

Rubber Dam use in agriculture, case of study, Chilintomo river

Luis Moya Chávez, Mgs¹, Pietro Corapi, M.Sc.¹, Tanya Llamuca García, Mgs.¹ and Ximena Carolina Acaro Chacon¹

¹Universidad de Guayaquil, Ecuador, luisemoyach@outlook.com, pietro.corapi@ug.edu.ec
llamucatanya@gmail.com, ximena.acaroc@ug.edu.ec

Abstract— The Chilintomo irrigation system serves an area of 2000 ha and has been in operation since the 1970s. The diversion structure worked with a dam with planks, which were placed when the winter season ended to take advantage of the low water flows. In 2016 the structure was "repowered" by implementing a 3 m concrete dam; however, this has caused problems with flooding upstream of it. This research aims to cover the use of inflatable dams in agriculture, analyzing the case study of the Chilintomo River - Ecuador, which allows the free passage of maximum flows in the rainy season and in turn allows controlling the levels in the channel in dry season. The methodological process contemplated the collection of meteorological and cartographic data, information processing, modeling and design proposal, in order to establish a runoff rain model using HEC - HMS, analysis and results of the hydraulic model with two scenarios of the inflatable gate. The results obtained from the modeling show that the structure allows to mitigate the floods that produce the maximum flows for the low return periods, and in dry season it will be able to divert the flows towards the irrigation channels of the system. The implementation of agri-food systems is part of the 17 Sustainable Development Goals (SDG) (1, 2, 9, 15, 16 and 17), proposed by the United Nations (UN) in 2015.

Keywords—*Hec-Hms, Hec-Ras, Infrastructure, Rubber Dam.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Uso de presas inflables en la agricultura, caso de estudio, río Chilintomo

Luis Moya Chávez, Mgs.¹, Pietro Corapi, M.Sc.¹, Tanya Llamuca García, Mgs.¹ and Ximena Carolina Acaro Chacon¹

¹Universidad de Guayaquil, Ecuador, luisemoyach@outlook.com, pietro.corapi@ug.edu.ec
llamucatanya@gmail.com, ximena.acaroc@ug.edu.ec

Resumen— El sistema de riego Chilintomo sirve a una superficie de 2000 ha y está en funcionamiento desde la década de los 70's. La estructura de derivación funcionaba con una represa con tablonces, que eran colocados cuando la época invernal terminaba para aprovechar los caudales de estiaje, en el 2016 la estructura fue "repotenciada" implementando un azud de hormigón de 3 m, sin embargo, esto ha ocasionado problemas con inundaciones aguas arriba de la misma. Esta investigación pretende plantear el uso de presas inflables en la agricultura, analizando el caso de estudio del río Chilintomo - Ecuador, que admita el paso libre de los caudales máximos en época de precipitaciones y a su vez permita controlar los niveles en el cauce en estiaje, el proceso metodológico contempló recopilación de datos meteorológicos y cartográficos, procesamiento de información, modelación y propuesta de diseño, con la finalidad de establecer un modelo de lluvia escorrentía usando HEC – HMS, análisis y resultados del modelo hidráulico con dos escenarios de la compuerta inflable. Los resultados obtenidos de las modelaciones demostraron que la estructura permite mitigar las inundaciones que producen los caudales máximos para los periodos de retorno bajos, y en estiaje podrá derivar los caudales hacia los canales de riego del sistema, La implementación de sistemas agroalimentarios forman parte de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (1, 2, 9, 15, 16 y 17), propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2015.

Keywords—Hec-Hms, Hec-Ras, Infraestructura, Compuerta Inflable.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es una de las principales fuentes de vida. La disponibilidad del agua es tan prioritaria para el desarrollo de la vida del ser humano, a diferencia de otros recursos al agua no se le conoce un sustituto, [1]. Para el 2050 una de cada tres personas probablemente desarrolle su vida en un país afectado por la escases hídrica de agua dulce [2]. La UNESCO [3, p. 45] sostiene que "a medida que aumentan las presiones sobre los recursos de agua dulce del mundo, las organizaciones y todos los actores que lidian con la Gestión Integral de Recursos Hídricos se enfrentan a crecientes desafíos".

Una adecuada gestión de los recursos hídricos contempla un balance entre demanda y su disponibilidad. Afectada por el crecimiento demográfico, la disponibilidad natural del recurso, y el volumen de aguas residuales sin tratamiento que son vertidas a cuerpos de aguas naturales [4]. El ser humano se ha visto en la necesidad de buscar nuevas tecnologías que

garanticen la disponibilidad del agua a través del tiempo [5]. El estrés hídrico representa una gran amenaza para la agricultura, por lo que la implementación de sistemas de riego con mejor tecnificación permite la sostenibilidad del recurso agua [6].

Según la FAO [7], la agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, llegando al 70% del consumo total de agua en el planeta, y se plantea que para el 2050 deberá tener mejores formas de administrar este recurso, teniendo en cuenta que para ese año se estima que se debe generar un 60 % más de la producción actual y llegando al 100% en los países en vías de desarrollo. "La producción agrícola ha crecido de 2.5 a 3 veces, la agricultura usa un 11% de la superficie de las tierras del mundo para producción agrícola" [8].

En la Fig. 1 se puede observar el cambio de uso de suelo agrícola en el Ecuador a través del tiempo.

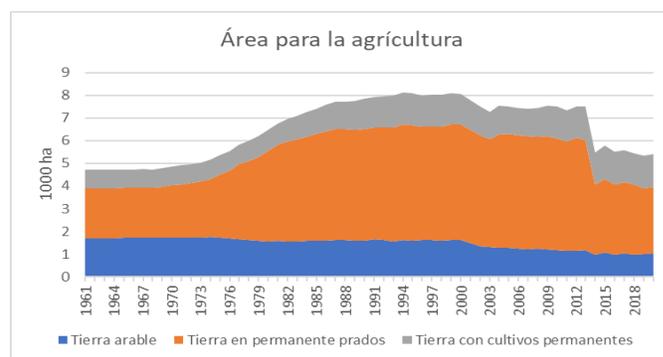


Fig. 1 Área agrícola en el Ecuador
Fuente: [9]

A. Ubicación

El río Chilintomo se encuentra ubicado en los límites de la provincia del Guayas y Los Ríos, la comunidad donde se va a realizar el estudio pertenece a el cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), la ubicación de la presa se encuentra a unos 15 minutos desde la cabecera cantonal, la ciudad que lleva el mismo nombre.

La red hidrográfica principal del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan) cuenta con los cauces: Amarillo, Jujan y Chilintomo, la extensión de la cuenca hasta el sitio de análisis es de 225.73 km² como se puede observar en la Fig. 2.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

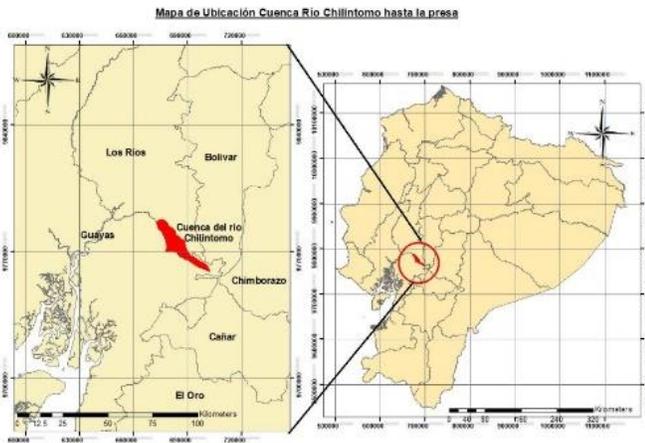


Fig. 2 Ubicación del área de estudio
Fuente: [10]

El sistema de riego Chilintomo fue concebido e inició su construcción en el año de 1973, la que terminó en 1978. El área de riego programada en su concepción planteaba el regadío de 1800 hectáreas, aunque los estudios hidrográficos de la época demostraban que solo se podrían regar 1330 hectáreas, los objetivos del proyecto original se basan en la construcción del sistema de riego y drenaje, aumentar las áreas dedicadas al riego, mejorar la producción agrícola dando asistencia al agricultor [11].

La junta y el proyecto de riego Chilintomo se encuentra en la margen derecha del río que lleva el mismo nombre, el cual pertenece a la delimitación hidrográfica del río Babahoyo y es afluente del río Jujan, en la actualidad este proyecto sirve al riego de 800 a 2000 hectáreas.

Desde la década de los 70's se contaba con una estructura que era operada con tablonces sobre un vertedor de cresta ancha, en la época de estiaje cuando el agua escaseaba se usaban los tablonces Fig. 3, que permitían incrementar el nivel del agua en el río para que este llegue hasta la derivación, y cuando las lluvias llegaban, estos tablonces eran retirados y permitían el paso del flujo dentro del cauce sin mayor obstáculo.

En el año 2016 el sistema de riego tuvo una intervención en la que se eliminó la estructura de tablonces y se implementó un azud de hormigón de 3 m de altura, lo que generó problemas de inundaciones aguas arriba de la estructura por el remanso hacia aguas arriba.



Fig. 3 Compuerta de tablonces en el río Chilintomo
Fuente: [12]

Por lo expuesto es necesario la implementación de una estructura móvil, similar a la anterior, que solo obstruya el flujo en la época de estiaje, mientras que en los meses de lluvia permita el paso del flujo sin mayor restricción, para lograr este cometido se plantea el uso de una presa inflable o “rubber dam” [13] y [14], si se piensa detenidamente se puede llegar a la conclusión que esta opción tiene el mismo funcionamiento de la estructura de tablonces que se usaba al inicio del proyecto, y que funcionó sin mayores contratiempos por cerca de 40 años.

Este tipo de estructuras no son nuevas Fig. 4, existen presas inflables en todo el mundo, la idea partió desde la década de los años 70 [13], y en el Ecuador ya se han empleado estructuras similares que funcionan con el mismo principio, tal como las usadas en el proyecto Daule-Vinces [15], el material del que están hechas estas estructuras es un tejido resistente de una lámina de goma que funciona como la armadura de acero en el hormigón armado, es decir absorbe la carga de tracción que soporta la lámina cuando esta inflada, el caucho más habitual es el NR (nitrilo rubber) y el CR (cloropreno rubber) [13].

Este proyecto se encuentra enmarcado en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas en la implementación de los (ODS) [16], enmarcándose de forma particular en 1, 2, 9, 15, 16 y 17.

Este trabajo forma parte de la investigación del tema de tesis de maestría, Diseño De Una Estructura Móvil Para El Control De Niveles De Agua En El Río Chilintomo, Provincia Del Guayas – Ecuador [17].



Fig. 4 Presa inflable
Fuente: [13]

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada se resume en la Fig. 5:

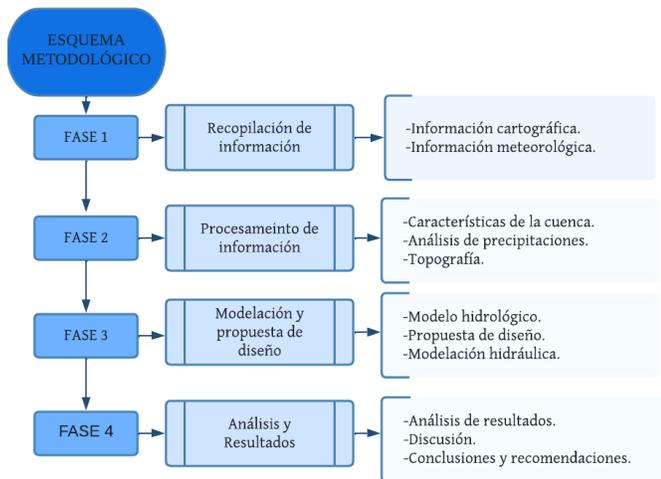


Fig. 5 Esquema metodológico

Fase 1: Recopilación de información

La información cartográfica se la obtuvo desde el Sistema Nacional de Información [10], con la escala 1:50 000, lo que permitió identificar los cauces y la cuenca de drenaje principal y las subcuencas. Una vez identificada el área de estudio se procede a establecer cuáles son las estaciones meteorológicas que fueron seleccionadas en el estudio, esto teniendo en cuenta la ubicación y la cantidad y calidad de los registros Fig. 6.



Fig. 6 Ubicación de las estaciones meteorológicas
Fuente: [10]

Fase 2: Procesamiento de información

En base a los desarrollados en la fase 1, se realizó la caracterización de la cuenca, calculando la curva hipsométrica, el factor de Horton, índice de Gravelius, perfil longitudinal de río, la pendiente del cauce.

El análisis de precipitación se realizó el cálculo del polígono de Thiessen, estableciendo las estaciones que se usaron, iniciando con la recolección de los datos de lluvias máximas en 24h, los datos se evaluaron usando una prueba de bondad de datos Smirnov-Kolmogorov [18], que permite determinar de forma aproximada la calidad de los datos de una serie aleatoria [19]. Con los datos evaluados se realizan la distribución teórica, para esto se analiza de forma visual con los datos registrados y se busca cual es la que mejor ajuste presenta. Estos datos son los que permiten realizar primero la curva Intensidad – Duración – Frecuencia y luego los hietogramas de precipitación.

Para la topografía, se usó un hito del Instituto Geográfico Militar (IGM), ubicado en el edificio principal de la policía judicial de Babahoyo, a 17 km del área de estudio.

Fase 3: Modelaciones y propuesta de diseño

La modelación hidrológica se realizó usando el software HEC-HMS [20], aplicando el criterio del hidrograma unitario de Clark usando el número de curvas para estimar las pérdidas y en tránsito de los tramos el método de Musking.

Para el diseño de la presa inflable, se usó la misma altura de la presa de hormigón actual, 3 metros, y la longitud en la sección propuesta es de 43.4 m, a partir de las características geométricas, Fig. 7, se procedió utilizar la metodología de cálculo de las presas inflables [13].

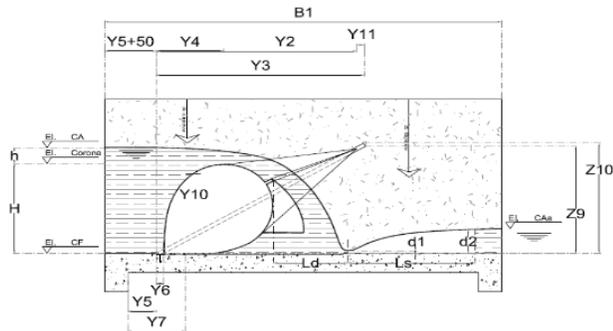


Fig. 7 Esquema, características de las presas inflables
Fuente: [21]

Establecidas las condiciones hidrológicas y las características de la estructura se procede a elaborar el modelo hidráulico usando el software HEC-RAS [22], para esto se utilizó la información de los caudales de la modelación hidrológica, la geometría del cauce, la características geométricas de la estructura actual y la propuesta de diseño, como se observa en la Fig. 8.

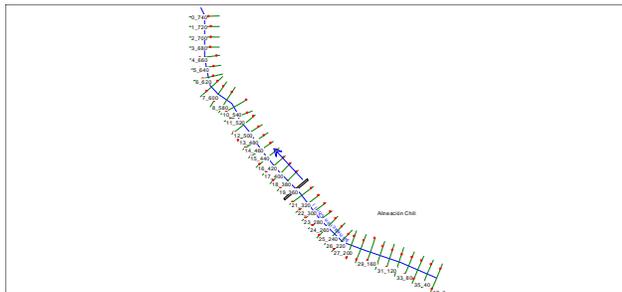


Fig. 8 Planta del modelo Hec-Ras

Fase 3: Análisis y resultados

Esta fase sirvió para conocer los niveles, para diferentes periodos de retorno, de agua contemplando la estructura del azud de hormigón y la presa inflable.

Una vez realizadas las modelaciones hidráulicas con ambos escenarios, con el azud de hormigón y con la presa inflable completamente desinflada, se procede a analizar los niveles que se producen en el cauce para diferentes períodos de retorno, se realiza la comparación de ambos casos, se puede ver si el planteamiento de la compuerta inflable modifica los tirantes que generan inundaciones y en qué medida lo hace.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Cartografía

La cuenca de drenaje tiene una extensión de 225.73 km², tiene un desnivel de 215 m, llegando su cota más alta a 225 msnm, para determinar estos parámetros se usó la cartografía del IGM con detalle de 1: 50 000, tal como se muestra en la Fig. 9:

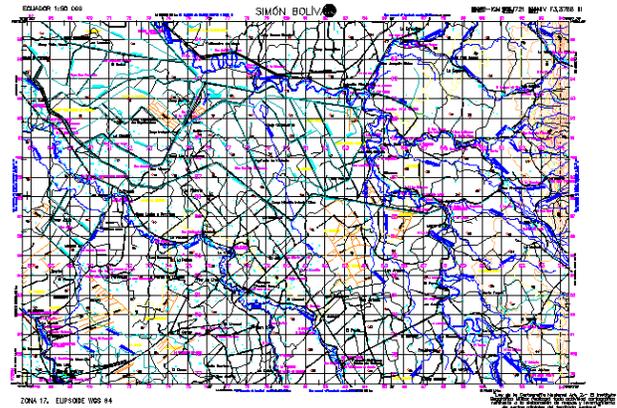


Fig. 9 Cartografía 1: 50 000, Simón Bolívar
Fuente: [10]

B. Meteorología

Una vez determinada la cuenca de drenaje, del listado de estaciones del INHAMI se buscan las estaciones más cercanas al área de estudio, para evaluar la cantidad de datos registrados y determinar cuales se van a usar dentro de este estudio.

C. Características de la Cuenca

De la curva Hipsométrica, presentada en la Fig. 10 se obtuvo que el río Chilintomo es un río viejo.

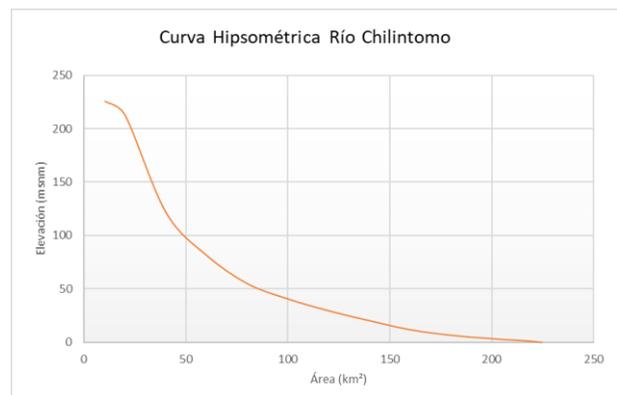


Fig. 10 Curva Hipsométrica del río Chilintomo

El factor de forma de Horton fue de 1.337, según lo que dice la teoría el grado de achatamiento es relativamente corto, por lo que hay una tendencia a concentrar escurrimiento de una precipitación intensa, lo que produce grandes crecidas. El índice de Compacidad es de 1.768, lo que da una forma clase 3, oval – oblongada rectangular – oblonga según la Tabla 1.

Tabla 1 Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redondeada
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 o más de 2	Oval - oblonga rectangular - oblonga

Fuente: [23]

El perfil longitudinal del río da una idea de las pendientes dentro del cauce, Fig. 11.

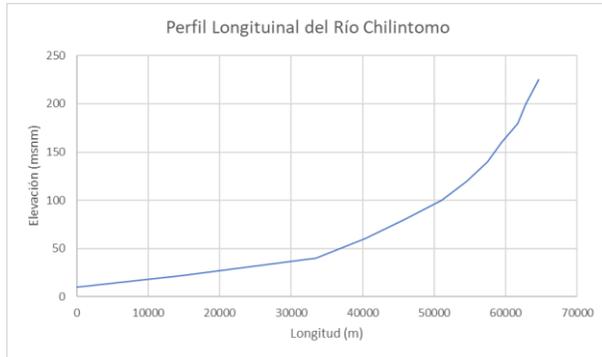


Fig. 11 Perfil longitudinal del río Chilintomo.

De la misma forma la pendiente del cauce, Tabla 2 da las pautas para el desarrollo de diversos proyectos dentro de la cuenca, como lo son captaciones para diferentes aprovechamientos .

Tabla 2 Pendiente del río Chilintomo

Elevación	Distancia	Desnivel	S	1/vS
10	0			
22	14603	12	0.0008	34.88
40	18883	18	0.0010	32.39
60	6799	20	0.0029	18.44
80	5531	20	0.0036	16.63
100	5216	20	0.0038	16.15
120	3499	20	0.0057	13.23
140	2893	20	0.0069	12.03
160	1957	20	0.0102	9.89
180	2342	20	0.0085	10.82
200	1056	20	0.0189	7.27
225	1775	25	0.0141	8.43
				180.15

La pendiente de la cuenca resulto ser 0.00372 m/m.

D. Análisis de la precipitación

Toda vez que se han determinado cuales son las estaciones que se encuentran cercanas a el área del estudio, se procede a seleccionar que estaciones van a ser usadas en el estudio, después de dicha labor, se procede a la determinación del polígono de Thiessen, Fig. 12.

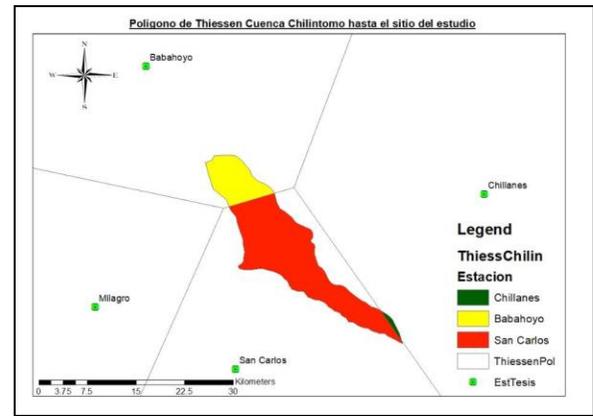


Fig. 12 Polígono de Thiessen

De esta forma se obtiene cual es el porcentaje de influencia de cada una de las estaciones respecto al área de la cuenca, y se procede a trabajar con las resultantes.

Se usaron los datos registrados de precipitaciones máximas en 24 horas, con los que se realiza una prueba de bondad de los datos, para esto se usa la metodología de Smirnov – Kolmogorov Tabla 3.

Tabla 3 Test Smirnov – Kolmogorov para las estaciones seleccionadas

Parámetro	Babahoyo	San Carlos	Chillanes
Δ Max	0.09	0.1665	0.1216
Δ_0	0.20517	0.21012	0.2154

Estos datos se usaron para determinar la distribución teórica, Log Pearson, Gumbel, Log Normal y Log Pearson Tipo III, aplicando la que mejor se ajusta a la serie de datos, para después tener la curva IDF de cada estación y sus respectivos hietogramas, los que después mediante el porcentaje de influencia de cada una de ellas sobre la cuenca permite calcular el correspondiente a la cuenca misma Fig. 13.

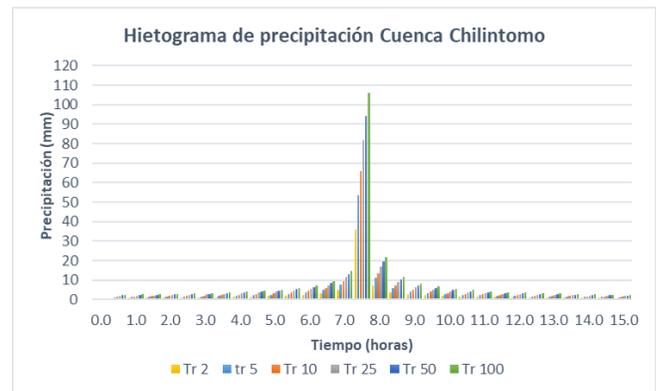


Fig. 13 Hietograma de precipitación diferentes períodos de retorno

E. Topografía

El levantamiento se realizó con una estación total marca Topcon GM-50, y un receptor GNSS Trimble R8s, un dron DJI Mavic 2 pro, y se procesó la información con el software Civil 3D y ArcGIS .

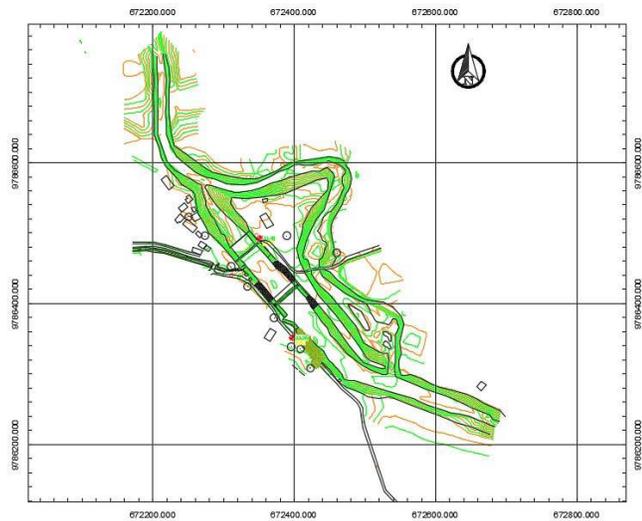


Fig. 14 Plano topográfico de la zona de implantación
Fuente: (Gobierno Provincial del Guayas)

F. Modelo Hidrológico

El modelo de lluvia escorrentía se lo realizó usando el modelo hidrológico de HEC-HMS, Fig. 15.

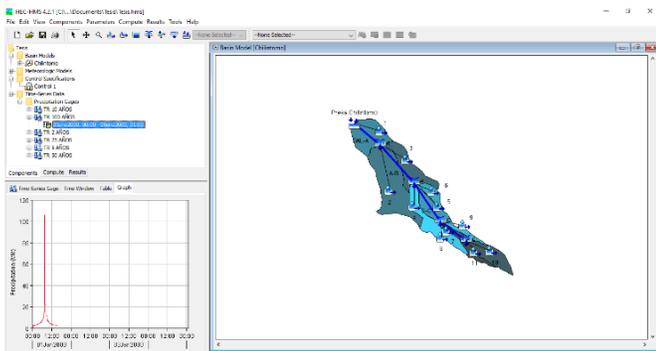


Fig. 15 Modelo hidrológico HEC – HMS

Donde se obtuvieron los siguientes hidrogramas Fig. 17.

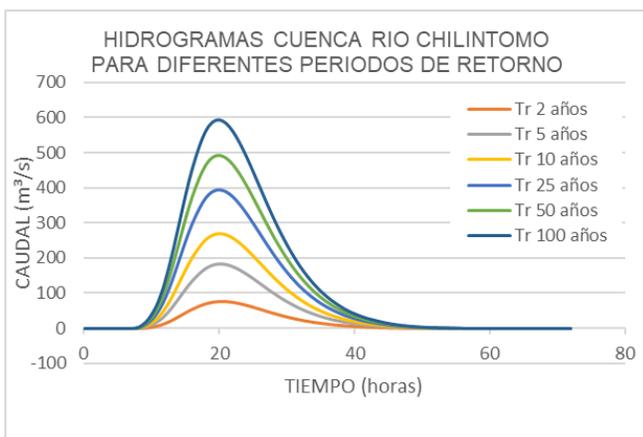


Fig. 16 Hidrogramas para diferentes periodos de retorno

G. Propuesta de diseño

Con la altura de la estructura se obtienen los demás elementos geométricos de la estructura Tabla 4, usando el esquema de la Fig. 7:

Tabla 4 Geometría de la presa inflable, en mm

H	B1	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
3000	6300	900	5195	3512	1860	257	155	1860

Y8	Y9	Y10	Y11	Z1	Z2	Z4	Z9	Z10
5370	550	13.8	130	2850	1127	251	3609	3745

H. Modelo Hidráulico

Este modelo se lo realizó con el simulador hidráulico HEC – RAS, describiendo 2 escenarios, uno con una obstrucción (azud de hormigón) Fig. 17, y el segundo simulando la compuerta inflable desinflada para que permita el paso de las avenidas, Fig. 18.

I. Discusión de resultados

Se muestran a continuación los perfiles de agua de los escenarios 1 y 2 respectivamente.

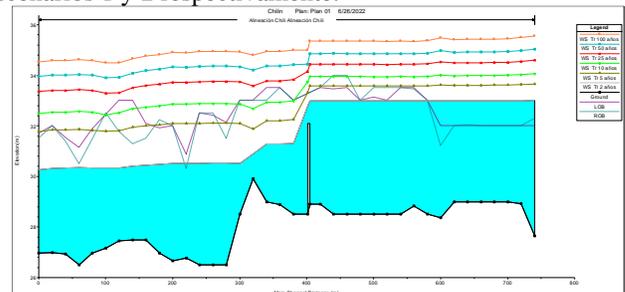


Fig. 17 Escenario 1, azud actual de hormigón

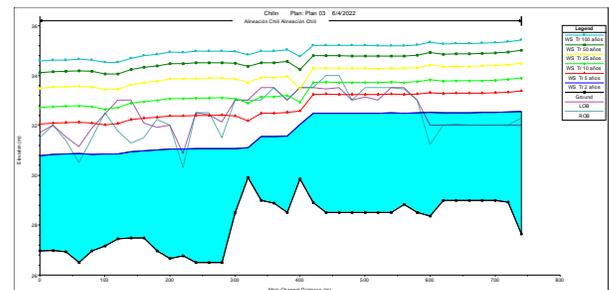


Fig. 18 Escenario 2, compuerta inflable completamente desinflada

A continuación, se muestra la variación de los niveles de agua en los dos escenarios analizados.

Tabla 5 Niveles de agua para diferente periodo de retorno

Años	Nivel de agua (msnm)	
	Periodo de Retorno	Escenario
	1	2
2	32.99	32.25
5	33.5	33.05
10	33.95	33.57
25	34.44	34.2
50	34.86	34.66
100	35.36	35.17

Como evidencia en la Tabla 5 el azud genera mayores inconvenientes en cuanto a los niveles por remanso aguas arriba de la misma, es por esto que la implementación del sistema de compuerta inflable mejora las condiciones del cauce y genera menor incidencia de inundaciones.

IV. CONCLUSIONES

De la modelación hidrológica se obtuvo los diferentes caudales para distintos periodos de retorno, con los que se analizó y se diseñó con el periodo de 100 años que equivale a 593 m³/s, sin embargo, para el análisis de los niveles en el cauce, se usan los más pequeños para 2, 5 y 10 años equivalentes a 74.9, 181.6 y 269.7 m³/s respectivamente.

Del modelo hidráulico se obtuvieron los niveles para ambos escenarios y se puede ver que para el periodo de retorno de 2 años hay una diferencia de cotas de 0.74 m, esta diferencia se va haciendo cada vez más pequeña con periodos de retorno más altos, esto por el confinamiento del modelo en las márgenes.

La estructura de regulación tiene una altura de 3 m, y ocupa toda la sección del río en la época de estiaje, permite un paso de 27.64 m³/s sobre su cresta, cuenta con un mecanismo que hace que la compuerta se desinflen automáticamente por alguna emergencia o por la llegada de las lluvias que aumenten el caudal del río.

Queda demostrado que la implementación de este tipo de estructura ayuda mucho en la agricultura, ya que la versatilidad de la misma mejora las condiciones del agua para riego en las pequeñas Juntas de riego, o incluso las grandes, una estructura inteligente, que se vacía automáticamente cuando el caudal que pasa sobre su cresta es muy elevado, y que en la época de precipitaciones se desinfla dejando pasar el flujo y evitando efecto de remanso que produce pérdida en los cultivos en las zonas aguas arriba de la estructura, además que por el tipo de estructura permite regular el inflado y la altura de la misma, funcionando de forma similar que la anterior, permitiendo el desarrollo de las actividades de riego en época de estiaje.

REFERENCIAS

[1] A. V. Rane, S. Thakur, and R. Thakur, Rubber dam-an introduction, no. 1985. Elsevier Inc., 2018.
 [2] Organización de las Naciones Unidas, La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible, no. 10. 2018.

[3] UNESCO, Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. 2019.
 [4] A. Guadarrama-Brito, María;Gálvan-Fernandez, "Impacto del uso de agua residual en la agricultura," Rev. Iberoam. las Ciencias Biológicas y Agropecu., vol. 4, 2015.
 [5] J. Suárez, "Obras hidráulicas para el progreso de América Latina," Obras Hidráulicas, 2020. <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/03/obras-hidraulicas-para-el-progreso-de-america-latina/>.
 [6] Banco Mundial, "En Ecuador, el riego tecnificado equivale a cultivos más sostenibles y mejor alimentación," 2021. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2021/07/14/en-ecuador-el-riego-tecnificado-equivale-a-cultivos-m-s-sostenibles-y-mejor-alimentaci-n> (accessed Jan. 29, 2023).
 [7] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "2050: la escasez de agua en varias zonas del mundo amenaza la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia," Foro Mundial del agua 7, 2015. <https://www.fao.org/news/story/es/item/283264/icode/>.
 [8] FAO, El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. 2011.
 [9] FAO, "FAOSTAT." <https://www.fao.org/faostat/en/#country/58> (accessed Jan. 29, 2023).
 [10] Sistema Nacional de Información, "Archivos de Información Geográfica - Sistema Nacional de Información," 2011. <https://sni.gob.ec/coberturas> (accessed May 05, 2022).
 [11] Cedege, "Plan Regional Integrado De La Cuenca Del Río Guayas Y La Península De Santa Elena Orientación-para el Desarrollo de la s Actividades Agropecuarias," 1983, [Online]. Available: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/29897/S30924E160Dvol3_es.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
 [12] El Oficial, "2 mil hectáreas de cultivos de Jujan reciben los beneficios de la represa Chilintomo," El Oficial, Alfredo Baquerizo Moreno (Juján), p. 3, 2018.
 [13] SPARE, "Rubber Dams Presas Inflables," pp. 1–93, 2011, [Online]. Available: www.spare.es.
 [14] X. Q. Zhang, P. W. M. Tam, and W. Zheng, "Construction, operation, and maintenance of rubber dams," Can. J. Civ. Eng., vol. 29, no. 3, 2002, doi: 10.1139/102-016.
 [15] E. Telegrafo, "170.000 hectáreas de Guayas y Los Ríos tendrán riego y protección en el invierno," 2015. <https://www2.letelegrafo.com.ec/noticias/politica/3/170-000-hectareas-de-guayas-y-los-rios-tendran-riego-y-proteccion-en-el-invierno>.
 [16] Organización de las Naciones Unidas, "Objetivos y metas de desarrollo sostenible," 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (accessed Feb. 01, 2023).
 [17] L. Moya, "Diseño De Una Estructura Movil Para El Control De Niveles De Agua En El Río Chilintomo, Provincia Del Guayas – Ecuador," Universidad de Guayaquil, 2022.
 [18] M. Villón, "Hidrología Estadística," p. 435, 2013.
 [19] A. Díaz, Estadística Y Probabilidad (Diseño Hidrológico). 2010.
 [20] US Army Corps of Engineers, "Hydrologic Modeling System User ' s Manual," Transform, no. September, p. 290, 2008.
 [21] J. Rivero, Estudios De Factibilidad Y Diseño Definitivo De Presas De Cauce En La Región Norte De Santa Elena Diseño Definitivo De Las Presas De Cauce. 2018.
 [22] Usace, "Hec-Ras River Analysis System User ' s Manual," no. February, p. 171, 2016.
 [23] B. L. Cardona, "Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.," 2016.