

Contrato de Consultoría No. 753 - 2015

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ

RESUMEN EJECUTIVO



NIPPON KOEI
Challenging mind, Changing dynamics

NIPPON KOEI LAC



ÍNDICE

OBJETIVOS	2
1. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ.....	2
2. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS PARA EL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA.....	3
3. DESARROLLO DE LA PLATAFORMA DE MODELACIÓN Y DESARROLLO Y/O ACTUALIZACIÓN DE LOS MODELOS.....	6
4. MODELACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA CUENCA.....	9
5. ANÁLISIS DE ESCENARIOS – FORMULACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	13
6. BIBLIOTECA ELECTRÓNICA.....	17
7. MANEJO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	17
REFERENCIAS	17

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

El Contrato de Consultoría tiene como objetivo el planteamiento de estrategias a mediano y largo plazo para optimizar el manejo integral del recurso hídrico en la cuenca del Río Bogotá, mediante la construcción de escenarios futuros, los cuales se analizan con el apoyo de los diferentes actores presentes en el área de estudio y la utilización de una herramienta computacional, también incluida en el alcance de esta consultoría, para estimar (cuantificar) y planificar (gestión), la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en la cuenca, mejorar los soportes para la toma de decisiones y facilitar la interacción entre los usuarios y las labores coordinadoras del Comité Hidrológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obtener un entendimiento completo de las condiciones de los recursos hídricos de la cuenca (alta, media, y baja) del Río Bogotá y las causas de sus afectaciones, incluyendo características físicas, químicas, ecológicas, y sus relaciones con aspectos demográficos, económicos, e institucionales.
- Desarrollar una proyección de los factores causativos de estas condiciones a mediano y largo plazo (años 2020 y 2040).
- En colaboración con actores y grupos de interés, identificar metas ambientales, operacionales, y ecológicas para la cuenca que deberán lograrse en los años 2020 y 2040.
- Desarrollar herramientas de modelación adecuadas para la evaluación de escenarios potenciales que puedan llevar a esas metas.
- Formular soluciones alternativas y evaluarlas de acuerdo a factores técnicos, económicos, sociales, e institucionales.
- Seleccionar una alternativa adecuada y desarrollar una estrategia integral de implementación a mediano y largo plazo a nivel de subcuenca, incluyendo un programa de inversiones y el correspondiente marco institucional.
- Elaborar un plan detallado de inversiones a mediano plazo (5 años) que resulta de la implementación de la estrategia integral de manejo y que sea consistente con las metas a largo plazo.
- Formular un proceso de monitoreo para este plan y lineamientos para su actualización y ajuste durante el periodo de implementación

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ

Este producto permite obtener un entendimiento completo de las condiciones de los recursos hídricos de las cuencas hidráulicas (alta, media, y baja) del Río Bogotá y las causas de sus afectaciones, incluyendo características físicas, químicas, ecológicas, y su relación con aspectos demográficos, socioeconómicos, e institucionales y conocer la situación de la gestión actual del agua en la cuenca del río Bogotá generando una visión global de los problemas que afectan específicamente los aspectos de cantidad y calidad el recurso hídrico y sus ecosistemas dependientes.

En la siguiente figura, se muestran las características principales de la cuenca del río Bogotá como resultado de la caracterización y diagnóstico de los recursos hídricos en la cuenca.

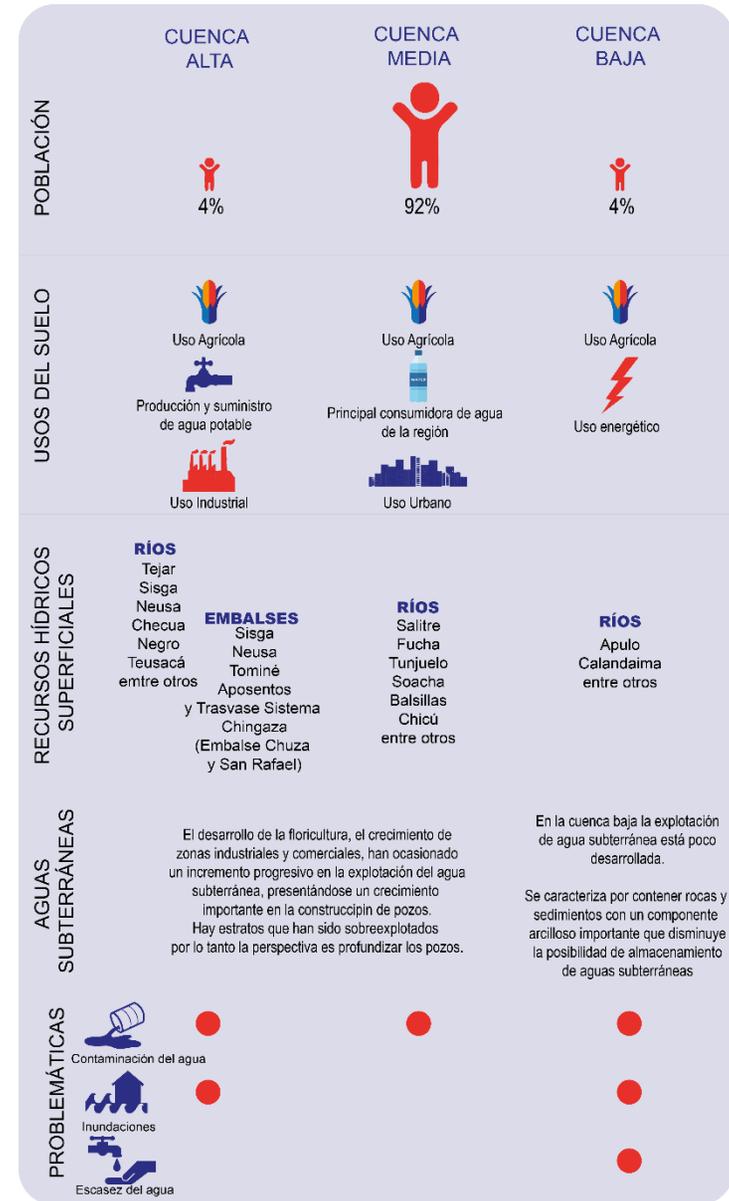


Figura No 1. Características generales de la cuenca del río Bogotá

CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS PARA EL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA

En este producto se definen las variables jalonadoras, las cuales son el resultado de la selección hecha en el taller de escenarios realizado en las instalaciones de la CAR el jueves 10 de marzo de 2016 y son consideradas como aquellas que teniendo un alto nivel de incertidumbre, tienen un impacto determinante en la gestión futura de largo plazo del recurso hídrico en la cuenca del río Bogotá. Con estas variables se definen unos indicadores que permiten describirlas tanto en el estado actual como en unos escenarios tendenciales a corto (2020) y largo plazo (2040).

A partir de estos análisis, se propuso un escenario meta, o deseado, o inteligente, en el cual se han definido aquellos aspectos (de las variables seleccionadas) que deben ser corregidas o mejoradas para optimizar la gestión del recurso. La definición del escenario meta, como su nombre lo indica, trae implícito también una definición de unas metas por alcanzar, que a su vez se convierte en la base para definir las diferentes alternativas de gestión.

VARIABLES SELECCIONADAS E INDICADORES:

Las variables seleccionadas junto con sus respectivos indicadores utilizados se muestran a continuación:

- Incidencia del cambio climático sobre los sistemas naturales
 - Variabilidad en los tiempos de recurrencia de cambios extremos (sequías – crecientes)
 - Índice de Aridez
 - Áreas de Inundación
 - Cambio Climático e impacto antrópico sobre sistemas naturales
- Cambios en los usos del suelo
 - Índice de Antropización de Coberturas Vegetales
- Disponibilidad de agua

- Índice de retención y regulación hídrica (IRH)
- Índice de Uso del Agua (IUA)
- Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVDH)
- Índice de Aprovechamiento del sistema de abastecimiento municipal (IA)
- Cobertura de Acueducto y Alcantarillado
- Tasa de Abatimiento
- Tasa de Agotamiento
- Volumen total extraído
- Intensidad de agotamiento
- Huella de agua subterránea
- Huella de agua subterránea por unidad de área
- Índice de Calidad de Agua del río Bogotá (ICARB)
- Cambios en las condiciones regulatorias y capacidad de presión de las comunidades
 - Porcentaje de cumplimiento del fallo del Consejo de Estado
 - Gestión Integral Recurso Hídrico
 - Coordinación Regional Institucional - Metropolitanización
 - Aseguramiento de la Calidad del Servicio (Análisis tarifario regional)
- Crecimiento y desarrollo económico
 - Coeficiente de distribución del ingreso (coeficiente GINI)
 - Producto Interno Bruto PIB per cápita
 - Pobreza monetaria

Tabla No 1. Escenarios Tendenciales (2020 y 2040) y Escenario Meta (2040) para algunos de los indicadores

VARIABLE	INDICADOR	CONVENCIONES	ESTADO ACTUAL (2015)	ESCENARIO TENDENCIAL (2020)	ESCENARIO TENDENCIAL (2040)	ESCENARIO META (2040)
INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS SISTEMAS NATURALES	INDICE DE ARIDEZ	Altos excedentes de agua				
		Excedentes de agua				
		Moderado y Excedentes de agua				
		Moderado				
		Moderado y Deficitario de agua				
		Deficitario de agua				
		Altamente deficitario de agua				
CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO	INDICE DE ANTROPIZACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES	Territorios Artificializados				
		Territorios Agrícolas				
		Bosques y áreas seminaturales				
		Áreas abiertas con o sin poca vegetación				
		Áreas húmedas				
		Superficies de Agua				
		Muy Bajo				
DISPONIBILIDAD DEL AGUA	ÍNDICE DE APROVECHAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO MUNICIPAL	Bajo				
		Moderado				
		Alto				
		Muy Alto				
		Crítico				
	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOGOTÁ	Agua de Buena Calidad				
		Aguas con poca contaminación				
		Aguas con contaminación				
		No se cumplen los objetivos de Calidad				
		Aguas muy contaminadas				

VARIABLE	INDICADOR	CONVENCIONES	ESTADO ACTUAL (2015)	ESCENARIO TENDENCIAL (2020)	ESCENARIO TENDENCIAL (2040)	ESCENARIO META (2040)
CAMBIOS EN LAS CONDICIONES REGULATORIAS Y CAPACIDAD DE PRESIÓN DE LAS COMUNIDADES	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO	Municipios sin cobertura EAB-ESP				
		Municipios con cobertura EAB-ESP				
		Bogotá D.C.				
CRECIMIENTO Y DESARROLLO ECONÓMICO	PRODUCTO INTERNO BRUTO	USD	USD 12.100	USD 12.500	USD 22.000	USD 33.500
	PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON INGRESO POR DEBAJO DE LA LÍNEA DE POBREZA.	%	10,4 %	10,0 %	8,0 %	Inferior al 5,0 %
	COEFICIENTE DE GINI	-	0,498	0,480	0,450	Inferior a 0,40

DESARROLLO DE LA PLATAFORMA DE MODELACIÓN Y DESARROLLO Y/O ACTUALIZACIÓN DE LOS MODELOS

Este producto constituye la línea base (teórica) para la nueva herramienta de modelación con la que contará la CAR para tomar las decisiones pertinentes a la cuenca del río Bogotá.

El desarrollo de la plataforma de modelación se basó en principio en determinar la herramienta que iba a ser desarrollada a partir de los modelos existentes del río Bogotá. Por esta razón se analizaron las ventajas y desventajas de cada uno de los modelos con los que se trabajaría, encontrando en muchos de ellos deficiencias técnicas y conceptuales para los cuales se recomendaron nuevos desarrollos. En otros casos se hacía evidente la necesidad de desarrollar el modelo por completo, ya que estos en principio estos eran inexistentes.

En este producto se hace una descripción de los modelos numéricos desarrollados y/o modificados por el Consultor para llevar a cabo la modelación de las condiciones actuales de disponibilidad y calidad del recurso hídrico que son:

- Modelo Hidrológico HEC-HMS
- Modelo Hidráulico no-permanente HEC-RAS
- Modelo de Gestión del Recurso HEC-ResSim
- Modelo de agua subterránea MODFLOW

De los modelos existentes únicamente se utilizó el modelo de calidad de agua AMQQ, el cual fue el único modelo que no requirió de ninguna modificación o actualización por parte del consultor.

Una vez se tuvieron estos nuevos modelos completos se procedió a integrarlos en la plataforma, desarrollando los adaptadores que unirían los modelos para formar los trenes finales de simulación

DESARROLLO Y/O ACTUALIZACIÓN DE LOS MODELOS

En la Tabla No 2 se presentan los modelos desarrollados y/o actualizados durante el desarrollo de la consultoría.

Tabla No 2. Modelos desarrollados y/o actualizados por la consultoría

MODELO	DESCRIPCIÓN
MODELO HIDROLÓGICO HEC-HMS.	<p>Con el fin de desarrollar este modelo hidrológico se utilizó el software HEC-HMS, del US Army Corps of Engineers el cual es de libre distribución y permite desarrollar modelos hidrológicos continuos a escala diaria, horaria y sub horaria. Se toma este modelo por su capacidad, alcances y debido a que es de libre distribución. Se aclara que, aunque es de libre distribución es un modelo que continuamente se está renovando, mejorando y corrigiendo cualquier tipo de errores que pueda presentar y es aplicado mundialmente en muchos tipos de proyectos.</p> <p>Para realizar la modelación hidrológica se debe tener en cuenta varios aspectos como lo son las precipitaciones de la zona, las descargas de los embalses, los caudales medidos por las estaciones limnigráficas y limnimétricas ubicadas sobre el río Bogotá y los bombeos es sitios puntuales sobre este.</p>
MODELO HIDRÁULICO HEC-RAS	<p>Los modelos hidráulicos disponibles del Río Bogotá se realizaron con el software del cuerpo de ingenieros de Estados Unidos, HEC-RAS. HEC-RAS permite desarrollar cálculos hidráulicos de flujo estacionario y no estacionario en una dimensión, cálculos de transporte de sedimentos, lecho móvil, y simulaciones de temperatura del agua. Permite estudiar el comportamiento de caudales y contaminantes de interés que fluyen por una geometría determinada, interaccionando con elementos físicos como viaductos, obras de drenaje, aliviaderos, presas, azudes, tomas de captación, válvulas y compuertas, etc.</p> <p>La CAR, con el apoyo del Distrito Capital de Bogotá, la EAB-ESP, y el financiamiento parcial del Banco Mundial, desarrollaron el Proyecto Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del Río Bogotá. Las actividades de dicho proyecto se desarrollaron sobre la cuenca media del río Bogotá, en un tramo de 68 km. Dicho tramo corresponde al trayecto del río desde Puente la Virgen en el municipio de Cota, hasta las compuertas de Alicachín en el municipio de Soacha.</p> <p>Como parte del estudio mencionado anteriormente y como parte de otros estudios de adecuación hidráulica fundamentalmente para disminuir la amenaza por inundaciones en algunos sectores críticos del río, se han realizado durante los últimos años modelos hidráulicos en el río, con el fin de dar solución a estas problemáticas en su capacidad hidráulica.</p> <p>Los modelos fueron integrados en la plataforma como un único modelo que conectara la cuenca alta, con la media y la baja.</p>
MODELO DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO HEC-RESSIM	<p>El nuevo modelo fue desarrollado utilizando el software del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, HEC-ResSim. Adicionalmente al desarrollo del nuevo modelo de gestión de embalses, se desarrollará una metodología de generación de caudales sintéticos, la cual permitirá simular diferentes condiciones de caudal a la entrada de los embalses, utilizando información histórica. Estos caudales serán a su vez los datos de entrada al modelo de gestión de embalses, permitiendo mantener la metodología y reglas de cálculo utilizada en el antiguo modelo Mejía Millán y Perry (MMyP).</p>

MODELO	DESCRIPCIÓN
<p>MODELO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MODFLOW</p>	<p>Para llevar a cabo el desarrollo del nuevo modelo de gestión de embalses se trabajó en dos actividades principales. La primera relacionada con la actualización de la serie de caudales y el desarrollo del módulo de generación sintética de caudales. Y la segunda relacionada con el desarrollo en sí del modelo de gestión de embalses HEC-ResSim.</p> <p>El modelo hidrogeológico fue elaborado para efectuar la Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del río Bogotá, a través de la modelación del sistema acuífero localizado en la zona de la cuenca alta y media de la Sabana de Bogotá, el cual tiene una complejidad estructural y geológica alta y un potencial acuífero que es explotado desde hace varios años.</p> <p>Un modelo hidrogeológico conceptual es una representación del sistema de Flujo (Anderson, 1992). En la práctica es simplificar el problema real de campo y organizar los datos asociados para que el sistema se pueda analizar, o aplicar el principio de parsimonia de Einstein que también en forma práctica sugiere mantener las cosas tan simples como sea posible. A diferencia de un modelo geológico, el modelo hidrogeológico no tiene como objetivo mostrar de forma absoluta la disposición estructural, estratigráfica y deposicional de las estructuras geológicas en una determinada zona sino representar las principales características topológicas que determinan el comportamiento del agua al interior de las formaciones geológicas (National Centre for Groundwater Research and Training, 2012).</p> <p>De todas formas la definición de las propiedades y por tanto de las principales formaciones geológicas se realizó teniendo en cuenta las condiciones geológicas y estructurales de diversos estudios, analizando en forma manual la continuidad de las fallas registradas tanto en los perfiles geológicos como en la superficie. Es importante mencionar que el modelo conceptual presentado es una aproximación a la realidad, que cuenta con numerosas simplificaciones dada su naturaleza regional y las restricciones espaciales existentes. Conforme avanza el documento se mostrarán las simplificaciones y se presentará la justificación de estas.</p> <p>El modelo conceptual-numérico presentado está sujeto a cambios en un futuro cuando se genere información que permita conocer información local o regional, tal como estudios de prospección geofísica, construcción de pozos de exploración, pruebas hidráulicas, etc.</p> <p>El modelo hidrogeológico fue desarrollado en VISUAL MODFLOW, una interfaz gráfica del código mencionado que permite realizar gráficamente el procedimiento de montaje, cálculo y visualización de resultados del modelo. Los resultados del modelo podrán ser visualizados en la plataforma de modelación.</p>
<p>MODELO DE CALIDAD DEL AGUA AMQQ</p>	<p>El modelo fue desarrollado en el año 2009 por el ingeniero Luis Alejandro Camacho en ese entonces docente de la Universidad Nacional de Colombia en conjunto con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y fue implementado en el toolbox Simulink de MATLAB®.</p> <p>Este modelo integra los modelos ADZ, MLDC y QUASAR (transporte de solutos, flujo y calidad de agua respectivamente), los cuales, tienen una estructura conceptual similar, por lo tanto, Camacho et al (2003) proponen un acople de estos modelos.</p>

El desarrollo del Modelo de Gestión del Recurso Hídrico (HEC-ResSim) implicó la actualización del esquema funcional del recurso hídrico presentado en el Modelo Mejía Millán y Perry. Esta comparación se muestra en la Figura No 2y la Figura No 3.

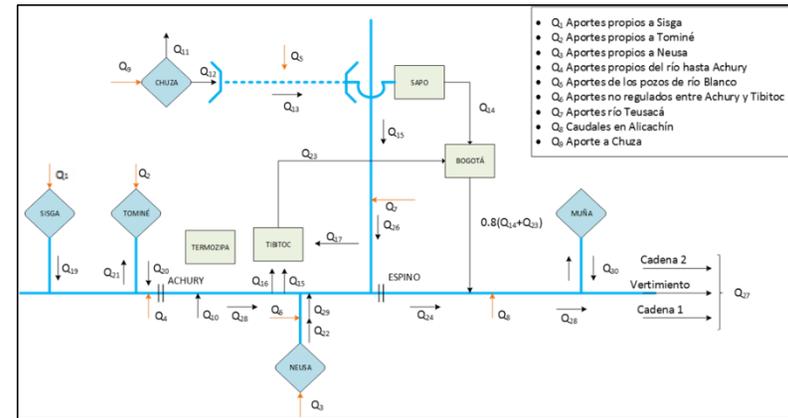


Figura No 2. Esquema del Modelo Mejía Millán y Perry.

Fuente: Adaptado de la presentación: Revisión Modelo de Simulación de la Operación del Sistema Hídrico de la Sabana de Bogotá Mejía Millán y Perry, EMGESA, 2010.

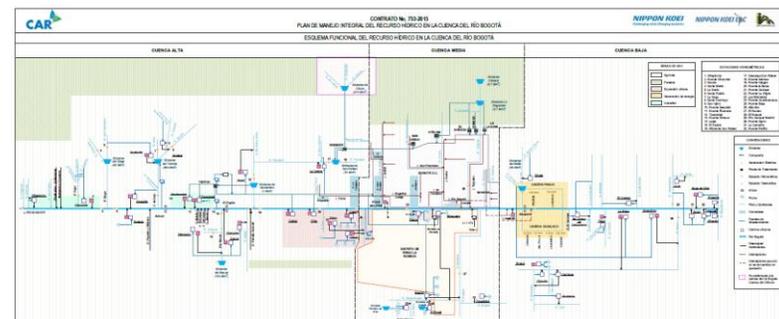


Figura No 3. Topología Actualizada del río Bogotá.

DESARROLLO DE LA PLATAFORMA DE MODELACIÓN (BOCHICA):

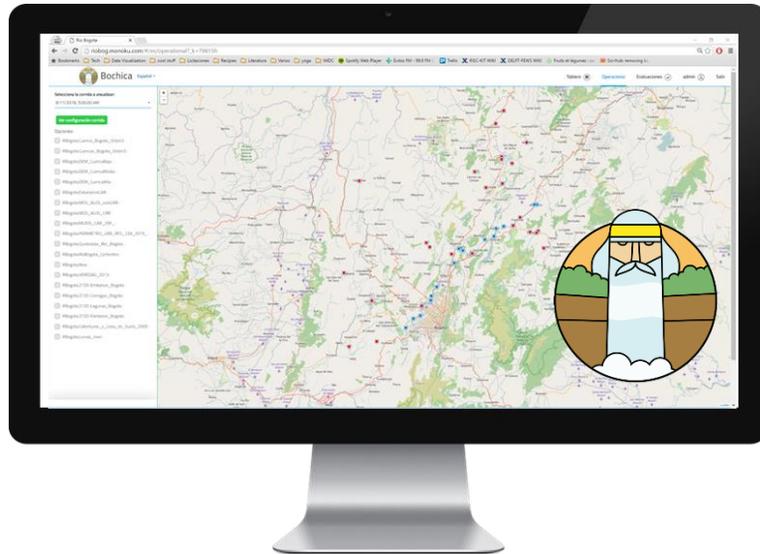


Figura No 4. Plataforma de Modelación BOCHICA.

BOCHICA es una **Plataforma de Modelación**, la cual gestiona modelos Hidrológicos, Hidrodinámicos, de Calidad del Agua, de Aguas Subterráneas y de Distribución hídrica de la cuenca del río Bogotá.

Sirve como:

- Un **sistema de Información Hídrico** ya que gestiona los datos cuantitativos y cualitativos de la cuenca.
- Una **herramienta de planificación** a corto, mediano y largo plazo, para la operación y distribución del recurso hídrico de la cuenca del río Bogotá.
- Una **herramienta de asistencia a la toma de decisiones** para la CAR y el resto de usuarios de la cuenca del río Bogotá.

Características Principales:

-  Basado en ambiente **WEB**
-  **Modular**, es decir, puede expandirse
-  Soporta **mapas interactivos**
-  Emplea **gráficas dinámicas**
-  Configurable para **múltiples usuarios**
-  Hace uso de **software libre**
-  Corre **automáticamente** y en **demanda**

Funcionamiento:

En general, hay 4 trenes de modelos.

1. Modo de evaluación - Tren de sistema y manejo del recurso hídrico: Compuesto por un método hidrológico para la estimación mensual de la escorrentía promedio mensual y el modelo HEC-ResSim. Este tren va a correr con un paso de tiempo mensual. Su objetivo va a ser la evaluación de la planeación integrada a largo plazo, lo cual significa realizar evaluaciones al menos 1 año. Esto va a dar las siguientes salidas:
 - a. Los estados de los embalses
 - b. Producción de energía
 - c. La habilidad del sistema para garantizar las demandas (servicio de agua, energía, riego)
2. Modo de evaluación – Tren del sistema del río: Compuesto por el modelo de lluvia y escorrentía HEC-HMS, el modelo del río HEC-RAS y el modelo de calidad del agua AMQQ. Este modelo corre con un paso de tiempo de 4 horas. El objetivo de este tren es el de evaluar la operación del sistema en una escala temporal corta, como: Aumento o disminución de las descargas de los embalses, o apertura y cierre de

las compuertas, y evaluar sus repercusiones en el caudal y calidad del río.

3. Modo de evaluación – Tren de aguas subterráneas: Compuesto por el modelo Modflow. Dado que el modelo nativo de Modflow no es estable para correrlo dentro de la plataforma, solamente los resultados son procesados dentro de la plataforma Bochica (archivos HDS y ZOT). De esta forma, el usuario tiene completa flexibilidad para hacer cualquier cambio que desee en la configuración del modelo.
4. Modo operacional – Tren de sistema del río: Este tren está compuesto similar al que está en el modo de evaluación. Sin embargo, este correrá operacionalmente con un cronograma específico, más probablemente en una base diaria. El tren va a correr con el objetivo de pronosticar los niveles y descargas a lo largo del río.

MODELACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA CUENCA

El Producto 5, constituye una presentación de los modelos calibrados bajo las condiciones actuales del sistema hídrico en la cuenca del río Bogotá. En él se presentan las modelaciones de las condiciones actuales de la cuenca del río Bogotá, utilizando el modelo hidrológico HEC-HMS, hidráulico HEC-RAS, de agua subterránea (MODFLOW), de calidad de agua (AMQQ), y el modelo de gestión del recurso hídrico (HEC-ResSim).

MODELO HIDROLÓGICO (HEC-HMS)

Con el fin de cuantificar la oferta hídrica en la cuenca del río Bogotá, se utilizó el modelo hidrológico calibrado HEC-HMS para calcular los caudales en las subcuencas definidas por la CAR como los principales afluentes del río.

Para cada una de las cuencas definidas por la CAR, se realizó el análisis de los resultados del modelo hidrológico, para determinar los caudales medios actuales en el sistema, se calcularon las curvas de caudales de dichas cuencas. La curva de duración de caudales es el resultado del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios para el punto de concentración de cada una de las subcuencas del río. Para el caso de las 19 cuencas estudiadas, se estimó que la serie histórica era lo suficientemente buena para que la curva de duración fuera representativa del régimen de caudales medios de la corriente.

En la Tabla No 3 se presenta el resumen de los caudales medios para cada una de las subcuencas definidas por la CAR. Este caudal medio representa la oferta hídrica media en estas subcuencas de interés.

Tabla No 3. Resumen Caudales Medios en las Subcuencas de la cuenca del río Bogotá

Código HMS	Descripción	Qm (m ³ /s)
E_F	Río Bajo Bogotá	74
H_39	Río Apulo	6,7
H_38	Río Calandaima	4
U_30	Río Medio Bogotá (Salto – Apulo)	65,1
B_2	Río Bogotá (Soacha – Salto)	53,7
H_36	Embalse Muña	0,9
H_35	Río Soacha	0,6
H_34	Río Balsillas	6,4
U_Tunjuelo	Río Tunjuelo	4,9
R_B_30	Río Bogotá (Tibitoc - Soacha)	56,7
H_23	Río Chicú	2,7
H_19	Río Frío	3,3
U_35	Río Teusacá	11,7
H_14	Río Negro	0,5
U_36	Río Neusa	2,8
B_0	Río Bogotá (Sisga – Tibitoc)	7,6
U_Tomine	Embalse Tominé	3,2
U_Sisga	Embalse Sisga	3
U_2	Río Alto Bogotá	2,1

Fuente: Consultoría

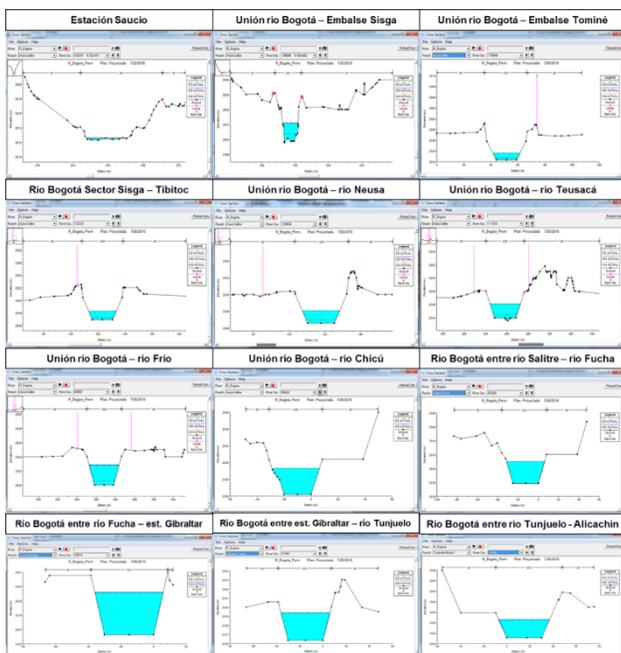
MODELO HIDRÁULICO HEC-RAS

Con el fin de definir las condiciones del río Bogotá en su cuenca media y alta, se utilizó el modelo hidrodinámico HEC-RAS desarrollado para ser integrado en la plataforma de modelación. Este modelo como se explicó anteriormente corresponde a un modelo que une los modelos de la cuenca alta y el modelo de la cuenca media en uno solo, a partir de este modelo se realizó el análisis para

los caudales actuales en la cuenca del río Bogotá. Con el fin de obtener dichos caudales sobre el río se utilizó el modelo hidrológico calibrado HEC-HMS, con el cual se analizaron los caudales modelados para el escenario 2010 – 2012, y donde a partir de las curvas de duración de caudal para unos puntos específicos del río se extrajo el caudal con un porcentaje de excedencia del 50%, el cual corresponde al caudal medio diario de los datos modelados.

Para realizar este análisis se escogieron los mismos puntos analizados en el ejercicio del modelo hidrológico, es decir las 19 subcuencas hidrológicas definidas por la CAR. Cabe aclarar que debido a que el modelo hidrodinámico únicamente se desarrolló para la cuenta alta y la cuenca media, este análisis a su vez se ve restringido por lo mismo, incluyendo únicamente estas dos cuencas.

A continuación, se presentan los resultados de las secciones transversales estudiadas bajo los caudales medios del río según el modelo hidrológico, en estas imágenes se puede ver e nivel del agua para cada una de estas secciones. Este modelo se corrió bajo régimen de flujo permanente para todo el tramo de la cuenca alta y media.



MODELO DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO (HEC-RESSIM)

En la Figura No 5 se muestra el esquema empleado en el Modelo HEC-ResSim

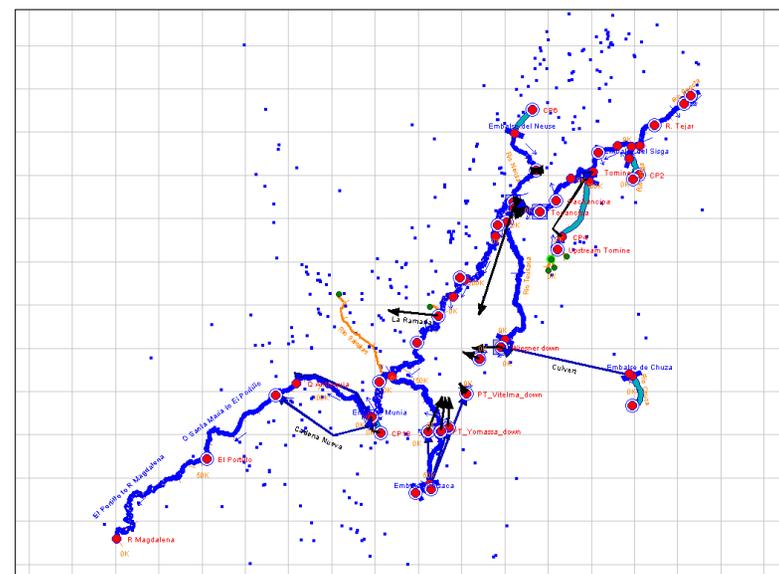


Figura No 5. Esquema Modelo HEC-ResSim

Teniendo en cuenta la situación actual de los embases y las condiciones de los niveles de los embases del agregado norte, se desarrolló un modelo bajo estas características y condiciones.

Descargas:

- Tominé: 2 m³/s
- Sisga: 2 m³/s
- Neusa: 1 m³/s
- San Rafael: 1,1 m³/s
- Chuzza: 12-13 m³/s

A continuación, se muestran los resultados del análisis.

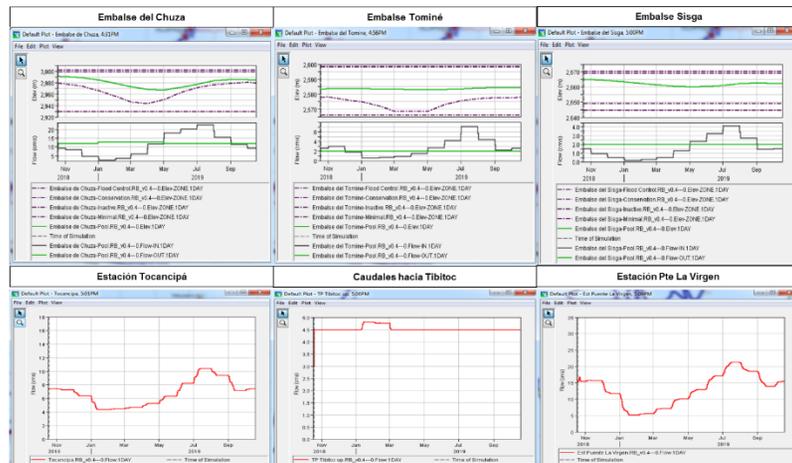


Figura No 6. Modelación Alternativa Operacional

Para el embalse de Chuza se modelaron las condiciones medias, teniendo en cuenta una descarga del embalse de 12 m³/s durante la mayor parte del año y de 13 m³/s de Enero a Mayo del 2017. Estas descargas permiten suministrar el agua suficiente a la demanda de Bogotá a la planta Wiesner de 12.4 m³/s. Es importante tener en cuenta que en esta modelación no se tiene en cuenta el mantenimiento de los túneles que se encuentra ejecutando el Acueducto de Bogotá, y que por razones de emergencia la CAR solicitó se suspendieran los trabajos hasta que se recupere el embalse de Tominé.

Bajo estas condiciones el embalse de Chuza mantiene sus niveles por encima del mínimo operativo, garantizando el suministro de agua a la planta Wiesner. Por otro lado el embalse de San Rafael no se ve afectado por el déficit causado durante el periodo de enero a mayo del 2017.

En el embalse de Tominé se recomienda una descarga máxima de 2 m³/s, bajo estas condiciones el embalse de Tominé recupera nivel.

En el embalse del Sisga se recomienda una descarga máxima de 2 m³/s, bajo estas condiciones el embalse del Sisga mantiene sus niveles por encima de los mínimos y no pierde niveles considerablemente.

Los caudales a la altura de Tocancipá varían entre 4 y 11 m³/s. Durante el mes de enero y marzo estos caudales bajos deben ser compensados con el agua de San Rafael, a través del embalse e apositos.

Los caudales en la estación de puente la virgen se encuentran por encima de 5m³/s, cuando lo mínimo necesario para abastecer la demanda del distrito de riego la Ramada y la generación de energía en alicachín es de 4 m³/s.

MODELO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (MODFLOW)

La simulación en estado estacionario desde 1998 hasta la actualidad, evidencia el continuo descenso de niveles piezométricos para los acuíferos más importantes de la sabana de Bogotá, en especial en aquellas zonas de alta concentración de pozos de extracción como en los municipios al occidente de Bogotá, al sur en los municipios de Soacha y Sibaté.

Un aspecto para destacar es la influencia del bombeo en el acuífero cretácico sobre los niveles piezométricos de los acuíferos cuaternarios, los cuales en el tiempo pueden verse afectados por el bombeo de las formaciones Labor y Tierna y Arenisca Dura.

En las zonas de alta concentración de pozos de extracción, el flujo regional es modificado sustancialmente y las líneas de flujo ya no tienen una tendencia clara. Además, el nivel de agua ha descendido de manera importante con respecto al simulado para las condiciones naturales de flujo.

En la Figura No 7 se observa el nivel de agua del acuífero cuaternario con respecto a la cota de superficie, y se puede afirmar que en general representa adecuadamente la situación actual de los acuíferos, con un nivel un poco mayor a lo observado en campo. En cuanto al acuífero cretácico, la Figura No 8 indica como el nivel piezométrico se encuentra alrededor de 80 y 150 metros de profundidad con respecto a la superficie en varias zonas de alta actividad de extracción de caudal lo cual es congruente con lo observado en campo.

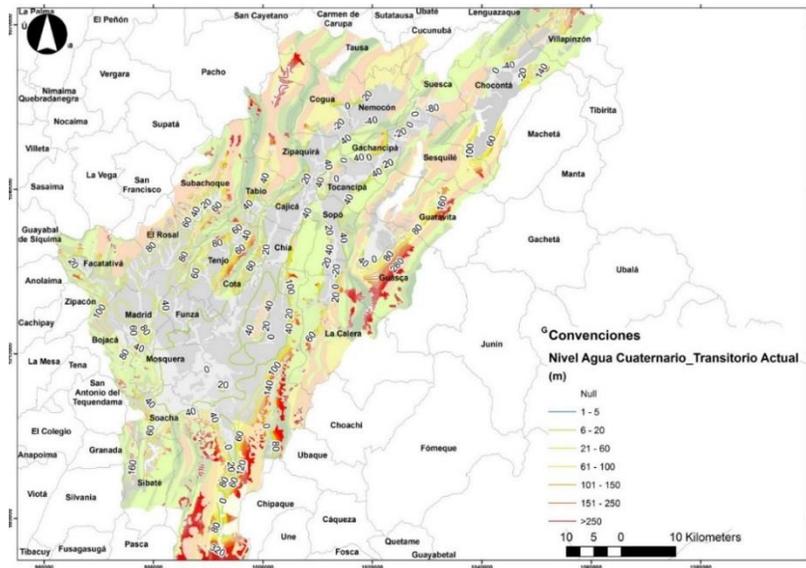


Figura No 7. Profundidad nivel piezométrico Acuífero Cuaternario Estado Transitorio Actual

Fuente: Consultoría

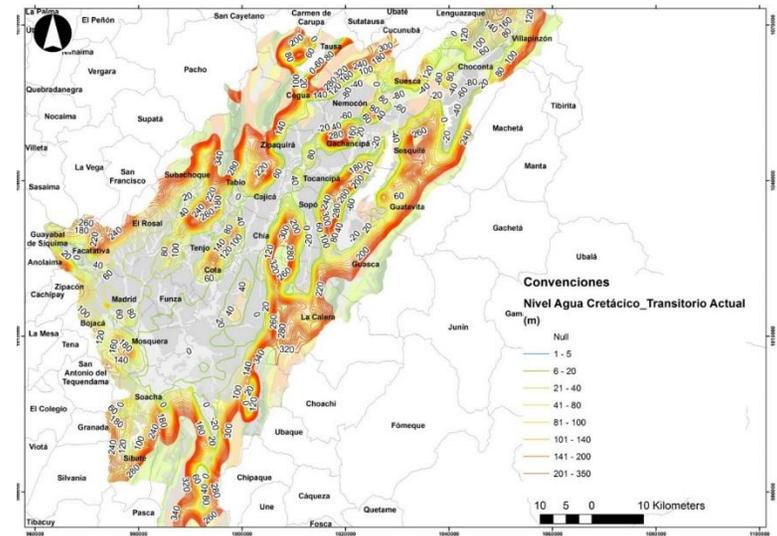
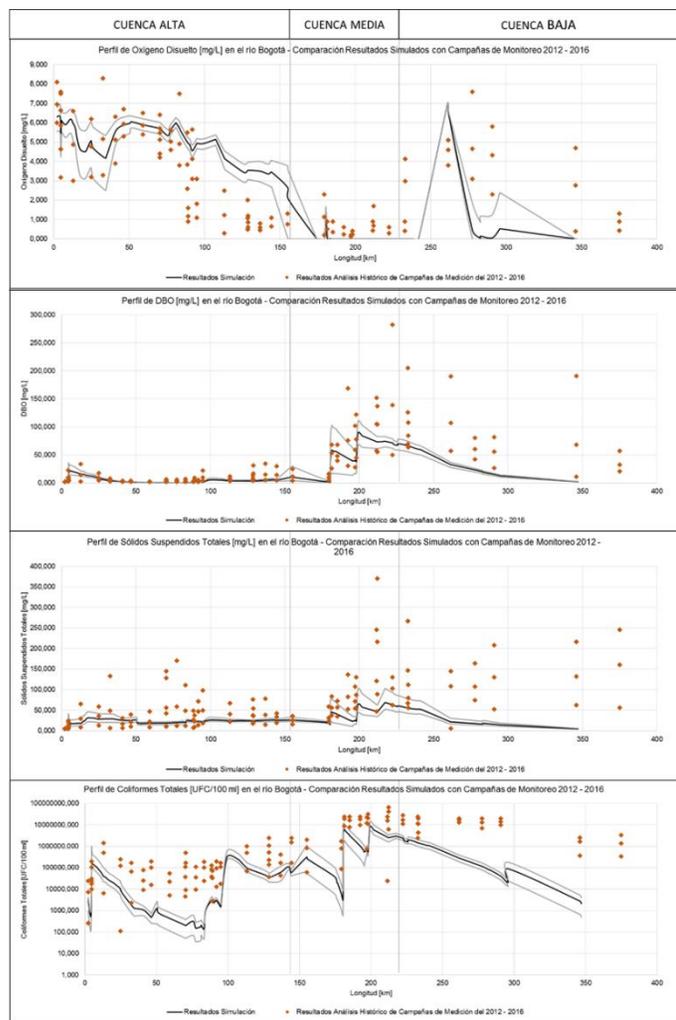


Figura No 8. Profundidad nivel piezométrico Acuífero Cretácico-Estado Transitorio Actual

Fuente: Consultoría

MODELO DE CALIDAD DEL AGUA (AMQQ)

Para poder comparar la simulación con las condiciones actuales, se tomaron los datos de las campañas de monitoreo que realiza el Laboratorio Ambiental de la CAR de los últimos 5 años (2012 hasta el 2016), los cuales fueron suministrados mediante la plataforma AmbiensQ. Se realizó un análisis estadístico de los datos de las campañas, en donde se eliminaron los valores atípicos con el test de Grubbs, y se calcularon los valores mínimos, promedio y máximos de estos periodos. Se realizó las simulaciones de las condiciones actuales teniendo en cuenta el estado actual de la cuenca y se compararon estos resultados con los obtenidos por las campañas de monitoreo. Lo anterior se muestra en la Figura No 6.



Error! No

se encuentra el origen de la referencia.

Figura No 9. Comparación de los resultados de simulación y las campañas de monitoreo (2012 – 2016) del río Bogotá. Para Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Suspendedos Totales y Coliformes Totales.

Los resultados de la simulación se ajustan bastante bien a la realidad representada en las mediciones de las campañas de monitoreo, sin embargo, hay algunos parámetros que muestran valores superiores a los simulados, ya sea en tramos específicos del río (cuenca media y baja) o en toda la longitud del río. Para lograr que se pueda simular correctamente la situación actual, sería necesario hacer una re-calibración del modelo de calidad del agua, lo cual requeriría la realización de campañas de monitoreo que cumplan con los mismos requisitos y forma con las que hicieron las campañas de monitoreo para su primera calibración. Adicionalmente, se recomienda que las campañas de monitoreo tengan en cuenta todos los parámetros del modelo, y que además incluyan el aforo del caudal en mayor cantidad de puntos, asegurándose que todos los parámetros son medidos en la misma masa de agua. Esto con el objetivo de realizar una mejor comparación de los resultados.

PRODUCTO 6 Y 7: ANÁLISIS DE ESCENARIOS – FORMULACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este documento se realiza el análisis de escenarios, formula e integra los planes alternativos para cumplir las metas ambientales, operacionales y ecológicas de los diferentes Actores y Grupos de Interés para los escenarios solicitados en los TdR (años 2020 y 2040), selecciona un plan alternativo adecuado y desarrolla una estrategia integral de implementación a mediano y largo plazo incluyendo un programa de inversiones.

Con base en la modelación de escenarios hidrológicos e hidráulicos realizados por la Consultoría en los modelos desarrollados, los planes de gestión, acción, obras e inversiones de los diferentes “Actores de la Cuenca” se definieron tres planes alternativos que permiten alcanzar el **escenario meta** al año **2040**, a saber:

PA1 Plan Alternativo Uno (1) “Optimista” en donde hay una institucionalidad fuerte, por lo tanto se desarrollan todos los proyectos establecidos para mejorar la gestión del recurso hídrico en la cuenca en el menor tiempo posible;

PA2 Plan Alternativo Dos (2) “Pesimista” en donde solo son ejecutados los proyectos necesarios y al final del periodo;

PA3 Plan Alternativo Tres (3) “Intermedio” en donde los proyectos son desarrollados en un tiempo determinado y se ejecutan la mayoría de los proyectos previstos.

Estos planes alternativos fueron evaluados considerando 5 criterios, los cuales son evaluados y desarrollados más a fondo en los capítulos 6 al 10:

C1 Índice de Satisfacción Aprovechamiento, el cual mide qué tanto se aleja cada alternativa de lo definido como óptimo para el Índice de Aprovechamiento del Sistema Ponderado a la Demanda.

C2 Índice de Satisfacción de Calidad del Agua, se calcula el ICARB en 3 puntos de monitoreo que representan los resultados de la cuenca alta, media y baja de la cuenca del río Bogotá (R.B. Puente La Virgen, R.B. Aguas Arriba de Alicachín y R.B. Agua de Dios). Con los resultados obtenidos del ICARB se hizo una ponderación de cada una de las cuencas con los pesos mostrados en la siguiente tabla:

	Peso Ponderación
Alta	0,2
Media	0,75
Baja	0,05

Se tomaron los valores medios del ICARB ponderado y se graficaron cómo varían sus valores a través del tiempo para cada plan alternativo. El Índice de Satisfacción de Calidad del agua está representado por el área bajo la curva sobre el área bajo la curva de la alternativa ideal para cada Plan Alternativo.

C3 Índice Ambiental, el cual mide qué tanto se aleja cada alternativa de lo definido como óptimo para la recuperación / renovación de las coberturas vegetales.

C4 Reducción de Tasa de Abatimiento, compara la disminución de los abatimientos al 2040 con el mismo caudal actual y lo compara con los abatimientos al 2040 con las diferentes acciones planteadas, mediante gráficos de histogramas.

C5 Valor Presente Neto, representa el valor de todas las inversiones consideradas, a ser realizadas en diferentes años, traídas a valor presente considerando una tasa de descuento del 12%.

Se evaluaron los tres planes alternativos con los criterios mostrados anteriormente y se agregaron a la matriz de pagos (Tabla No 4)

Tabla No 4. Matriz de Pagos para la escogencia del Plan Alternativo

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Puntaje Mínimo	Puntaje Máximo
Índice de Satisfacción Aprovechamiento	0,9398	0,8861	0,9105	0	1
Índice de Satisfacción de Calidad del Agua	0,7610	0,1393	0,5469	0	1
Índice Ambiental	0,6667	0,3167	0,5000	0	1
Reducción de Tasa de Abatimiento	33%	3%	18%	0	50%
Valor Presente Neto	\$2.985.426,3	\$1.845.800,5	\$2.498.119,4	\$ 2.985.426,3	\$ 1.845.800,5

Los valores normalizados de los criterios para cada alternativa se muestran en el Figura siguiente. En donde es evidente que los diferentes Planes Alternativos tienen una composición e importancia de proyectos muy diferente.

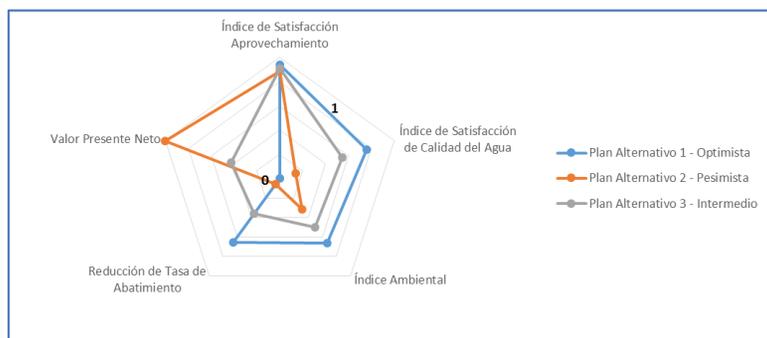


Figura No 10. Valores normalizados de los criterios para cada alternativa

Quando se usa como método de análisis multicriterio, el método de Programación de Compromiso con métrica infinito ∞ o método de Minimizar el Máximo Arrepentimiento escoge el Plan Alternativo 3 o Plan Alternativo Intermedio. Este método es un método independiente de los pesos de los criterios y es muy utilizado para toma de decisiones bajo incertidumbre.

Los resultados para los otros dos métodos (Promedios Ponderados y Programación de Compromiso con métrica 2) muestran, en general, que cuando se dan pesos similares a todos los criterios o se dan pesos mayores a los criterios diferentes al Valor Presente Neto (VPN) la alternativa escogida es el Plan Alternativo 1 o Plan Alternativo Optimista. Esto significa asumir que el criterio de VPN no es determinante y tiene la misma importancia o menor que los otros criterios. Igualmente, cuando se le dan pesos mayores al criterio de VPN que a los otros criterios, sin importar cómo son los pesos de esos otros criterios, la alternativa escogida es el Plan Alternativo 2 o Plan Alternativo Pesimista.

Un resumen de lo antes dicho se puede ver en la tabla siguiente.

Tabla No 5. Resultados del Análisis de Sensibilidad con los diferentes métodos de cálculo

Ponderación W_{VPN} del criterio VPN de la Alternativa *	Plan Alternativo Escogido		
	Promedios Ponderados	Programación Compromiso $m = 2$	Programación Compromiso $m = \infty$
20	PA1	PA3	PA3
25	PA1	PA3	PA3
30	PA2	PA3	PA3
40	PA2	PA2	PA3
50	PA2	PA2	PA3
60	PA2	PA2	PA3
70	PA2	PA2	PA3
80	PA2	PA2	PA3
90	PA2	PA2	PA3

*(entre 0 y 100), los demás criterios ponderando de igual manera $((100 - W_{VPN})/4)$

Debido a que este es un proceso de toma de decisiones con altas incertidumbres, a que el Plan Alternativo 3 o Plan Alternativo Intermedio fue seleccionado por el método de Programación de Compromiso con métrica infinito ∞ o método de Minimizar el Máximo Arrepentimiento, método de toma de decisiones en ambientes inciertos, y que además en varias soluciones con los otros métodos estuvo relativamente cercano a ser escogido como solución, se recomienda acá escoger como Plan de Largo Plazo para la gestión del recurso hídrico en el río Bogotá el Plan Alternativo 3 o Plan Alternativo Intermedio. De todas maneras, debido a la gran incertidumbre de largo plazo que tienen estos proyectos que componen el Plan seleccionado, se recomienda que se revisen estas evaluaciones de manera periódica, a la luz de nueva información y de nuevos proyectos.

Las componentes principales del Plan seleccionado son entonces:

Tabla No 6. Componentes principales del plan alternativo seleccionado

Alternativa 3			
ID	Proyectos Saneamiento	Año	Costo
1.1.	Proyectos Municipios (5 años)	2020	\$ 163.070,31
1.2.	Proyectos Municipios (10 años)	2025	\$ 312.864,21
1.3.	Proyectos Municipios (15 años)	2030	\$ 320.954,95
1.4.	Proyectos Municipios (20 años)	2035	\$ 308.475,84
1.5.	Proyectos Municipios (25 años)	2040	\$ 324.183,05
1.6.	Optimización de la PTAR Salitre	2020	\$ 1.323.000,00
1.7.	PTAR Canoas Fase I	2023	\$ 2.383.000,00
1.8.	PTAR Canoas Fase II	2030	\$ 1.932.000,00
2	Proyectos Acueducto	Año	Costo
2.1.	Interconexión al Sistema Bogotá		
2.1.1.	Interconexión Municipios de Occidente	2023	\$ 89.000,00
2.1.2.	Municipio de Facatativá	2020	\$ 49.533,52
2.1.3.	Municipio de Sibaté	2022	\$ 3.846,97
2.1.4.	Municipio de Subachoque	2025	\$ 2.746,88
2.1.5.	Municipio de Tabio	2040	\$ 6.355,47
2.1.6.	Municipio del Rosal	2027	\$ 3.034,63
2.1.7.	Municipio de San Antonio del Tequendama	2028	\$ 394,15
2.1.8.	Municipio de Tena	2030	\$ 811,72
2.1.9.	Municipio de Zipacón	2031	\$ 251,06
2.2.	Expansión y Optimización		
2.2.1.	Optimización Tibitoc Etapa 1	2020	\$ 45.000,00
2.2.2.	Optimización Wiesner Filtros Etapa 1	2027	\$ 127.000,00
2.2.3.	Operación controlada de Tominé	2033	\$ 144.000,00
2.2.4.	Optimización Wiesner Filtros Etapa 2	2040	\$ 54.000,00
2.2.5.	Chingaza Sureste Etapa Única	2040	\$ 260.000,00

2.2.6.	Ampliación sistema de tratamiento Suesca	2025	\$ 775,00
2.2.7.	Ampliación sistema de tratamiento Ricaurte - Girardot	2029	\$ 4.650,00
2.2.8.	Ampliación sistema de tratamiento Chocontá	2019	\$ 850,46
2.3.	Nuevos Sistemas		
2.3.1.	Aumento pozos Tabio	2019	\$ 360,00
2.3.2.	Proyecto Calandaima	2040	\$ 4.000,00
2.3.3.	Proyecto pozos Bojacá	2019	\$ 480,00
2.3.4.	Proyecto pozos Chocontá	2037	\$ 850,46
2.3.5.	Chingaza Sureste Etapa Única	2019	\$ 260.000,00
2.3.6.	Proyecto Zipaquirá (captación y PTAP)	2019	\$ 14.901,51
3	Proyectos Ambientales	Año	Costo
3.1.	Proyectos Municipios 1	2018	\$ 30.814,71
3.2.	Proyectos Municipios 2	2020	\$ 30.814,71
3.3.	Proyectos Municipios 3	2022	\$ 30.814,71
3.4.	Proyectos Municipios 4	2024	\$ 30.814,71
3.5.	Proyectos Municipios 5	2026	\$ 82.172,55
4	Proyectos Aguas Subterráneas	Año	Costo \$ (Millones)
4.1.	Construcción de pozos de recarga	*	\$ 67.872,00
5	Proyectos Instrumentación	Año	Costo \$ (Millones)
5.1.	Estudio de Diagnóstico, Análisis de Incertidumbre y Actualización de la red de monitoreo del sistema Hídrico de la cuenca del río Bogotá	**	\$ 3.000,00

Fuente: EPC, CAR, DNP, Conservación Internacional, Cálculos Consultoría

BIBLIOTECA ELECTRÓNICA

Se creó una biblioteca electrónica (llamado en adelante, repositorio, el cual es el nombre técnico establecido y utilizado para este tipo de plataformas) donde se incluyen y se organizan los estudios, informes y demás documentos de consulta requeridos para realizar la caracterización y diagnóstico de las condiciones actuales de la cuenca (Como parte integral de los Productos 1 y 2 de la Consultoría)

MANEJO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

La gestión de la información geográfica utilizada en el desarrollo del proyecto, involucró la integración mediante software SIG de información cartográfica (cartografía digital, imágenes de sensores remotos, etc.) y alfanumérica (Atributos, mediciones, cálculos, estadísticas, etc.) Proveniente de distintas y variadas fuentes tales como CAR, IDEAM, SGC, IGAC, IAVH, DANE, USGC, etc. Se describieron los insumos y el proceso realizado para la obtención de cartografía temática por parte de la consultoría y la base de datos cartográfica en el marco de la elaboración del Plan de Manejo Integral del Recurso Hídrico de la Cuenca del Río Bogotá.

REFERENCIAS

- CAR; PLANEACIÓN ECOLÓGICA LTDA. POMCA Río Bogotá: Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Bogotá. Instrumento de Planeación reglamentado por el Decreto 1729 de 2002. Bogotá: CAR, 2006.
- CUBILLOS et al. Análisis de estudios de población y viviendas de la ciudad de Bogotá y municipios vecinos. Bogotá: EAB, 2009.
- GUHL-NANNETI, Ernesto. La Región Hídrica de Cundinamarca - Bogotá, una propuesta conceptual: Articulación conceptual de la Gestión Integrada del Agua, el ordenamiento territorial y la sostenibilidad. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Bogotá: Quanxi, 2013.
- COLOMBIA. DANE. Estadísticas Página Web [En línea]. [Consultado el 28 de jul. 2015]. Disponible en <http://www.dane.gov.co>
- COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Página Web. En: DNP [En línea]. [Consultado el 28 de jul. 2015]. Disponible en <https://www.dnp.gov.co>
- COLOMBIA. GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. Estadísticas de Cundinamarca (2011 – 2013). En: Gobernación de Cundinamarca [En línea]. [Consultado el 28 de jul. 2015]. Disponible en <http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/Inicio.homegc>
- LORA, Eduardo. Técnicas de Medición Económica Metodología y Aplicaciones en Colombia. Bogotá: Alfaomega, 2008.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Página Web. [En línea]. [Consultado el 28 de jul. 2015]. <http://www.mincit.gov.co/>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Oficina de Estudios Económicos. Perfil Económico del Departamento de Cundinamarca 2015. Página Web. [En línea]. [Consultado el 28 de jul. 2015]. <https://www.minambiente.gov.co/>
- COLOMBIA. SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DE CUNDINAMARCA. Estadísticas Básicas de Provincias.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Río Bogotá, Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental: Evaluación y Plan de Gestión Ambiental Río Bogotá Vol I, Informe Final. Bogotá: CAR, s.f.
- EMGESA S.A, Revisión Modelo de Simulación de la Operación del Sistema Hídrico de la Sabana de Bogotá Mejía, Millán y Perry, Presentación, Bogotá: EMGESA, octubre 8 de 2010.
- HMV INGENIEROS LTDA., EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, Estudio de Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado de las Cuencas Salitre y Jaboque: Diseño de las Obras para la Protección Contra las Inundaciones del Río Bogotá en el Sector Alicachín – La Conejera, Informe General, Versión 2, Bogotá D.C., octubre de 2003.
- MONSALVE SÁENZ, Germán. Estudio Hidráulico para el Diseño de las Obras para la Protección contra las Inundaciones del Río Bogotá en el Sector Puente la Virgen – Alicachín, Informe Final, Bogotá D.C. diciembre de 2008.
- ANGEL, C., SÁENZ, J. Y VÁSQUEZ, L. Estudio Hidrogeológico de la Zona de Soacha y Ciudad Bolívar." Convenio No. 420-86 INGEOMINAS - EAAB. Inf. Ingeominas No. 2085, Bogotá. Inédito, 1988.
- AGUAS SUBTERRANEAS LTDA. Exploración de Aguas Subterráneas en las Zonas de Mochuelo-Yomasa y Juan Rey al Suroriente de Bogotá. Tomo I- Informe final. EAAB. Bogotá: Aguas subterráneas LTDA, 1986.

- AQUACHEM V.4.0. Water quality analysis, plotting and modeling. Co-developed by Lukas Calmbach and Waterloo Hydrogeologic, Inc. Ontario. Canada: Aquachem V.4.0, 2003.
- ALVAREZ OSEJO, A. Hidrogeología del Sector Sisga-Tibitó y Embalse de Tominé. Sabana de Bogotá. Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Ingeominas. Bogotá, 1993.
- ALVAREZ, O. Gestión del agua subterránea en la Sabana de Bogotá. Geología Colombiana No.22. Bogotá, 1997.
- BALDIÓN, J. V., 1987 - Conceptos Básicos de Cálculo del Balance Hídrico, HIMAT.
- BETANCOURT, J., PAEZ, L. y VARGAS, J. Evaluación de las Aguas Subterráneas de la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Dpto. de Ingeniería Civil. Bogotá, 1978.
- CAR. Recopilación de los datos geohidrológicos existentes en la Sabana de Bogotá. Bogotá: CAR, 1962.
- CAR; TNO, Estudio de Aguas Subterráneas en la Sabana de Bogotá. II Etapa. Cooperación Técnica Bilateral entre la República de Colombia y el Reino de los Países Bajos. Bogotá: CAR, 1975.
- CAR, TAHAL., 1973.- Estudios de Recursos de Agua Subterránea en la Sabana de Bogotá (Primera Etapa), Bogotá: CAR, Bogotá, 1973.
- CAÑAS, H. y ROBLES, P. Hidrogeología de las Cuencas de los ríos Muña, Soacha y Tunjuelito. Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Convenio INGEOMINAS-CAR. Ingeominas, Bogotá, 1992.
- CASTRO A. E.; PÉREZ, H. J. y VILLALBA, T. Balance Hídrico del Agua Subterránea. Bogotá: CAR, 2003.
- DE BERMUDES, O. y RODRIGUEZ, G. Evaluación de la Recarga Proveniente de la Precipitación en la parte Norte de la Sabana de Bogotá. Bogotá: INGEOMINAS, 1991.
- DE BERMUDES O. Y RODRIGUEZ, G. Evaluación de la Recarga Proveniente de la Precipitación en la Zona Central, Sur y Oriental de la Sabana de Bogotá. Bogotá: INGEOMINAS, 1989.
- DE BERMUDES, O. y QUIROZ, M. Contribución a la hidrogeología de la Sabana de Bogotá, Colombia. En: Manejo Integrado de Aguas Subterráneas: un Reto Para el Futuro. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2002, pp. 107-118.
- COLOMBIA DNP. Estudio Nacional de Aguas. Fonade-Departamento Nacional de Planeación. Bogotá: DNP, 1989.
- DOMÍNGUEZ Y MOLANO. Modelo de Simulación del Acuífero Guadalupe en el Sector de Madrid, Cund. Simposio Col. de Hidrogeología. Memorias. Bogotá, 1988.
- CASTRILLÓN, F Y R. ARAVENA. Algunas Evidencias de Explotación Intensiva de los Acuíferos en la Cuenca Alta del Río Bogotá, Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, IDEAM, y Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Waterloo, Ontario N2L 3G1, Canadá. IDEAM. Bogotá: IDEAM, 2002.
- HIDROGEOCOL LTDA. Investigaciones Hidrogeológicas en Santa Fe de Bogotá, Informe Técnico No. 1, Recopilación y Análisis de la Información. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Bogotá: Hidrogeocol LTDA, 1999A.
- HIDROGEOCOL LTDA. Elaboración del Modelo Hidrogeológico de los Acuíferos de Santa Fe de Bogotá, D.C. Estudio Hidrogeológico, Informe Técnico 1. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Bogotá: Hidrogeocol LTDA, 1999D.
- HIDROGEOCOL LTDA, DAMA-PNUD. Elaboración del Modelo Hidrogeológico de Bogotá D.C. Bogotá: Hidrogeocol LTDA, 2000.
- HIDROGEOCOL LTDA –EAAB. Investigaciones Hidrogeológicas en Bogotá D.C. Bogotá: Hidrogeocol LTDA- EAAB, 2000.
- HIDROGEOCOL LTDA. Investigaciones Hidrogeológicas en Santa Fe de Bogotá D.C. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Bogotá: Hidrogeocol LTDA, 2005.
- HIDROGEOCOL LTDA. Estudio Hidrogeológico en el Área de Influencia Directa e Indirecta del Proyecto Minero en el Valle del Río Tunjuelo. Holcim Colombia S.A y Cemex Colombia S.A. Bogotá D.D. Bogotá: Hidrogeocol LTDA, 2012.
- HUBACH, E. – 1957- Estratigrafía de la Sabana de Bogotá. Boletín Geológico. Vol. V No. 2. Bogotá. Bogotá: Instituto Geológico Nacional, 1957.
- IAH. Hydrogeological Maps. A Guide and Standard Legend. International Association of hidrogeologist. Vol. 17. Francia: UNESCO, 1995.
- INGEOMINAS. Mapa Geológico del Cuadrángulo Zipaquirá (K11), Colombia en escala 1: 1'500.000. US Geological Survey y el Instituto de Investigaciones geológico-Mineras. Colombia: INGEOMINAS, 1975.
- INGEOMINAS. Inventario de Datos Hidrogeológicos en la Zona de Bosa, Soacha y Sibaté. (Proyecto PIC II). Informe No. 2011.Colombia: INGEOMINAS, 1987.

- INGEOMINAS. Mapa Hidrogeológico de Colombia en escala 1: 2'500.000 y Memoria Explicativa. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá. Colombia: INGEOMINAS, 1989.
- INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Convenio Ingeominas – CAR. Bogotá: INGEOMINAS, 1993.
- INGEOMINAS. Hidrogeología de la Cuenca del Río Subachoque. Informe No.2118. Proyecto “Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá”, Instituto Nacional de Investigaciones de Geológico –Mineras. Bogotá: INGEOMINAS, 1992.
- INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico en la Periferia de Santa Fe de Bogotá y en Algunas Poblaciones Cercanas para Abastecimiento de Agua. Informe Técnico., INGEOMINAS - E.A.A.B. Bogotá: INGEOMINAS, 1996.
- INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico en la periferia de Santa Fé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua. Evaluación Hidrogeológica. Prefactibilidad. Municipio de Funza. Informe preparado para el EAAB. Bogotá: INGEOMINAS, 1996.
- INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico en la periferia de Santa Fé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua. Evaluación Hidrogeológica. Prefactibilidad. Municipio de Mosquera. Informe preparado para el EAAB. Bogotá: INGEOMINAS, 1996.
- INGEOMINAS. Estudio Hidrogeológico en la periferia de Santafé de Bogotá y en algunas poblaciones cercanas para abastecimiento de agua. Evaluación Hidrogeológica. Prefactibilidad. Municipio de Facatativá. Informe preparado para el EAAB. Bogotá: INGEOMINAS, 1996.
- INGEOMINAS. Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Subproyecto N° 7. Estudios Geofísicos. Bogotá: INGEOMINAS, 1997.
- INGEOMINAS. Proyecto Hidrogeológico de las Zonas de Soacha y Ciudad Bolívar. Bogotá: INGEOMINAS, 1998.
- INGEOMINAS. Geología de la plancha 245 Girardot en Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá: INGEOMINAS, 1999.
- INGEOMINAS. Mapa Hidrogeológico de la Sabana de Bogotá en escala 1:100.000. Proyecto de Evaluación y Exploración de Aguas Subterráneas. Bogotá: INGEOMINAS, 2000.
- INGEOMINAS. Modelo hidrogeológico conceptual de la sabana de Bogotá. Proyecto de cooperación técnica internacional OIEA- Ingeominas, aplicación de técnicas isotópicas en los estudios de aguas subterráneas col-8019. Informe técnico final. Bogotá: INGEOMINAS, 2002.
- INGEOMINAS-ASOCOLFLORES. Reactivación de la Red de Monitoreo, Identificación de Zonas Críticas de Bombeo. Informe final. Convenio de Cooperación técnica, Ingeominas-Asocoflores. Bogotá: INGEOMINAS-ASOCOLFLORES, 1996.
- INDEPENDENCE LTDA. Informe Final de Interventoría Sobre la Construcción del Pozo Profundo No. 1 en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca, 1999.
- JICA–EAAB. Estudio del desarrollo sostenible del agua subterránea en la sabana de Bogotá en la República de Colombia. Informe Final e Informe Principal. Bogotá: JICA – EAAB, 2003.
- LOBO-GUERRERO, A. Geología e hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana. VII jornadas geotécnicas de la ingeniería en Colombia. Soc. Col. de Ing. Santafé de Bogotá. Bogotá, 1982.
- LOBO-GUERRERO USCATÉGUI. Estudio hidrogeológico para la recarga del agua subterránea en la mina Manas. Valle del Río Tunjuelo. Holcim Colombia S.A. Bogotá: 2006
- MOLANO, C, GARCÍA, E. OSORIO, O. Y GOMES, D. Condiciones Hidrogeológicas de Bogotá y Alrededores, Colombia. Groundwater and Human Development, Mar del Plata, Argentina, XXXII IAH Congress. Mar de Plata, 1992.
- MOLANO C., ULLOA C. Balances hídricos en la Zona Suroccidental de la Sabana de Bogotá con énfasis en la hidrología subterránea. Proyecto PIC 2. Colombia: INGEOMINAS, 1987.
- MOLANO, C. MOSQUERA F. ¿Qué cantidad de agua se puede explotar de la Sabana de Bogotá? Tribuna Geológica. Edición No. 13. Colombia, 1984.
- PÉREZ, G., Y SALAZAR, A. Estratigrafía y Facies del Grupo Guadalupe. Geología Colombiana No. 10, Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias. Bogotá: UNAL, 1973.
- RENZONI, G. Apuntes Acerca de la Litología y Tectónica de la Zona al Este y Sureste de Bogotá. Boletín Geológico. Vol. X No. 1 y 3. Servicio Geológico Nacional. Bogotá, 1962.
- ROBLES, E. y SAENZ, J. Hidrogeología de la Cuenca del Río Subachoque, Sabana de Bogotá. Proyecto: Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Convenio INGEOMINAS-CAR. Bogotá: INGEOMINAS, 1991.

- ROBLES, E. Hidrogeología del Sector Tibitó, Salto de Tequendama y Oriente Bogotano, Sabana de Bogotá. Proyecto: Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Convenio INGEOMINAS-CAR. Bogotá: INGEOMINAS, 1993.
- ROBLES, E., y SÁENZ, J. Hidrogeología de las Cuencas de los ríos Bojacá y Balsillas. Estudio Hidrogeológico Cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Convenio INGEOMINAS-CAR. Bogotá: INGEOMINAS, 1991.
- RODRIGUEZ, O. Estudio de Prospección de Aguas Subterráneas por el Método Geoeléctrico en la Región del Tequendama. (Municipios de Tena, La Mesa y Anapoima). Bogotá, 1988.
- UNESCO. Mapa Hidrogeológico de América del Sur. Programa Hidrológico Internacional. División de Ciencias del Agua. Servicio Geológico del Brasil. Brasil: UNESCO, 1996.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Evaluación de las aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá. Facultad de Ingeniería. Bogotá: UNAL, 1978.
- VAN DER HAMMEN, T. Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá. Bogotá, 1998.
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE Y EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Calidad del sistema hídrico de Bogotá – 1ed.-- Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2008.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Calidad del Recurso hídrico de Bogotá (2004). Bogotá: Uniandes, 2004.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Calidad del Recurso hídrico de Bogotá (2008-2009). Bogotá: Uniandes, 2009.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Calidad del Recurso hídrico de Bogotá (2009-2010). Bogotá: Uniandes, 2010.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Calidad del Recurso hídrico de Bogotá (2010-2011). Bogotá: Uniandes, 2011.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Calidad del Recurso hídrico de Bogotá (2011-2012). Bogotá: Uniandes, 2012.
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Calidad del Recurso hídrico de Bogotá (2012-2013). Bogotá: Uniandes, 2013.
- DAMA, IDEAM. VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá D.C. Bogotá: IDEAM, s.f.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Boletín de Calidad de la Cuencas de la Jurisdicción CAR (2007-2009). Bogotá: CAR, 2010.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Boletín de Calidad de la Cuencas de la Jurisdicción CAR (2010). Bogotá: CAR, 2010.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Boletín de Calidad de la Cuencas de la Jurisdicción CAR (2011). Bogotá: CAR, 2011.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Boletín de Calidad de la Cuencas de la Jurisdicción CAR (2012). Bogotá: CAR, 2012.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. Boletín de Calidad de la Cuencas de la Jurisdicción CAR (2013). Bogotá: CAR, 2013.
- COLOMBIA. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL REPÚBLICA DE COLOMBIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento Conpes 3320: Estrategia para el Manejo Ambiental del río Bogotá. Bogotá: Conpes, 2004. p.33
- COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Misión y Visión. En: Sobre el Ministerio [En línea]. [Consultado el 29 de jul. 2015]. Disponible en <http://www.minvivienda.gov.co/sobre-el-ministerio/mision-y-vision>
- COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO CRA. Acerca de la entidad [En línea]. [Consultado el 29 de jul. 2015]. Disponible en <http://cra.gov.co/es/acerca-de-la-entidad/estructura-organizacional>
- COLOMBIA. Decreto 3570 de 2011.
- IDEAM. Acerca de la entidad. En: ENTIDAD [En línea]. [Consultado el 29 de jul. 2015]. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>
- COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Acerca de la entidad. En: DNP [En línea]. [Consultado el 29 de jul. 2015]. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/DNP/Paginas/acerca-de-la-entidad.aspx>
- ALCALDÍA DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Misión. En: Inicio [En línea]. [Consultado el 29 de jul. 2015]. Disponible en <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/mision>

- CAR. Evaluación y Plan de Gestión Ambiental Río Bogotá Vol I. Bogotá: CAR, s.f. p. 85.
- GONZÁLEZ, Juan Diego. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Modelación Integrada del sistema de drenaje – PTAR – Río de la ciudad de Bogotá- Escenarios de Control Regional. Bogotá: UNAL, 2010.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Calidad del Agua del Río Bogotá: Tomo II Modelación dinámica de calidad del agua del Río Bogotá: Calibración y simulación de escenarios de saneamiento. Bogotá: UNAL-EAB-ESP, 2009
- MARTÍNEZ, A. Análisis del entorno institucional y de política pública. Así como de la evolución de la generación y el consumo de agua y de las inversiones en acueducto y alcantarillado, con el fin de valorar el reto que Representa el Plan de Desarrollo de Bogotá Humana. Bogotá: Fedesarrollo, 2014.
- SALDÍAS BARRENECHE, C. Las ciudades y regiones, la realidad territorial del desarrollo. Revista de Ingeniería (29). 2009
- SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. Integración Regional y Cooperación: Avances, Logros y Retos. Bogotá: SDA, 2011.
- TIEMPO, E. (2 de abril de 2014). Consejo de Estado suspende POT de Bogotá. El Tiempo.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Informe de características no aceptables por departamento según municipio para el periodo comprendido entre el 08/01/2013 y el 26/06/2014. [En línea]. [Consultado el día 7 de Septiembre de 2015] Disponible en: <http://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/reportes.aspx>.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE CUNDINAMARCA S.A. ESP. Informe de Gestión 2013. Secretaría de Planeación, Sede Administrativa. Bogotá. [En línea] [Consultado el día 7 de Septiembre de 2015] Disponible en: <http://www.cundinamarca.gov.co/wps/wcm/connect/0b9de9db-5b1b-4fc9-83dc-c4d2b714f615/Informe+de+gesti%C3%B3n+2013+V2+rev+JLC.pdf?MOD=AJPERES>
- LATIN CONSULT ENGENHARIA LTDA. 2009. Planes Maestros de Acueducto y Alcantarillado de los Municipios de la Cuenca. Bogota, 2009.
- CONSORCIO SES – ARQ. Informe Diagnostico Plan Maestro De Acueducto Y Alcantarillado Municipio De Chocontá, Provincia De Almeidas Departamento De Cundinamarca “Formulación Plan Maestro De Acueducto Urbano” “Formulación Plan Maestro De Alcantarillado Urbano”. Bogotá, 2012.
- EPS TOCANCIPÁ. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales [En línea]. [Consultado el día 8 de Septiembre de 2015] Disponible en: <http://esptocancipa.com/alcantarillado/>
- EMSERCOTA. 2014. Proyecto de condiciones técnicas C.P.U.- Emsercota-001-2014 [En línea]. [Consultado el día 8 de Septiembre de 2015] Disponible en: <http://emsercota.com/contratacion/PROYECTO%20DE%20CONDICIONES%20TECNICAS%20CPU-EMSERCOTA-001-2014-OB.pdf>
- OBSERVATORIO AMBIENTAL CAR. Diagnostico esquema de ordenamiento territorial. [En línea] [Consultado el día 8 de Septiembre de 2015] Disponible en: <http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1390808554diagnosticoterritorialporsubsystemaseotena.pdf>
- SALDARRIAGA, J. Estudio y diseño de la ampliación de la Estación de Bombeo de La Ramada. Bogotá, D.C.: DNP - CAR, 1981
[KARNSTEDT, Alexander \[Global Land Cover Facility www.landcover.org\]](http://www.landcover.org)
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative geomorfology. Geol. Soc. Am. Bull. 1945
- MARTIN VIDE, Juan Pablo. “Ingeniería de Ríos”. México: Algaomega Grupo Editor, 2003.
- EMGESA S.A, “Revisión Modelo de Simulación de la Operación del Sistema Hídrico de la Sabana de Bogotá Mejía, Millán y Perry”, Presentación, Bogotá D.C., octubre 8 de 2010.
- CARRIZOSA, J. Análisis de Principales Dinámicas Regionales Asociadas a la Variabilidad y al Cambio Climático en la Región Capital. Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá-Cundinamarca, PRICC. 60 Hojas. Bogotá, 2012.
- IDEAM, PNUD, ALCALDÍA DE BOGOTÁ, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, CAR, CORPOGUAVIO, INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA, MADS, DNP. Estrategia regional de mitigación y adaptación al cambio climático para Bogotá y Cundinamarca. Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC). Bogotá, 2014.

- FOLKE, C. y ROCKSTRÖM, J. 3rd Nobel Laureate Symposium on Global Sustainability: transforming the world in an era of global change. *Ambio* 40 717-718, 2011.
- MONTEALEGRE, Edgar. 2012. Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC)
- MUTINHO, Felipe; MORENO, Carlos Alberto; BORDA, Carlos Andres; FERNANDEZ, Maria Adelaida. Valoración Económica de los principales servicios ambientales provistos por los ecosistemas estratégicos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca Proyecto Andes. Bogotá: CAR. Instituto Humboldt, 2006.
- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Plan de Adaptación y Mitigación a la Variabilidad Ambiental y el Cambio Climático. Bogotá D.C. Mayo, 2014.
- RODRÍGUEZ-MAHECHA, J. V., F. ARJONA-HINCAPIÉ, T. MUTO, J. N. URBINA-CARDONA, P. BEJARANO-MORA, C. RUIZ-AGUDELO, M.C. DÍAZ GRANADOS, E. PALACIOS, M.I. MORENO, A. Gómez & Geothinking Ltda. 2015. Ara Colombia. Sistema de Información Geográfica para el Análisis de la Gestión Institucional Estatal (Módulo OtusColombia) y la Afectación a la Biodiversidad Sensible y al Patrimonio Cultural (Módulo Tremarctos-Colombia). Versión 3.0 (04; 03;2015) Conservación Internacional-Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, CAR, UPME y Ministerio de Minas. Sistema de información en línea disponible en <http://www.tremarctoscolombia.org/>
- COLOMBIA. Sentencia consejo de Estado, Boletín 141, Abril 11 de 2014 [En línea]. [Consultado el 10 de Agosto de 2015] Disponible en: <http://www.consejodeestado.gov.co/documentos/boletines/141.pdf>
- SALDÍAS BARRENECHE, C. Las ciudades y regiones, la realidad territorial del desarrollo. *Revista de Ingeniería* (29). 2009.
- SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. Integración Regional y Cooperación: Avances, Logros y Retos. Bogotá: Secretaría Distrital del Planeación, 2009.
- TIEMPO, E. Consejo de Estado suspende POT de Bogotá. Bogotá: El Tiempo, 2 de Abril del 2014.
- MOCKUS, A. (2010). Llegó el momento de ahorrar agua: ¿Todos o sólo yo? [En línea] En *Versión digital de El Tiempo*, 1 de enero de 2010. [Consultado el día 16 de abril de 2014] Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-6873748>.
- RESTREPO, J. ¿Cuánto podría durar el agua en Bogotá? En *Versión de 2013* [En línea]. [Consultado el día 16 de abril de 2014]. Disponible en: <http://www.kienyke.com/historias/cuanto-podria-durar-el-agua-en-bogota/digital-de-Kien-y-Ke,23-de-enero,2013>
- IGAC. Conflictos de uso del territorio colombiano escala 1:100.000. Bogotá: IGAC, 2012.
- IGAC. Conflictos de uso del territorio en la cuenca del río Bogotá. Bogotá: IGAC, 2012.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA. Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 – 2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá: IDEAM, 2015.
- IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá: IDEAM, 2010.
- GUHL, Ernesto. La Región Hídrica de Cundinamarca – Bogotá una propuesta conceptual: Articulación conceptual de la Gestión Integrada del Agua, el ordenamiento territorial y la sostenibilidad. Bogotá: Quauxi, 2013. p. 184
- PÉREZ, Alfonso. FUNDACIÓN AL VERDE VIVO. El Problema del río Bogotá. Bogotá: Fundación al Verde Vivo, s.f.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Modelación Dinámica de la Calidad del Agua del río Bogotá. Informe Producto 5. Modelación y simulación de Escenarios y análisis de resultados. Bogotá, 2011.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. Modelo AMQQ: Modelación dinámica de la calidad del agua del río Bogotá. [Simulink MATLAB]. Bogotá, 2009.
- PÉREZ GUTIERREZ, Juan David. Propuesta metodológica para la calibración del modelo dinámico de calidad del agua MDLC – ADZ – QUASAR en ríos. Caso de aplicación: Río Bogotá, Tramo Cortijo - Puente Aeropuerto. Universidad de los Andes, Bogotá: 2010.
- COLOMBIA. Sentencia consejo de Estado, Boletín 141, Abril 11 de 2014 [En línea]. [Consultado el 10 de Agosto de 2015] Disponible en: <http://www.consejodeestado.gov.co/documentos/boletines/141.pdf>
- Carrizosa, J. 2012. Análisis de Principales Dinámicas Regionales Asociadas a la Variabilidad y al Cambio Climático en la Región Capital. Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá-Cundinamarca, PRICC. 60 Hojas

- POZO DE CASTRO, Miguel. Los Usos Del Suelo En La Gestión De Los Recursos Hídricos Mediante Sistemas De Teledetección, En: Medida y Evaluación de las Extracciones de Agua Subterránea. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Madrid. 1999, En línea: Disponible en http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/losusos.pdf. Consultado el 5 de abril de 2016.
- RODRÍGUEZ-ERASO N., PABÓN-CAICEDO J.D., BERNAL-SUÁREZ N.R. Y MARTÍNEZ-COLLANTES J. Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá, D. C., Colombia. 80 p, 2010.
- SHISHENKO, P.G. Estabilidad de los paisajes a las cargas económicas. Geografía Física Aplicada. Editorial de la Escuela Superior, Kiev, Ucrania, 1988. 195 pp
- Bjørnæs, C. (2013). A guide to Representative Concentration Pathways. CICERO. Center for International Climate and Environmental Research. Consultado en Marzo de 2016, de <http://cicero.uio.no/images/A%20guide%20to%20RCPs.pdf>
- CAR. Plan de Acción cuatrienal 2016 – 2019 de la CAR. Bogotá: 2016
- EAB-ESP. Plan Plurianual de Inversiones 2016 – 2019 de Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá. Bogotá: 2016.
- EPC. Plan de Inversiones de Empresas Públicas de Cundinamarca, para el Acueducto y Alcantarillado de Cundinamarca. Bogotá; 2016.
- IDEAM, PNUD, ALCALDÍA DE BOGOTÁ, GOBERNACIÓN DE CUNDIMARCA, CAR, CORPOGUAVIO, INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA, MADS, DNP. Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC). Bogotá: 2012.
- EAB- ESP, UNAL. Producto No 5. Modelación dinámica de la calidad del agua del río Bogotá: Determinación y simulación de escenarios y análisis de resultados. Bogotá: 2011
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2015. Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional - Regional: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá: 2015.
- CAR, CORPOGUAVIO, CONSERVACIÓN INTERNACIONAL, ONF ANDINA. Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora de la Cuenca Alta del río Bogotá. Bogotá: s.f.

CAR

NIPPON KOEI
Challenging mind, Changing dynamics

NIPPON KOEI LAC 


INAR ASOCIADOS S.A.