos,» Slideshare, 29 10 2014. [En línea]. Available: <https://es2.slideshare.net/valmisarandaaraujo/parametros-cuenca-delimitacion-ciclos#:~:text=17.,cuenca%20ser%C3%A1%20de%20forma%20circular..>

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada Mineducación	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	Código: F-010-GB-008
		Emisión: 26-06-2020
		Versión: 01
		Página 7 de 7

[47] V. Estrada Sifontes y R. M. Pacheco Moya, «Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba.,» Ingeniería Hidráulica y Ambiental, pp. 71-80, 2012.

[48] V. T. Chow, D. R. Maidment y L. W. Mays, Hidrología aplicada, M. Edna Suárez, Ed., McGRAW-HILL Interamericana s.a, 1994.

[49] W. Murillo, R. Palomino, S. Córdoba, G. Aragón y E. Banguero, «El régimen diario de la precipitación en el municipio de Quibdó (Colombia),» Revista de Climatología, vol. 5, pp. 1 - 7, 2005.

[50] Y. Carvajal Escobar, D. Arango López y H. Jiménez Escobar, «Estimación de caudales promedios mensuales por subcuencas hidrológicas mediante modelación con HEC-HMS.,» Tecnura, pp. 14-28, 2007.

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1. Datos de precipitación máxima en 24 horas de la Estación hidrometeorológica pluviométrica del departamento del Chocó CUPICA – 56010030.

ANEXO 2. Aforo Río Partadó pequeña central hidroeléctrica pch Juradó.

ANEXO 3. Código de ecuaciones de parámetros de drenaje.

ANEXO 4. Código de ecuaciones de parámetros de intensidad máxima para diferentes períodos de retorno.

ANEXO 5. Código de ecuaciones de balance hídrico y ETP.

ANEXO 6. Medición de serie de caudales medios mensuales desde el año 1972 hasta 1988.

ANEXO 7. Manual de Instalación.

ANEXO 8. Manual del Usuario.