

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN
- RAE -**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

RIUCaC

**FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

LICENCIA CREATIVE COMMONS: Atribución no comercial

AÑO DE ELABORACIÓN: 2017

TÍTULO: Diagnóstico de la calidad del agua mediante cálculo de un ICA y modelación de un tramo del río Tunjuelo en el sector de bosa libertador

AUTOR (ES): Reyes Ojeda, Cristian Fernando y Ruiz Bravo, Luis Eduardo

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES): Pulgarin Montoya, Diego Alejandro

MODALIDAD: Trabajo de investigación

PÁGINAS: 93 **TABLAS:** 20 **GRAFICAS:** 24 **FIGURAS:** 21 **ANEXOS:** 3



CONTENIDO:

1. INTRODUCCIÓN
 2. ANTECEDENTES
 3. JUSTIFICACION
 4. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
 5. MARCO DE REFERENCIA
 6. OBJETIVOS
 7. ALCANCE Y LIMITACIONES
 8. PROPUESTA METOLOGICA
 9. DESCRIPCION Y LOCALIZACION DE LA ZONA Y EL TRAMO DE ESTUDIO
 10. CARACTERIZACION E INSPECCIÓN DE CAMPO EN EL TRAMO DE ESTUDIO
 11. LABORATORIO Y PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL
 12. MODELACION DE CONDICIONES PARA EL TRAMO DEL RIO TUNJUELO
 13. DIAGNOSTICO DE LA CALIADAD DEL AGUA E IMPLEMENTACION DEL ICA
 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 15. BIBLIOGRAFIA
- ANEXOS

DESCRIPCIÓN: Mediante esta investigación se realizó una descripción detallada de las características de la zona donde se encuentra la problemática presente en un tramo del río Tunjuelo en la localidad séptima de Bosa, esta considera la descarga puntual de un vertimiento de aguas negras y la deposición de una conexión errada intermitente, todo esto como antesala a la caracterización de los componentes hidráulicos y de calidad, para ello se realizó un levantamiento batimétrico junto con aforo de caudal que fueron complementados posteriormente con la tomas de las muestras de agua necesarias para cada uno de los puntos de monitoreo considerados, haciendo uso de los datos levantados y los resultados de los ensayos de laboratorio para las muestras tomadas se alimentaron los modelos de simulación hidráulica y de calidad en los software HEC-RAS y QUAL2K los cuales nos arrojaron las condiciones actuales del tramo de estudio y las



correspondientes a la normatividad usada para la investigación (resolución 631 de 2015), finalmente estos modelos fueron usados para hacer una valoración numérica de las condiciones encontradas mediante el cálculo de un ICA (Índice de Calidad del Agua). Aquí se resalta importancia de realizar y extender estos análisis para considerar algún tipo de intervención que mejore el estado del tramo analizado y los recursos hídricos en general.

METODOLOGÍA

FASE PRELIMINAR: En primera instancia se realiza una recopilación informativa y bibliográfica como referente metodológico para el proyecto, suministrándonos los conceptos y las afirmaciones teóricas necesarias para dar inicio a su elaboración, dentro de la información recolectada se encontraron proyectos realizados por entidades estatales como la secretaria distrital del hábitat, la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR) y la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá junto con publicaciones realizadas por la universidad nacional de Colombia, la universidad de la Salle y la universidad de los andes donde se hacían una interpretación de la problemática de las fuentes hídricas locales y de la fuente objeto de esta investigación (el río Tunjuelo), de igual manera se obtuvo información respecto a las normativas actuales para la medición de los índices de calidad del agua, de esta forma se definen los niveles máximos permisibles que se podrán encontrar en la corriente del río junto con los procedimientos prácticos y de modelación de software a implementar para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

FASE DE CARACTERIZACIÓN E INSPECCIÓN DE CAMPO: En esta fase se plantea realizar un reconocimiento a la zona objeto del proyecto estableciendo en ella los puntos de control donde se realizan las medidas pertinentes y un registro de los aspectos que componen el tramo de río en los puntos seleccionados, de esta manera se ejecuta una medida y muestreo de las variables para su posterior análisis en la fase siguiente.



FASE EXPERIMENTAL: La determinación cuantitativa de los factores determinados en las fases anteriores es el proceso que se contempla en esta fase, mediante diferentes ensayos de laboratorio buscamos determinar las condiciones de los muestreos realizados en la zona de estudio (sólidos totales, PH, demanda química de oxígeno, cantidad de oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, etc.)

FASE DE MODELACIÓN: Habiendo realizado los ensayos de laboratorio para los datos obtenidos, se definirá el planteamiento conceptual de un ambiente de descarga ideal junto con las condiciones actuales en la sección del río mediante una modelación simulada por el software seleccionado y haciendo su respectiva calibración, el modelo se ejecuta con la recolección de los datos medidos en campo, de esta manera hacemos una descripción del sistema y de algunas variables ya analizadas mediante los métodos de laboratorio.

FASE DE DIAGNOSTICO: Una vez realizado la caracterización de los componentes hidráulicos del tramo objeto del análisis mediante los dos métodos implementados de modelación se procede a realizar un diagnóstico numérico y análisis de los mismo teniendo en cuenta los estándares regulados nacionalmente por la normatividad.

PALABRAS CLAVE: Calidad de Agua, Modelamiento, Río Tunjuelo, Qual2K, HEC-RAS.



CONCLUSIONES

- Se realizó una calibración de la modelación hidráulica mediante la toma de la medida de la lámina de agua la cual nos dio una dispersión del orden de magnitud 0.07 m respecto al modelo hidráulico corrido, esta es una desviación aceptable y por ende el modelo corresponde a las condiciones de campo.
- Aunque ninguno de los cuatro puntos de control y muestreo se excede en el rango de PH permitido para un cuerpo de agua superficial, tanto para el afluente como para los puntos de vertimientos, esta condición fue el único parámetro que durante los análisis de laboratorio se ajustó a las dos normas usadas para esta investigación (acuerdo 043 de 2006 de la CAR y resolución 631 de 2015 del ministerio de medio ambiente).
- Durante el proceso de modelación en el ambiente de simulación y en las condiciones actuales fue evidente que para el tramo analizado era necesario discretizar aún más las secciones para que el proceso de calibración de las constantes cinéticas fuese óptimo y así los valores de alimentación se ajustaran los del modelo.
- en el análisis de las condiciones encontradas se pudo observar que los parámetros se delimitaron en la zona de influencia donde estos generaban un impacto en el cauce por lo que hubiese sido deseable el identificar con una prolongación en la sección del tramo de estudio aguas abajo la longitud de mezcla de los parámetros medidos.



- en los resultados de la modelación se pudo evidenciar como el tramo donde se encuentran las dos descargas presenta una condición crítica en cuanto a las condiciones de calidad sin embargo en el planteamiento del ambiente de simulación de las dos descargas se podría justificar la implantación de algún tipo de tratamiento físico que ayude a la oxidación ya que al cumplir con los ordenamientos de la normativa el río empieza a recuperar sus condiciones a partir del punto de conexión errada.
- se encontró que la sensibilidad para la calibración del parámetro de la DQO en el uso del modelo no fue la suficiente para asemejar condiciones reales respecto a los datos de alimentación.
- para la implementación de índice de calidad del agua se hizo sujeto a la metodología planteada por el estudio nacional del agua de 2010 realizado por el IDEAM, la aplicación de modelo numérico para determinar la realidad del afluente es algo complejo, puesto que se hizo una evaluación del tramo de estudio y por tanto las condiciones solo comprenden el área de influencia del tramo y no para toda la localidad en general.
- puntualmente la consideración que podemos hacer numéricamente del río con el ICA es que se encuentra actualmente en una condición mala con un indicador naranja de 0.44 en un rango de 0.00 a 1.00.
- la evaluación del ICA para el tramo nos muestra una condición bastante mala para el cuerpo receptor, aunque no llega a ser al extremo crítica, mientras que en el ambiente de simulación el ICA nos muestra una mejora en el rango de calidad y pese a ello no se llega a unas condiciones óptimas de calidad, sino que se alcanzan valores regulares.
- Los parámetros con mayor influencia sobre el índice de calidad del agua del río son la cantidad de oxígeno disuelto, la conductividad y los altos valores de la DQO (BOD SLOW). la influencia de los otros dos parámetros que pertenecen a la formulación del ICA tienen una afectación menor en la calidad del tramo.



- producto del arrastre aguas arriba del tramo también es evidente que hay una afectación en el índice de calidad implementado puesto que se desconoce la dispersión de contaminantes con las que llega a la entrada del sistema aquí modelado.

FUENTES

Bogotá. Secretaria Distrital De Ambiente. 2007. observatorio ambiental de bogota. *observatorio ambiental de bogota*. [En línea] 01 de 09 de 2007. [Citado el: 14 de 03 de 2017.] <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/ES/diagnostico-pomca-tunjuelito>.

Cardona, Gustavo Adolfo Agredo. 2007. repositorio instucional universidad nacional. *repositorio instucional universidad nacional*. [En línea] 2007. [Citado el: 15 de 03 de 2017.]

<http://www.bdigital.unal.edu.co/10843/1/gustavoadolfoagredocardona.2007.pdf>.

Chero, Willy Eduardo Lluén. 2015. uviversidad de cordoba españa. *uviversidad de cordoba españa*. [En línea] 2015. [Citado el: 11 de abril de 2017.]

<http://www.uco.es/jia2015/ponencias/a/a009.pdf>.

Chow, Ven Te. 1994. *hidraulica de canales abiertos*. Bogota : McGRAW W-HILL INTERAMERICANA S.A, 1994.

consorcio planeacion ecologica LTDA- ecoforest LTDA. 2007. alcaldia de bogota. *alcaldia de bogota*. [En línea] 2007. [Citado el: 09 de marzo de 2017.]

http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARC_HIVO&p_NORMFIL_ID=305&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILEN_AME.

Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca . 2006. observatorio ambiental de Bogota. *observatorio ambiental de Bogota*. [En línea] 17 de octubre de 2006. [Citado el: 20 de agosto de 2017.]

<http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/acuerdo-no-43-del-17-de-octubre-de-2006>.



Cualla, Ricardo Alfredo Lopez. 1995. elementos de diseño para acueducto y alcantarillado. [aut. libro] Ricardo Alfredo Lopez CuallaQ. *elementos de diseño para acueducto y alcantarillado*. Bogota : escuela de ingeniería julio garavito, 1995, págs. 341-342.

EMIR STEVENS SOLANO RODRIGUEZ, CRISTIAN ANDRES PAEZ VARGAS, JOSE MANUEL AGUILAR RUIZ. 2016. repositorio universidad distrital. *repositorio universidad distrital*. [En línea] marzo de 2016. [Citado el: 10 de octubre de 2017.] [file:///C:/Users/usuario/Downloads/SolanoRodriguezEmirStevens2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/SolanoRodriguezEmirStevens2016%20(1).pdf).

empresa de acueducto y alcantarillado de Bogota. 2007. empresa de acueducto y alcantarillado de bogota . [En línea] 2007. [Citado el: 10 de agosto de 2017.] <http://eacennt09.acueducto.com.co:8085/?sGet&DI9fTH1WXw1xA3FpIhZVV0x6Sw1xfAQBXAABCW4CH3MAfHcBXggDAGgFHAgAfRJSAl1BcUsOS1FELBJBO1VDS0ZcQQ0AfQAES1ZYVEpdTI1VcHZ0I3V3cWx6YBUCfXV8L3I0dntyYxUCfXB0IRUDCH9gYmYVf3FBCVZtMDE4LzMvMDBNNDDEM>.

flownet. 2015. flownet. *flownet*. [En línea] 2015. [Citado el: 14 de 03 de 2017.] <http://www.flownet.co/servicios/desarrollo-de-modelos-matematicos-para-la-gestion-del-agua/modelos-de-calidad-del-agua>.

Gutiérrez, Jenny Milena LizarazoBecerra-Martha Isabel Orjuela. 2013. repositorio instucional universidad nacional. *repositorio instucional universidad nacional*. [En línea] 2013. [Citado el: 14 de 03 de 2017.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.

Huertas, Mayra Andrea Castro. 2015. *APLICACIÓN DEL QUAL2Kw EN LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO GUACAICA, DEPARTAMENTO DE CALDAS, COLOMBIA*. manizales : s.n., 2015.

IDEAM. 2014. IDEAM. *IDEAM*. [En línea] 2014. [Citado el: 12 de marzo de 2017.] <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2007. IDEAM. *IDEAM*. [En línea] 10 de septiembre de 2007. [Citado el: 30 de agosto de 2017.] http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428.

Lina Maria Rodriguez Pinilla, Dayana Fernanda Cierra Vargas. 2011. repositorio institucional unisalle. *repositorio institucional unisalle*. [En línea] 2011. [Citado el: 09 de marzo de 2017.] <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/14003>.

LUZ CONSUELO ORJUELA, GABRIEL SALDARRIAGA, MARTHA GARCÍA, HERNANDO WILCHES. 2010. *estudio nacional de agua, capitulo 6 calidad del agua superficial en Colombia*. Bogota : instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambintales de Colombia, 2010.



marbello. artemisa. [En línea]

http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/11_resalto.pdf.

millarium. 2008. millarium. [En línea] 2008.

[http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp#Ha zen-Williams_\(1905\)](http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp#Ha zen-Williams_(1905)).

ministerio de medio ambiente. 2015. minambiente. *minambiente* . [En línea] 7 de marzo de 2015. [Citado el: 26 de agosto de 2017.]

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>.

ministerio del medio ambiente. 2002. alcaldia de bogota. *alcaldia de bogota*. [En línea] 06 de agosto de 2002. [Citado el: 09 de marzo de 2017.]

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5534>.

ONU. 2014. pagina de las naciones unidas. *ONU*. [En línea] 22 de 10 de 2014.

[Citado el: 14 de 03 de 2017.]

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.

Ossa, Juan Manuel Castaño. 2015. repositorio de la universidad nacional.

repositorio de la universidad nacional. [En línea] 2015. [Citado el: 20 de marzo de 2017.]

Parra, Juan Diego Gonzales. 2011. repositorio institucional universidad nacional de colombia. *repositorio institucional universidad nacional de colombia*. [En línea] 2011. [Citado el: 09 de marzo de 2017.]

<http://www.bdigital.unal.edu.co/4389/1/juandiegogonzalezparra.2011.pdf>.

Patricia Torres, Camilo Hernán Cruz; revista de ingeniería de la universidad de Medellín. Patricia Torres, Camilo Hernán Cruz. 2009. Medellín : revista de ingeniería de la universidad de Medellín, 2009.

Quintero, Adriana del Pilar Gaitan. 2009. repositorio universidad industrial de santander. *repositorio universidad industrial de santander*. [En línea] 2009. [Citado el: 17 de mayo de 2017.] <http://studylib.es/doc/4757727/referentes-internacionales-sobre-restauraci%C3%B3n-y-mejora-de...>

Ramirez, Carlos Alberto Sierra. 2011. *calidad del agua evaluacion y diagnostico*. medellin : ediciones de la U, 2011.

secretaria de medio ambiente. 2007. diagnostico POMCA tunjuelo. *observatorio ambiental de Bogota* . [En línea] 1 de septiembre de 2007. [Citado el: 18 de septiembre de 2017.] <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/diagnostico-pomca-tunjuelito>.

soluciones integrales geomatica ingeniería geoespacial. 2016. geosoluciones. *geosoluciones*. [En línea] 2016. [Citado el: 25 de septiembre de 2017.]

<http://www.geosoluciones.cl/global-mapper/>.



Steve Chapra, Greg Pelletier y Hua Tao. 2008. College of Engineering. *College of Engineering*. [En línea] 16 de diciembre de 2008. [Citado el: 11 de abril de 2017.]

http://www.ecs.umass.edu/cee/reckhow/courses/577/Qual2/Q2KDocv2_11b8%20v211.pdf.

Susa, Manuel Salvador Rodriguez. 2012. secretaria distrital de ambiente . *secretaria distrital de ambiente*. [En línea] 2012. [Citado el: 9 de marzo de 2017.] <http://ambientebogota.gov.co/web/publicaciones-sda/calidad-del-recurso-hidrico-de-bogota-2011-2012>.

us army corps of engineers. 2016. us army corps of engineers. *us army corps of engineers*. [En línea] febrero de 2016. [Citado el: 02 de octubre de 2017.] <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

LISTA DE ANEXOS:

- Tablas para condiciones batimétricas para su implementación en el software (**HEC-RAS**). **Fuente:** Autores
- Datos de calibración software QUAL2K; Velocidad del viento, Radiación solar, Brillo solar, Sombra y Temperatura. **Fuente:** Atlas Interactivo/ IDEAM “*Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*” – 2013.
- Registro de Documentación Análisis de Laboratorio Universidad Católica de Colombia. **Fuente:** Autores.