**OBJETO:** Desarrollar la exploración geofísica, geológica, hidráulica e isotópica con la cual se recopile y analice la información necesaria para la actualización del modelo hidrogeológico conceptual de Bogotá.

**ALCANCE DEL OBJETO:** La exploración geofísica, geológica, hidráulica e isotópica incluye la toma de tomografías eléctricas y sondeos de magnetotelúrica o transitorio electromagnético, la construcción de piezómetros, ejecución de pruebas hidráulicas (*Slug* y pruebas de bombeo), el establecimiento de una red de monitoreo para muestreo de isótopos y el inventario de posibles sitios de contaminación de acuitardos y acuíferos. Estas actividades se podrán desarrollar en simultáneo empleando varios frentes de trabajo con los perfiles específicos para cada actividad mencionada, los cuales se describirán en el numeral 4 del presente documento.

**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA NECESIDAD.**

Con la expedición de la Ley 99 de 1993, que entre otras, reordena el sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y en el marco de dicho ordenamiento establece un tratamiento especial para los municipios, distritos o áreas metropolitanas con población urbana superior a un millón de habitantes, otorgándoles, dentro de su perímetro urbano, funciones y responsabilidades ambientales que trascienden las funciones asignadas a los demás municipios del país, por cuanto el artículo 66 dispone que en lo que fuere aplicable a medio ambiente urbano dichos entes ejercerán las mismas funciones atribuidas a las corporaciones autónomas regionales.

El Decreto 1640 de 2012 compilado en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente 1076 de 2015, en el artículo 2.2.3.1.1.5 reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos estableciendo que dichos instrumentos son: i) los planes estratégicos en las macro-cuencas o áreas hidrográficas; ii) el programa nacional de monitoreo del recurso hídrico en las zonas hidrográficas; iii) **los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) en sub-zonas hidrográficas o de nivel subsiguiente**; iv) los planes de manejo ambiental de micro-cuencas en el nivel inferior al subsiguiente y; v) **los planes de manejo ambiental de acuíferos.**

El Distrito Capital hace parte de la cuenca media del río Bogotá, la cual para su planificación y manejo cuenta con el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Bogotá ajustado y actualizado a través de la Resolución 0957 de 2019 por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, la Corporación Autónoma Regional de Guavio – CORPOGUAVIO y la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia – Corporinoquia. De acuerdo con el Parágrafo del artículo 2.2.3.1.6.12 ***De las medidas para la administración de los recursos naturales renovables*** del Decreto Único Nacional del Sector Ambiente Decreto 1076 de 2015, se establece que *"En caso de que en la cuenca existan acuíferos, las medidas de manejo ambiental para la preservación y restauración, entre otros, harán parte integral del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca y deberán sujetarse a lo establecido en la Guía Metodológica para la Formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos.", de que trata el del presente decreto*. En este sentido, el programa de seguridad hídrica en la cuenca del río Bogotá establecido en el componente programático del POMCA del río Bogotá, en su ficha PH 321 (Anexo 1), establece como medida de manejo la actualización del modelo hidrogeológico conceptual de la cuenca media del río Bogotá, cuya actualización se debe realizar por las autoridades ambientales competentes.

La Secretaría Distrital de Ambiente (en adelante, SDA) cuenta con un modelo hidrogeológico conceptual elaborado en 2013 y actualizado para uno de sus sistemas acuíferos en 2018. Ambos estudios en sus conclusiones y recomendaciones instan a qué para una posterior actualización del modelo hidrogeológico, se realicen exploraciones geofísicas, hidráulicas, perforaciones y otros estudios que permitan tener un mayor conocimiento del sistema acuífero y, por lo tanto, contar con un modelo más robusto y con menor incertidumbre, que permita tener conclusiones que lleven a un mejor manejo del recurso hídrico subterráneo del Distrito Capital.

El modelo hidrogeológico conceptual (en adelante, MHC) de 2013, recomendó seguir actualizando el sistema de modelamiento hidrogeológico y desarrollo del modelo conceptual a nivel local y regional (Sabana de Bogotá y jurisdicción CAR), investigar el espesor de los depósitos no consolidados y el límite con rocas del cretáceo por

medio de métodos directos e indirectos, investigar más a fondo las conexiones agua superficial y agua subterránea, profundizar en el modelo hidrogeológico numérico para depósitos cuaternarios.

Dadas estas recomendaciones, el modelo hidrogeológico conceptual de 2018 desarrollado a través del convenio de asociación No SDA-CV 20161264 suscrito entre está Secretaría y la Pontificia Universidad Javeriana, se elaboró con el fin de profundizar en el MHC para los depósitos cuaternarios, se utilizó la información actualizada de la red de monitoreo al recurso hídrico y de los diferentes análisis realizados a las estaciones de servicio a las que le hace seguimiento la SDA y se realizó la perforación de un (1) pozo profundo en el occidente de la capital para obtener una mayor información sobre el espesor de las capas de suelo con potencial acuífero. Sin embargo, el estudio estableció como limitantes para una mayor certidumbre del modelo lo siguiente:

- La incertidumbre en la información sobre litología, diseño y profundidad de cada uno de los pozos existentes en Bogotá, especialmente de la profundidad de extracción de agua.
- La incertidumbre en la medición de los niveles estáticos, como quiera que, en las pruebas existentes se observó que en ocasiones se iniciaba la medición antes de que el pozo se recuperará del bombeo realizado en la prueba. Adicionalmente, no se contaba con datos en la zona sur.
- Se desconoce la extensión, continuidad y espesor de las capas en algunas zonas de la ciudad, dado que no se cuenta con la litología de los pozos o no se tienen pozos con la suficiente profundidad para medir el espesor de las capas con potencial acuífero.
- Con la información existente no fue posible establecer las entradas y salidas de las formaciones de los depósitos cuaternarios no consolidados al Grupo Guadalupe, afectando el cálculo del balance hídrico.
- La incertidumbre del volumen de agua bombeada por desactualización de inventario de fuentes de agua subterránea.
- En algunos casos no se tiene precisión en la cota de la boca del piezómetro, afectando la precisión de la medición de los niveles piezométricos.

En este sentido, el estudio del 2018 recomendó principalmente:

- Mejorar modelo 3D contando con una mayor cantidad de pozos para corroborar estratigrafía y mayor precisión del espesor de depósitos no consolidados.
- *"…se sugiere llevar a cabo pruebas de bombeo en diferentes sectores del distrito con mediciones en piezómetros cercanos, para la estimación de las propiedades hidráulicas de las unidades hidrogeológicas (coeficiente de almacenamiento, conductividad hidráulica), que permitan reducir la incertidumbre en la estimación de las reservas."*
- Comprobar el flujo de agua de las formaciones del Grupo Guadalupe hacia la formación Tilatá.

De esta manera, para lograr una óptima y eficiente actualización del MHC del acuífero de Bogotá, que permita establecer medidas en la conservación y manejo del recurso hídrico subterráneo y en el marco de las funciones de la SDA, formular políticas públicas ambientales sobre recurso hídrico y apoyar técnicamente la formulación de políticas para el manejo de los sistemas de humedales u otros elementos de la estructura ecológica de la ciudad, se requiere previo a la actualización del modelo, adelantar los siguientes estudios que serán insumos para una futura actualización:

- Exploración geofísica por medio de sondeos de magnetotelúrica o transitorio electromagnético y tomografías eléctricas, los cuales permitirán corroborar la geología de Bogotá en cuanto a capas y espesores. En el caso de la exploración en los humedales y las fuentes superficiales, esta indicará la profundidad a la que se deben instalar los piezómetros para medir variables de nivel y calidad en los diferentes niveles acuíferos.
- Pruebas hidráulicas, como pruebas de bombeo y pruebas slug permitirá identificar con mayor detalle el estado actual de la hidráulica del recurso subterráneo de la capital. Se requiere hacer las pruebas con

pozos de observación para verificar la recuperación del pozo y sus rangos de influencia. Esto es necesario para poder tomar decisiones sobre las concesiones de agua.

- El establecimiento de una red de monitoreo para el muestreo de isótopos (isotópico), para la ciudad con el cual se puedan rastrear los flujos de agua subterránea entre diferentes niveles de acuíferos ayudando a mejorar el análisis para el balance hídrico y para comprender la dinámica de las aguas subterráneas. Con la composición isotópica del agua es posible identificar su origen y su edad. Esta red será la base para realizar a futuro el muestreo en las áreas más representativas de la jurisdicción de la SDA.
- Inventario de fuentes con potencial de contaminación de las aguas subterráneas que al correlacionarse con la dinámica de las aguas subterráneas puede permitir identificar zonas con mayor vulnerabilidad a la contaminación.

Es importante mencionar que los modelos hidrogeológicos deben estar en constante actualización, sin embargo, para que ésta sea significativa se debe contar con información diferente, verificada o con mayor detalle de la empleada para el último modelo realizado, ya que la complejidad de la hidrogeología de la región hace de esto un proyecto complejo y de una demanda económica representativa.

A partir del 2018, se han tomado medidas para verificar y mejorar la calidad de la información sobre aguas subterráneas del Distrito Capital, y de esta manera contar con datos para una futura actualización del MHC. Desarrollar estos estudios en un mismo momento de tiempo tiene alta relevancia para el análisis de los resultados que se obtengan, dado que se cuenta con las mismas condiciones de base en la toma de los datos de cada una de las pruebas (época climática, estado de intervención, entre otras). Las actividades que se incluyen en el presente documento buscan contar con los insumos necesarios para una futura actualización del modelo; se aclara que este proyecto no incluye la actualización del MHC de Bogotá, únicamente la ejecución de los estudios necesarios para su posterior actualización. Para formular o planear la actualización del MHC es necesario contar con los resultados de las actividades descritas en este documento, los cuales permitirán definir escala, alcance de la actualización del MHC, entre otros aspectos.

Por otra parte, se considera pertinente avanzar en la producción de los insumos para una futura actualización del MHC, dado que actualmente, derivado de la formulación de la estrategia de seguridad hídrica para Bogotá realizada por el Banco Mundial y liderada por la EAAB y la SDA, se ha establecido como una de las líneas estratégicas el análisis de la información de aguas subterráneas existentes y la generación de unos términos de referencia para la actualización del modelo hidrogeológico de la sabana de Bogotá. Para esto en el año 2024, el Banco Mundial recopiló la información de la SDA y otras entidades para verificar la calidad y suficiencia del conocimiento que se tiene sobre las aguas subterráneas del acuífero de la sabana de Bogotá. La SDA realizó la presentación de la información existente y entregó la misma para su análisis durante el taller del Banco Mundial "Asegurando el futuro hídrico de Bogotá" desarrollado en la ciudad de Bogotá en el mes de marzo del 2025, dicha entidad hace entrega de los resultados de la revisión de la información, concluyendo que es necesario complementar la información existente sobre aguas subterráneas, verificar datos sobre los que se tiene incertidumbre e integrar la información de las diferentes entidades que han recopilado información sobre las aguas subterráneas.

El Banco Mundial se encuentra elaborando los términos de referencia para la construcción de ese modelo hidrogeológico conceptual y numérico de la sabana de Bogotá, que integre la información existente y la que se tome para complementar. Estos términos serán útiles para que las autoridades ambientales desarrollen lo pertinente para lograr la actualización del MHC de su territorio. En ese orden, la SDA requiere contar con información específica y detallada de su jurisdicción para que el modelo a realizar refleje la realidad del Distrito Capital y permita definir escenarios propios para las condiciones de la ciudad.

De acuerdo con lo anterior, para el cumplimiento de lo establecido en la Ficha PH 321 del POMCA del río Bogotá (Anexo 1) para el territorio del Distrito Capital y sumarse a los esfuerzos de las diferentes entidades en generar conocimiento y estrategias para la administración y manejo de las aguas subterráneas de la sabana de Bogotá, es necesario adelantar las actividades de caracterización hidrogeológica mencionados en el presente documento, que sirvan como insumo para una futura actualización del MHC.

**CLASIFICACIÓN UNSPSC:**

El objeto está codificado en el clasificador de bienes y servicios UNSPSC (The United Nations Standard Products and Services Code / Codificación de Bienes y Servicios de Acuerdo con el Código Estándar de Productos y Servicios de Naciones Unidas) como se indica a continuación:

| Clasificación UNSPSC | Segmento | Familia | Clase | Producto |
|---|---|---|---|---|
| 77101601 | 77000000 Servicios Medioambientales | 77100000 gestión ambiental | 77101600 planeación ambiental | Planificación del desarrollo rural urbano |
| 77101604 | 77000000 Servicios Medioambientales | 77100000 gestión ambiental | 77101600 planeación ambiental | Servicios de planificación de estrategias de gestión o conservación de recursos naturales |
| 70171506 | 70000000 Servicios de Contratación Agrícola, Pesquera, Forestal y de Fauna | 70170000 Desarrollo y vigilancia de recursos hidráulicos | 70171500 Desarrollo | Servicios para modelado de aguas subterráneas o superficiales |

**CONDICIONES TÉCNICAS**

Para el desarrollo del contrato, se contemplan las actividades que se describen a continuación, las cuales pueden ejecutarse en simultáneo o con el escalonamiento establecido en el cronograma que se presenta más adelante en el documento. Como resultado de cada una de las actividades se entregará un informe con los respectivos anexos documentales que soporten el trabajo de campo, los resultados y análisis realizados de acuerdo con lo presentado en el ítem de *Productos entregables* de este documento; estos serán revisados y aprobados por la SDA. A continuación, se describe cada una de las actividades, se listan los productos entregables, se indica el plazo de ejecución y se relaciona el personal mínimo requerido para el desarrollo de estas.

| Ítem | Descripción de las actividades técnicas del bien, obra o servicio a contratar | | Cantidad | Unidad de medida |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Geofísica | Sondeos de magnetotelúrica (MT) o transitorio electromagnético (TEM) | 10 | Unidad |
| | | Tomografías eléctricas | 8 | Unidad |
| | | Piezómetros | 9 | Unidad |
| **2** | Pruebas hidráulicas | Pruebas de bombeo | 17 | Unidad |
| | | Pruebas Slug | 32 | Unidad |
| **3** | Establecimiento de una red de monitoreo para muestreo de isótopos (Deuterio, Oxígeno 18, Carbono 13, Carbono 13, Tritio (0,8 UT), Helio (3He/4He)) | | 1 | Global |
| **4** | Inventario de posibles fuentes de contaminación de aguas subterráneas | | 1 | Global |

- **DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL BIEN, OBRA O SERVICIO A CONTRATAR**

El día hábil posterior a la firma del acta de inicio, el contratista y la SDA realizarán una reunión de inicio o mesa de trabajo inicial, con el fin de aclarar inquietudes finales para la implementación del contrato. En ésta, el contratista hará la presentación de una propuesta del cronograma y plan de trabajo, que permita identificar

claramente el proceso a seguir, la cual estará sujeta a revisión y aprobación por parte de la SDA. Adicionalmente, se establecen los conductos regulares para comunicación y entrega de información entre el contratista y la SDA. El plan de trabajo y cronograma debe ajustarse de acuerdo con los comentarios de la reunión de inicio y debe estar aprobado por la SDA antes del inicio de cada actividad.

Se aclara que para todas las actividades la SDA gestionará el permiso de ingreso a predios.

## 1. ACTIVIDAD 1. GEOFÍSICA

La geofísica planteada se enfoca en dos (2) aspectos principales: El primer aspecto es recopilar información sobre la geología del Distrito Capital para identificar la profundidad del grupo Guadalupe (Transitorio electromagnético o sondeos de magnetotelúrica), y el segundo, consiste en la evaluación de la interacción entre los acuíferos y las condiciones de frontera (Tomografías). Esta última está asociada a investigar donde se puede construir piezómetros para determinar cómo es la conexión entre las fuentes superficiales (río Tunjuelito y el río Bogotá) y los humedales.

Para lograr lo anterior, se deberá realizar lo siguiente:

### 1.1. SONDEO TRANSITORIO ELECTROMAGNÉTICO (TEM)

El método geofísico TEM (Transitorio Electromagnético), también conocido como TDEM (Time Domain Electromagnetic), es una técnica utilizada para investigar la resistividad eléctrica del subsuelo mediante la generación y medición de campos electromagnéticos. El proceso consiste en inducir un campo magnético primario mediante una corriente eléctrica que circula por un lazo de cable en la superficie; al interrumpir bruscamente esta corriente, se genera un campo electromagnético secundario que penetra en el subsuelo e induce corrientes eléctricas (corrientes de Foucault). Estas corrientes generan un campo magnético cuya variación en el tiempo es registrada por una bobina receptora.

Un sondeo TEM consiste en instalar una bobina transmisora (*loop*) en forma de cuadrado o rectángulo sobre la superficie del terreno, la extensión lateral del *loop* debe ser de 300 a 400 metros. Alrededor del centro o cerca del borde del *loop*, se dispone la bobina receptora, que se encarga de registrar el campo electromagnético secundario una vez que la corriente transmisora es interrumpida. El equipo transmisor genera pulsos eléctricos, y el receptor mide la variación del campo en el tiempo (respuesta transitoria). Todo esto se controla desde una unidad central. El objetivo es explorar a una profundidad de 500 a 1000 m en 10 zonas del Distrito Capital para identificar y delimitar el tope y en algunos casos, la base de las formaciones geológicas que componen el grupo Guadalupe y que son de especial interés hidrogeológico.

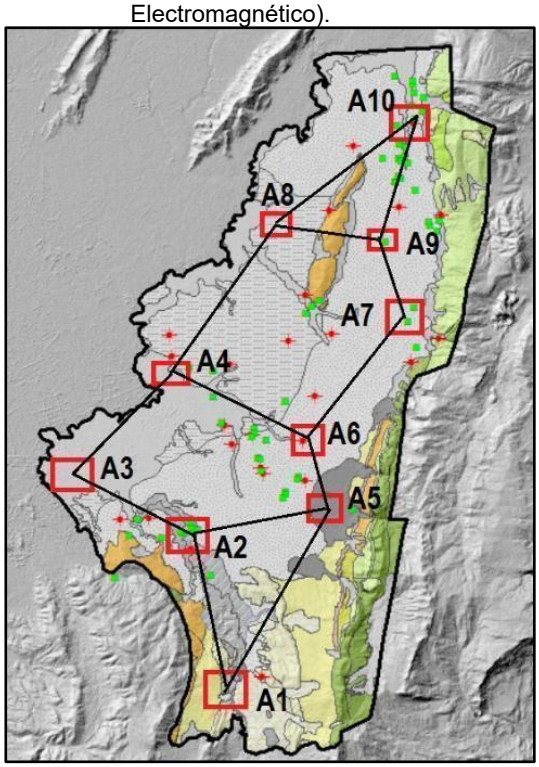
### 1.2. SONDEOS DE MAGNETOTELÚRICA

El método magnetotelúrico se basa en el análisis de campos eléctricos en direcciones Norte-Sur y Este-Oeste; estos campos se propagan a diferentes profundidades en el subsuelo, y a partir de las mediciones de ambos campos es posible establecer la resistividad eléctrica del subsuelo. Para ello es necesario disponer una configuración geométrica de dos (2) perfiles, uno paralelo y uno perpendicular a las estructuras geológicas. El punto central donde se ubica el *logger* se debe localizar en un área lo más plana posible y alejada de cambios abruptos de pendiente, con unas dimensiones mínimas de 20x20 metros. Para la instalación de los dipolos que registran el campo eléctrico debe existir un espacio máximo de 50 x 50 metros. Este punto debe ser ubicado lejos de fuentes de ruido electromagnético o en caso tal de no ser posible, es necesario establecer otro punto de medición en una zona próxima al casco urbano que cumpla con esta condición para poder eliminar el ruido electromagnético. El equipo se instala bajo la asistencia de quienes monitorean el equipo durante un periodo de mediciones ininterrumpidas durante un periodo de cuatro (4) a cinco (5) horas.

El objetivo de este método es explorar a una profundidad de 500 a 1000 m en 10 zonas del Distrito Capital para identificar y delimitar el tope y en algunos casos, la base de las formaciones geológicas que componen el grupo Guadalupe y que son de especial interés hidrogeológico. En cada una de las zonas seleccionadas se llevará a cabo un (1) sondeo geofísico, utilizando ya sea el método magnetotelúrico (MT) o el método electromagnético

transitorio (TEM), dependiendo de las condiciones locales. La selección del sitio exacto para cada sondeo tomará en cuenta la proximidad a pozos con columnas litoestratigráficas conocidas, a fin de facilitar la correlación e interpretación de los resultados. Para definir el método más adecuado y las características específicas de adquisición, se deberán considerar tanto las condiciones geológicas y ambientales del área, como la minimización del ruido electromagnético que pudiera interferir en la calidad de los datos. La ubicación propuesta es la siguiente (Figura 1):

Figura 1 Ubicación estimada de las zonas donde se debe ejecutar el estudio geofísico (Magnetotelúrica o Transitorio Electromagnético).

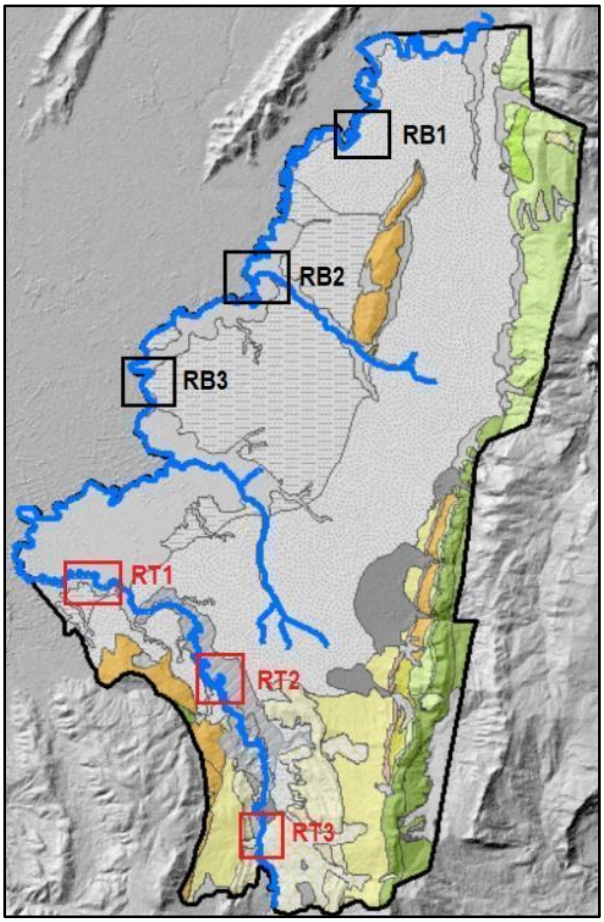



**Nota 1**: Estas ubicaciones son tentativas. La ubicación de los sondeos magnetotelúricos o Transitorio Electromagnético a ejecutar puede variar según las condiciones logísticas de cada sitio. Por ejemplo, si no es posible encontrar la locación en alguna de las zonas propuestas, se podrá evaluar su reubicación en otra área de interés hidrogeológico para Bogotá.

## 1.3. TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS EN FUENTES SUPERFICIALES RÍO BOGOTÁ Y TUNJUELITO

Ejecución de tomografías eléctricas con extensión en terreno de máximo 500 m en las fuentes superficiales río Tunjuelito y río Bogotá. La ubicación propuesta de las seis (6) tomografías es la siguiente (Figura 2):

Figura 2 Ubicación estimada de las zonas donde se debe ejecutar el estudio geofísico (geoeléctrica).




La adquisición de datos en campo se debe realizar de la siguiente forma:

- Para asegurar la calidad de la información registrada, se llevará a cabo el registro preciso de las coordenadas (X, Y) y la altura (Z) de cada uno de los electrodos utilizados mediante un levantamiento topográfico.
- Se emplearán los métodos geofísicos de resistividad Schlumberger o Wenner. Estos métodos se combinarán estratégicamente durante la adquisición para optimizar la resolución de la imagen.
- Frente al procesamiento e interpretación de datos se debe tener en cuenta como mínimo lo siguiente:

✓ La interpretación de la imagen de resistividad obtenida se realizará mediante la aplicación de un software de inversión y modelización 2D específico para tomografías eléctricas donde el error debe ser inferior a 10 %.

✓ Durante el proceso de modelización e inversión, se correlacionarán los datos de resistividad con los datos topográficos del terreno (x,y,z) para obtener Imágenes o perfiles de resistividad 2D.

Nota 2: La ubicación de las zonas a ejecutar las tomografías eléctricas puede variar según las condiciones logísticas de cada sitio. Por ejemplo, si no es posible extenderse 500 metros en alguna de las zonas propuestas, se podrá evaluar su reubicación en otra área de interés hidrogeológico para Bogotá.

## 1.4. TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS HUMEDAL CÓRDOBA

Ejecución de dos (2) tomografías eléctricas en el humedal de Córdoba con extensión en terreno de máximo 500 m, siguiendo las especificaciones mencionadas en el numeral 5.3.2. Tomografías eléctricas en fuentes superficiales río Bogotá y Tunjuelito. La ubicación estimada es la siguiente (Figura 3):

Figura 3 Ubicación estimada de la zona donde se debe ejecutar el estudio geofísico (geoeléctrica).



Nota 3: La ubicación de las zonas a ejecutar las tomografías eléctricas puede variar según las condiciones logísticas de cada sitio. Por ejemplo, si no es posible extenderse 500 metros en alguna de las zonas propuestas, se podrá evaluar su reubicación en otra área de interés hidrogeológico para Bogotá.

## 2. ACTIVIDAD 2. PERFORACIÓN

La perforación busca determinar y caracterizar la posible conexión hídrica entre las fuentes superficiales y los acuíferos y un (1) humedal (Córdoba) y los acuíferos.

## 2.1. PIEZÓMETROS

Los piezómetros se deben construir a una profundidad de máximo 30m, la cual depende de la exploración geofísica, ya que estos puntos de agua buscan monitorear el nivel piezométrico y freático de los cuerpos de agua. Para esto se deberán tener en cuenta lineamientos de la NTC 3948:1996, así como las siguientes características para su construcción:

- Perforación Mecánica (sin lodos) con extracción de núcleo, realizando la descripción litológica del núcleo extraído (Bitácora de perforación).
- Durante el proceso de perforación, se realizará el registro del nivel freático con sonda de nivel o de acuerdo con el recorrido de la tubería de perforación.
- Una vez alcanzada la profundidad final para cada piezómetro, se procederá con el entubado utilizando tubería RD 21 PVC de alta presión, seguido del relleno anular alrededor de la tubería, sello de bentonita para aislar la zona de medición, sello sanitario para prevenir la contaminación superficial y pedestal para proteger la parte superior del piezómetro, adicionalmente se instalará una placa de identificación en cada piezómetro para su correcta identificación.

- Una vez completada la instalación, se llevará a cabo el desarrollo de cada piezómetro para asegurar una correcta conexión hidráulica con el acuífero y eliminar cualquier material fino introducido durante la perforación.
- Finalizar con un documento y anexo en Excel con el diseño mecánico, litología y otras características del piezómetro.

## 3. ACTIVIDAD 3. PRUEBAS HIDRÁULICAS

Las pruebas tienen como objetivo determinar la capacidad de las unidades hidrogeológicas, investigar los parámetros hidráulicos (Transmisividad, conductividad hidráulica, rendimiento específico, capacidad específica, almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento) y evaluar si existe inferencia entre pozos mediante el cálculo de radios de influencia. Esto permitirá definir el estado actual de los acuíferos investigados y así verificar su potencial y conexión. La selección de los puntos es fundamental, ya que, en Bogotá existen numerosos pozos que extraen agua de varios acuíferos.

### 3.1. PRUEBAS DE BOMBEO

Para actualizar los parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas se deben ejecutar, por lo menos tres (3) de las 17 pruebas con pozo de observación. Las unidades por investigar son: Fm. Sabana, Fm. Tilatá y Grupo Guadalupe. Los parámetros a calcular serían los siguientes: transmisividad, conductividad hidráulica, rendimiento específico, capacidad específica, almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento.

Se proponen la distribución de las pruebas así: seis (6) pruebas Fm. Sabana, tres (3) pruebas Fm. Cono del Tunjuelo, tres (3) pruebas Fm. Tilatá, cinco (5) pruebas Grupo Guadalupe.

Para la ejecución de las pruebas hidráulicas por acuífero se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las pruebas de bombeo deben ser a caudal constante con una duración de mínimo 24 horas.
- Garantizar que se cuente con una bomba sumergible con capacidad adecuada y un sistema de control de caudal preciso.
- Seleccionar pozos cercanos al pozo de bombeo que permitan monitorear la respuesta del nivel de agua en el acuífero.
- Asegurar el acceso para la instalación de equipos de medición sonda de niveles y sensor de nivel de agua electrónico (*data logger*).
- Registrar los niveles estáticos del agua en el pozo de bombeo y en el pozo de observación durante un periodo previo a la prueba para establecer las condiciones iniciales del acuífero.
- Contar con los equipos necesarios para la realización de la prueba (para el pozo en prueba y pozo en observación), incluyendo sensor de nivel de agua electrónico (*data logger*) con capacidad de registrar cambios de nivel con la frecuencia requerida cada 5 segundos, sonda de niveles, medidor de caudal y hojas de registro de datos manuales.
- Registrar la variación del nivel de agua en recuperación hasta que este retorne a su nivel estático inicial o por lo menos el 90% del abatimiento.

Nota 4: Los 17 pozos donde se van a ejecutar las pruebas tienen tubería de producción y equipo de bombeo. Corresponde a pozos concesionados ya acondicionados para las pruebas.

### 3.2. PRUEBAS DE SLUG

Se deberán ejecutar pruebas slug en piezómetros para caracterizar el acuitardo superficial de la Fm. Sabana (pz ubicados en estaciones de servicio). También, se deberán realizar pruebas Slug para calcular la conductancia y conexión hidráulica entre las fuentes superficiales, el humedal y el acuífero formación Sabana.

Se proponen pruebas SLUG para el cálculo de la conductividad hidráulica y conductancia del lecho de las fuentes superficiales distribuidas así: 23 en estaciones de servicio-EDS, tres (3) en el Río Tunjuelito, tres (3) en el Río Bogotá y tres (3) en el humedal Córdoba.

Para la ejecución de las pruebas hidráulicas tipo SLUG por acuífero se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar el estado mecánico del piezómetro.
- Asegurar que los piezómetros hayan sido debidamente desarrollados para garantizar una respuesta hidráulica representativa del acuífero.
- Verificar la profundidad estática del nivel freático en cada piezómetro antes de iniciar la prueba.
- Contar con el equipo necesario para la realización de la prueba, incluyendo sensor de nivel de agua electrónico (*data logger*) con capacidad de registrar cambios de nivel con la frecuencia requerida cada 5 segundos, dispositivo para la introducción y extracción rápida de un volumen conocido de agua (slug) o un objeto sólido de volumen conocido sonda de niveles, y hojas de registro de datos manuales.
- Establecer y justificar si se realizará una prueba de "slug-in" (introducción rápida de un slug) o "slug-out" (extracción rápida de un slug), considerando las características del piezómetro y el acuífero.
- Introducir o extraer rápidamente el volumen conocido de agua o el objeto sólido en el piezómetro, generando un desplazamiento instantáneo del nivel de agua.
- Registrar la variación del nivel de agua dentro del piezómetro con el sensor de nivel electrónico (data *logger*) a intervalos de tiempo predefinidos hasta que este retorne a su nivel estático inicial o por lo menos el 90% del abatimiento.

## 4. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE MONITOREO PARA MUESTREO DE ISÓTOPOS.

Se deberá establecer una red de monitoreo para el muestreo de los isótopos Deuterio, Oxígeno 18, Carbono 14, Carbono 13, Tritio (0.8 UT) y Helio (3He/4He). El establecimiento deberá basarse en la ubicación de pozos concesionados, pozos en proceso de sellado temporal, manantiales, fuentes superficiales, aljibes, piezómetros, zonas con fugas del acueducto y alcantarillado en el Distrito Capital y puntos para recolectar la precipitación e información secundaria sobre isotopía para la sabana de Bogotá, teniendo en cuenta como mínimo la información que entregará la SDA sobre muestreo isotópico reportados en el Modelo Hidrogeológico Conceptual del año 2018. Es necesario seleccionar los puntos de mayor relevancia hidrogeológica para conformar una red de monitoreo que permita cumplir con los objetivos de rastrear los flujos de agua subterránea entre diferentes niveles de acuíferos e identificar su origen y su edad. Esta red será la base para realizar a futuro el muestreo en las áreas más representativas de la jurisdicción de la SDA.

La red debe ser diseñada para el muestreo de los siguientes isótopos:

- Isotopos estables: Deuterio, Oxigeno 18 y Carbono 13.
- Isotopos radiactivos: Tritio (0.8 UT), Carbono 14 y Helio (3He/4He).

Para la ubicación de los puntos que conformen la red de monitoreo se deberá tener en cuenta que se pueda capturar información de:

- Zonas de recarga.
- Zonas de mayor explotación de agua subterránea.
- Zonas con conexión entre fuentes de agua (superficiales y humedales) y unidades hidrogeológicas.
- Zonas en Bogotá y unidades hidrogeológicas poco investigadas.
- Unidades hidrogeológicas donde se presenten pozos saltantes.
- Fugas del acueducto y alcantarillado.

La SDA entregara el polígono en el cual se debe establecer la red, el cual es el área definida de manera preliminar para la futura actualización del modelo hidrogeológico conceptual.

Deberán establecerse mínimo los objetivos que se obtendrán con el monitoreo a partir de la red establecida, el objetivo de cada uno de los puntos propuestos, la frecuencia de medición, los isótopos que se deben medir en cada punto, la georreferenciación de cada punto de monitoreo, la ubicación de los puntos de los totalizadores y protocolos generales de muestreo o como mínimo lineamientos para la adecuada toma de muestras. Se debe entregar la red en SIG.

Se debe realizar una verificación en campo de los puntos que conformen la red propuesta diligenciando el FUNIAS para cada uno de estos puntos, incluyendo la toma de parámetros *in situ* y la medición de niveles.

## 5. INVENTARIO DE POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se debe establecer la metodología para realizar el inventario especificando las fuentes potenciales de contaminación y receptores potenciales de contaminación, teniendo como enfoque los actores más influyentes, así como las zonas (localidades, UPZ, barrios etc.) con mayor afectación. Se considera un área máxima de 100 $km^2$ para el desarrollo del inventario.

Para el desarrollo de esta fase, la SDA priorizará cinco (5) zonas en el Distrito Capital que presenten el mayor potencial de contaminación e influencia sobre los acuíferos productores.

La metodología para llevar a cabo esta actividad debe permitir identificar las vías de contaminación, el inventario de fuentes contaminantes de aguas subterráneas y las actividades potencialmente contaminantes.

- **ENTREGABLES**

Como se mencionó anteriormente, cada actividad debe contar con un informe que describa lo realizado, la metodología empleada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo y resultados de la actividad, con sus respectivos soportes. Todos los productos entregables relacionados en la siguiente tabla deben ser aprobados por la SDA y recibidos a satisfacción. A continuación, se hace una relación de los productos entregables:

| Actividad | | Producto entregable |
|---|---|---|
| 1. Geofísica | 1.1. Sondeo con magnetotelúrica o transitorio electromagnético (SMT_TEM) | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización, análisis de los resultados y los resultados arrojados por los software utilizados.<br><br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |

| Actividad | | Producto entregable |
|---|---|---|
| | 1.2. Tomografía eléctrica en fuentes superficiales (TRE_S) | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización, análisis de los resultados y los resultados arrojados por los software utilizados.<br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |
| | 1.3. Tomografía eléctrica en un (1) humedal (TRE_H) | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización, análisis de los resultados y los resultados arrojados por los software utilizados.<br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |
| 2. Perforación | 2.1. Perforación de un piezómetro por fuente superficial | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones; el informe debe incluir el nivel base y el nivel freático de cada piezómetro. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización y análisis de los resultados, y los datos específicos del levantamiento topográfico.<br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |
| | 2.2. Construcción de un piezómetro por humedal | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones; el informe debe incluir el nivel base y el nivel freático de cada piezómetro. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización y análisis de los resultados, y los datos específicos del levantamiento topográfico.<br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |

| Actividad | | Producto entregable |
|---|---|---|
| 3. Pruebas hidráulicas | 3.1. Pruebas de bombeo en pozos profundos | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones; en el caso de las pruebas que se desarrollen con pozo observador, el informe debe incluir la información específica del pozo como mínimo litografía y diseño mecánico del pozo. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización y análisis de los resultados.<br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |
| | 3.2. Prueba Slug | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los archivos brutos de la organización y análisis de los resultados.<br><br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |
| 4. Establecimiento de la red de monitoreo para muestreo de isótopos | Establecimiento de la red de monitoreo para el muestreo de isótopos (Deuterio, Oxígeno 18, Carbono 13, Carbono 13, Tritio (0,8 UT), Helio (3He/4He)) | Un (1) informe que contenga como mínimo los criterios para el establecimiento de la red, la información revisada y analizada para el diseño de la red, los objetivos que se obtendrán con el monitoreo a partir de la red establecida, el objetivo de cada uno de los puntos propuestos, la frecuencia de medición, los isótopos que se deben medir en cada punto, la georreferenciación de cada punto de monitoreo, la ubicación de los puntos de los totalizadores, los protocolos generales de muestreo o como mínimo lineamientos para la adecuada toma de muestras, la información del inventario incluyendo los formatos FUNIAS diligenciados para cada uno de los puntos que conforman la red propuesta, la red de monitoreo georreferenciada en formato *shape* y base de datos.<br><br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |

| Actividad | Producto entregable |
|---|---|
| 5. Inventario de vulnerabilidad intrínseca de contaminación a los acuitardos y acuíferos | Un (1) informe que contenga como mínimo la descripción de las actividades de campo, la descripción metodológica de la actividad desarrollada, los resultados obtenidos, la discusión de los resultados, las limitaciones que pudo tenerse en el desarrollo de la actividad y las conclusiones y recomendaciones. Debe incluir como mínimo los soportes del trabajo de campo como registro fotográfico (marcado y georreferenciado), archivos de georreferenciación, los formularios de registro de información de cada punto de acuerdo con el diseño aprobado previo al desarrollo de la actividad y los archivos brutos de la organización y análisis de los resultados.<br>Este informe debe entregarse una vez finalizada la actividad de acuerdo con lo que se plantea en el cronograma y según quede establecido en el plan de trabajo. |

- **PLAZO**

El plazo para el desarrollo de las actividades es de dos (2) meses distribuidos de la siguiente forma:

| No | Actividad | Hitos | Frentes de trabajo requeridos* | Mes 1 | | | | Mes 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1. Geofísica | Sondeos con magnetotelúrica o transitorio electromagnético (incluye el tiempo de elaboración de informe). 10 Sondeos | Frente trabajo Geofísica 1 | | | | | | | | |
| 2 | | Tomografías eléctricas en cada una de las fuentes superficiales (incluye el tiempo de elaboración de informe). 6 Tomografías | Frente trabajo Geofísica 2 | | | | | | | | |
| 3 | | Tomografías eléctricas, 2 en un humedal (incluye el tiempo de elaboración de informe). 2 Tomografías | Frente trabajo Geofísica 3 | | | | | | | | |
| 4 | 2. Perforación | Perforación de 3 piezómetros por fuente superficial (Río Bogotá y Río Tunjuelito) (incluye el tiempo de elaboración de informe). 6 piezómetros | Frente trabajo Perforación 1 | | | | | | | | |
| 5 | | Construcción de 3 piezómetros en un humedal (incluye el tiempo de elaboración de informe) | Frente trabajo Perforación 2 | | | | | | | | |
| 6 | 3. Pruebas hidráulicas | Pruebas de bombeo en pozos profundos (6 pruebas Fm. Sabana, 3 pruebas Fm. Cono del Tunjuelo, 3 pruebas Fm. Tilatá, 5 pruebas Grupo Guadalupe) (incluye el tiempo de elaboración de informe). 17 pruebas | Frente trabajo hidráulica 1 | | | | | | | | |
| | | | Frente trabajo hidráulica 2 | | | | | | | | |
| 7 | | Pruebas Slug (23 a piezómetros de EDS, 3 a piezómetros de humedales, y 6 a piezómetros de fuentes superficiales) (incluye el tiempo de elaboración de informe). 32 pruebas | Frente trabajo hidráulica 3 | | | | | | | | |
| | | | Frente trabajo hidráulica 4 | | | | | | | | |
| 8 | 4. Establecimiento de una red de monitoreo para muestreo de isótopos | Establecimiento de una red de monitoreo para muestreo de isótopos (Deuterio, Oxígeno 18, Carbono 14, Carbono 13, Tritio (0,8 U.T) y Helio (3He/4He)). | Frente trabajo Isotopía | | | | | | | | |

| No | Actividad | Hitos | Frentes de trabajo requeridos* | Mes 1 | | | | Mes 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9 | 5. Inventario de posibles fuentes de contaminación de aguas subterráneas | Inventario de posibles fuentes de contaminación de aguas subterráneas (incluye el tiempo de elaboración de informe). 100 km$^2$. | Frente trabajo inventario 1 | | | | | | | | |
| | | | Frente trabajo inventario 2 | | | | | | | | |
| *Establecidos teniendo en cuenta los rendimientos según la experiencia de la SDA. | | | | | | | | | | | |

- **RECURSO HUMANO TRANSVERSAL**

Para la ejecución del contrato y el cumplimiento estricto de las condiciones técnicas mencionadas, el contratista deberá contar como mínimo con el siguiente personal (Tabla 1):

Tabla 1 Personal mínimo requerido para el desarrollo del contrato.

| Cantidad | Cargo | Perfil | Experiencia General y Específica | Dedicación |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Director General | **TÍTULO PROFESIONAL:** Ingeniería Ambiental y/o Ingeniería Ambiental y Sanitaria y/o Ingeniería geográfica y/o ambiental Ingeniería Civil y/o Ingeniería Geológica y/o Geólogo. **TÍTULO DE POSGRADO** En la modalidad de maestría en Hidrogeología Ambiental y/o Geofísica y/o Geología y/o Geotecnia y/o Ingeniería Ambiental y/o Recursos Hidráulicos y/o Ingeniería química y/o Hidrosistemas | Mínimo veinte (20) años de experiencia profesional, dentro de los cuales se cuente con mínimo quince (15) años de experiencia profesional específica como coordinador y/o director de proyecto(s) y/o contrato(s) y/o convenio(s) relacionados con estudios hidrogeológicos. | 50% |
| 1 | Coordinador en sistemas de información geográfica - SIG | **TÍTULO PROFESIONAL:** Ingeniería geográfica y/o ingeniería forestal y/o ingeniería ambiental y/o Ingeniería Ambiental y Sanitaria y/o ingeniería catastral y/o ingeniería topográfica. **TÍTULO DE POSGRADO:** En la modalidad de especialización o maestría en Sistemas de | Mínimo diez (10) años de experiencia profesional, dentro de los cuales se cuente con mínimo cinco (5) años de experiencia profesional específica en sistemas de información geográfica asociado a proyectos ambientales. | 100% |

| Cantidad | Cargo | Perfil | Experiencia General y Específica | Dedicación |
|---|---|---|---|---|
| | | información geográfica y/o Geomática | | |
| 1 | Profesional en sistemas de seguridad y salud en el trabajo – SST | **TÍTULO PROFESIONAL:** Ingeniería y/o Seguridad y Salud en el Trabajo<br><br>**TÍTULO DE POSGRADO:** En la modalidad de especialización o maestría en Seguridad y salud en el trabajo que cuente con licencia de Seguridad y Salud en el Trabajo vigente, expedida por la autoridad competente. | Mínimo diez (10) años de experiencia profesional, dentro de los cuales se cuente con mínimo cinco (5) años de experiencia profesional específica en proyectos ambientales. | 100% |
| 1 | Profesional Financiero | **TÍTULO PROFESIONAL:** Administración de empresas y/o economía y/o Contaduría y/o finanzas. | Mínimo cinco (5) años de experiencia profesional dentro de los cuales se cuente con mínimo tres (3) años de experiencia profesional específica en manejo financiero, contable y presupuestal en la ejecución de recursos financieros en proyectos. | 100% |
| 1 | Profesional Hidrogeólogo 1 | **TÍTULO PROFESIONAL:** Ingeniería Ambiental y/o Ingeniería Ambiental y Sanitaria y/o Ingeniería Civil y/o Geólogo y/o Ingeniería Geológica y/o química.<br>**TÍTULO DE POSGRADO:** En la modalidad de maestría en Hidrogeología Ambiental y/o Geología y/o Química y/o Ingeniería química y/o Química ambiental | Mínimo seis (6) años de experiencia profesional, dentro de los cuales se cuente con mínimo cinco (5) años de experiencia profesional específica en caracterización hidrogeológica, en el marco de estudios de impacto ambiental, planes de manejo ambiental, modelos hidrogeológicos conceptuales y redes de monitoreo. | 100% |
| 1 | Profesional Hidrogeólogo 2 | **TÍTULO PROFESIONAL:** Ingeniería Ambiental /o Ingeniería Ambiental y Sanitaria y/o Ingeniería Geológica y/o Ingeniería Civil y/o Geólogo.<br>**TÍTULO DE POSGRADO:** En la modalidad de maestría en Hidrogeología Ambiental y/o Geofísica y/o | Mínimo seis (6) años de experiencia profesional, dentro de los cuales se cuente con mínimo cuatro (4) años de experiencia específica en hidrogeología. Los profesionales deben demostrar experiencia en la elaboración e interpretación de pruebas hidráulicas (pruebas de bombeo a caudal constante y escalonado, pruebas slug de llenado y vaciado), análisis hidrogeológico e isotópico, conformación de redes de | 100% |

| Cantidad | Cargo | Perfil | Experiencia General y Específica | Dedicación |
|---|---|---|---|---|
| | | Geología y/o Recursos Hidráulicos. | monitoreo. | |
| 1 | Profesional Geólogo 1 | **TÍTULO PROFESIONAL:** Geología y/o Ingeniería Geológica **TÍTULO DE POSGRADO:** En la modalidad de maestría en Geofísica y/o Geología. | Mínimo diez (10) años de experiencia profesional, dentro de los cuales se cuente con mínimo seis (6) años de experiencia profesional específica en el registro e interpretación de estudios de magnetotelúrica o TEM, tomografías, sondeos eléctricos, y caracterización geológica. | 50% |
| 1 | Profesional Geólogo 2 | **TÍTULO PROFESIONAL:** Geología y/o Ingeniería Geológica. **TÍTULO DE POSGRADO:** En la modalidad de especialización o maestría en Geología. | Mínimo cinco (5) años de experiencia profesional dentro de los cuales se cuente con mínimo cuatro (4) años de experiencia profesional específica en perforación, diseño y construcción de pozos profundos y/o piezómetros, descripción litológica interpretación y descripción de registros eléctricos de pozos. | 50% |
| 2 | Profesional Ambiental | **TÍTULO PROFESIONAL:** Ingeniería Ambiental y/o Ingeniera Ambiental y Sanitaria. | Mínimo cinco (5) años de experiencia profesional dentro de los cuales se cuente con mínimo (3) años de experiencia profesional específica en estudios ambientales realizando inventario y caracterización de aguas subterráneas y superficiales (humedales), inventario de fuentes potenciales de contaminación, análisis de vulnerabilidad intrínseca de acuíferos utilizando la metodología DRASTIC. | 50% |
| 1 | Profesional Hidrogeoquímico | **TÍTULO PROFESIONAL:** Geología y/o Ingeniería Geológica y/o Química y/o Ingeniería Ambiental y/o Ingeniería Ambiental y Sanitaria y/o Ingeniería Química y/o Ingeniería civil | Mínimo cinco (5) años de experiencia profesional dentro de los cuales cuente con mínimo tres (3) años de experiencia en el procesamiento de información isotópica. | 100% |

*Fuente: SDA, 2025.*

Los títulos y certificados obtenidos en el exterior requerirán para su validez, la homologación y convalidación del Ministerio de Educación Nacional o de la autoridad competente, de conformidad con lo preceptuado por el artículo 8 del Decreto Nacional 785 de 2005.

Para efectos de acreditar formación y experiencia de los profesionales, se tendrán en cuenta las equivalencias entre estudios y experiencia de que trata el artículo 25 del Decreto 785 de 2005 o las normas que la complementen, modifiquen o deroguen.

## OBLIGACIONES DEL RECURSO HUMANO TRANSVERSAL DEL CONTRATO

A continuación, se relacionan las obligaciones que se considera, como mínimo, desarrollará el equipo técnico del ejecutor del proyecto para cumplir con el objetivo de este y los lineamientos de la SDA:

### o DIRECTOR GENERAL

El director del contrato será la línea directa entre el contratista y la SDA, se requiere como mínimo el cumplimiento de las siguientes actividades:

1. Planear, programar, organizar, gestionar, priorizar y dirigir las diferentes actividades tendientes a cumplir el objeto contractual, en armonía estricta con las especificaciones técnicas, administrativas, financieras y jurídicas establecidas en conjunto con la SDA.
2. Conocer la relación negocial establecida con la SDA, en los aspectos presupuestal, técnico, administrativo, legal, ambiental, etc., antes del inicio de la ejecución, entendiendo claramente sus objetivos y alcance.
3. Presentar los informes y demás documentos requeridos por la Secretaría Distrital de Ambiente, que den cuenta de la ejecución del contrato (Administrativo, jurídico, financiero, técnico, logístico).
4. Dirigir y hacer seguimiento a las actividades propias del desempeño del personal vinculado a la ejecución del contrato, en el marco de las directrices impartidas por la SDA.
5. Gestionar el presupuesto del contrato, asegurando que se utilicen los recursos de manera eficiente y dentro de los límites establecidos.
6. Coordinar con el equipo SIG de la SDA la entrega de la información de sistemas de información geográfica de forma que, la organización y presentación de esta, permita los análisis, compilaciones y totalización de información que requiere la SDA para reportar los diferentes indicadores e informes que deben ser presentados en el marco del sistema de gestión de calidad y respuesta a oficios de entes de control y usuarios, sobre el contrato de obra a ejecutar.
7. Organizar y priorizar las actividades, asegurando que se cumplan con los plazos y objetivos del contrato.
8. Gestionar el transporte del personal y de equipos, los equipos, herramientas, insumos o material requerido para la correcta ejecución del contrato, especialmente si las áreas de trabajo se encuentran en ubicaciones de difícil acceso. Esto incluye la coordinación de los diferentes transportes multimodales que sean requeridos para la ejecución del contrato.
9. Asegurar que la documentación relacionada con la ejecución del contrato esté debidamente custodiada, organizada, actualizada y correctamente archivada. Esto incluye planos, informes, registros de personal y de actividades, entre otros.
10. La documentación deberá ser cargada en una unidad compartida “DRIVE” y/o “SHAREPOINT” de la SDA, donde repose al final de cada mes la información consolidada de todas las actividades.
11. Presentar reportes quincenales a la SDA de acuerdo con el plan de trabajo y cronograma concertado en la reunión o mesa de trabajo inicial de las actividades realizadas y rendimientos.
12. Recibir, sistematizar y consolidar de acuerdo con el plan de trabajo y cronograma concertado en la reunión o mesa de trabajo inicial el registro fotográfico (fechado y con relación de coordenadas origen único) recibido del equipo de campo de cada actividad, en la unidad compartida.
13. Liderar e impartir al equipo técnico del ejecutor los lineamientos internos requeridos para la elaboración de los informes de avance e informes finales, así como la organización de los soportes, para cumplir con lo establecido entre el contratista y la SDA, en relación con la calidad de los productos.
14. Asistir presencialmente a todas las reuniones, mesas de trabajo y las demás que sea convocado, con la Secretaría Distrital de Ambiente.
15. Gestionar y consolidar los documentos a que haya lugar (técnicos, jurídicos, administrativos y financieros) para el cierre del contrato, con el debido cumplimiento de la entrega de productos y ejecución de actividades de las obligaciones.
16. Utilizar los elementos de protección personal (EPPs) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

- **COORDINADOR EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - SIG**

1. Establecer y coordinar la implementación de la estrategia y metodología de SIG para la ejecución del contrato, alineada con los objetivos de este.
2. Coordinar la recolección de datos espaciales utilizando tecnologías como GPS, imágenes satelitales, drones, fotogrametría aérea, y levantamientos de campo que sean requeridos en el marco de la ejecución del contrato.
3. Elaborar la cartografía básica y temática a escala 1:25.000.
4. Desarrollar y mantener bases de datos geoespaciales que almacenen la información sobre el contrato, como características del terreno, alturas, ubicación de áreas y demás datos relevantes.
5. Verificar que los datos recopilados sean precisos, completos y actualizados, y que se realicen procedimientos para la validación de la calidad de los datos espaciales.
6. Asegurarse de que los datos y productos generados cumplan con las normativas locales e internacionales sobre la gestión de datos geoespaciales, la privacidad y la accesibilidad de la información.
7. Cumplir con los estándares de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) y las herramientas de gestión, según los catálogos de metadatos geográficos empleados por el IGAC para la presentación de los datos.
8. Presentar la información cartográfica bajo el sistema de coordenadas origen Único según la Resolución 471 de 2020, incluyendo el metadato mínimo por cada producto entregado de acuerdo con la norma técnica NTC-4611 (o su última actualización) o cualquiera que la derogue o reemplace.
9. Presentar la información básica y temática de la georreferenciación consolidada bajo un modelo de datos geográficos.
10. Elaborar un informe final que dé cuenta del desarrollo de cada actividad en el modelo de datos geográfico.
11. Utilizar los elementos de protección personal (EPPs) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

- **PROFESIONAL EN SISTEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO – SST.**

1. Diseñar, implementar, ejecutar, mantener y mejorar las actividades proyectadas en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, socializando a todo el equipo en los diferentes niveles, asegurando el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios, objetivos, metas e indicadores propuestos para su seguimiento.
2. Verificar las correspondientes afiliaciones al Sistema de Seguridad Social y de Administradora de Riesgos Laborales de todo el personal vinculado en el marco de la ejecución del contrato, los cuales deberán ser remitidos a la SDA.
3. Supervisar los sitios de trabajo para identificar posibles riesgos que puedan afectar la seguridad de los trabajadores y garantizar que se tomen las medidas necesarias para mitigarlos, además de velar por el cumplimiento de los protocolos de seguridad en campo.
4. Desarrollar e impartir programas de capacitación en materia de SST para el personal vinculado a la ejecución del contrato (en especial el operativo) sobre las mejores prácticas de seguridad, el uso de EPP, la respuesta ante emergencias y los procedimientos de primeros auxilios.
5. Realizar evaluaciones de riesgos específicos para las actividades derivadas de la ejecución del contrato, como manejo de maquinaria, contacto con sustancias peligrosas o exposición a condiciones meteorológicas o biológicas.
6. Identificar riesgos relacionados con agentes biológicos (como insectos, plantas venenosas o fauna peligrosa) y químicos (fertilizantes, herbicidas, etc.) que puedan estar involucrados en las actividades de restauración y mantenimiento ambiental e instituir, de acuerdo con los lineamientos consensuados con la SDA, los protocolos a implementar en aras de mitigarlos.
7. Asegurar que la ejecución del contrato cumpla con las leyes nacionales e internacionales en materia de seguridad y salud en el trabajo, incluidas las relacionadas con el ambiente laboral y la protección del ecosistema.
8. Asegurarse de que todo el personal cuente con el equipo adecuado para protegerse de los riesgos identificados, como cascos, botas, guantes, gafas de seguridad, protectores solares, etc.

9. Consolidar y sistematizar los formatos de registro de las actividades en SST realizadas y el archivo fotográfico de las actividades (fechado y con relación de coordenadas) y asegurar su disposición final en la unidad compartida.
10. En caso de que ocurra un accidente o incidente, el coordinador debe llevar a cabo el reporte a la ARL y demás procedimientos establecidos en la normatividad vigente, además de adelantar una investigación detallada para identificar las causas y proponer medidas preventivas para evitar que se repita. En este sentido, deberá elaborar un informe en esta materia y situarlo en la unidad compartida.
11. Elaborar los informes que le sean requeridos por la SDA en el marco de su gestión, además de aquellos programados que den cuenta en detalle de las gestiones efectuadas y resultados.
12. Elaborar un informe final consolidado en materia del componente SST respecto del contrato ejecutado, soportándolo con los registros y evidencias pertinentes que den cuenta de las acciones gestionadas y los resultados obtenidos.
13. Utilizar los elementos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

- **PROFESIONAL FINANCIERO.**

1. Supervisar la ejecución financiera del contrato y emitir alertas que tenga relación con la ejecución de recursos financieros del proyecto.
2. Establecer un cronograma de pagos que se alinee con las etapas del contrato y permita un uso eficiente de los recursos financieros para ser revisado y aprobado por la SDA.
3. Proporcionar la información contable y/o financiera requerida por la entidad en los tiempos establecidos.
4. Revisar y hacer seguimiento a la ejecución de recursos asignados a los productos de cada actividad de conformidad con lo establecido en los documentos que hacen parte integral del contrato.
5. Verificar que todos los aspectos financieros del contrato cumplan con las leyes y normativas fiscales, así como con las regulaciones ambientales para evitar sanciones y asegurar la continuidad de este.
6. Realizar y presentar la conciliación financiera en cada corte de actividades para presentación de la entidad.

- **PROFESIONAL HIDROGEÓLOGO.**

A continuación, se relacionan las obligaciones de los dos (2) profesionales hidrogeólogos:

1. Filtrar qué puntos de agua subterránea construidos en las actividades relacionadas con obras de infraestructura como la línea del metro l y ll, son importantes para alimentar la red de monitoreo del recurso hídrico en Bogotá.
2. Actualizar la cantidad y zonas de recarga artificial de acuíferos debido a fugas del acueducto y alcantarillado de Bogotá.
3. Identificar los puntos que deben conformar la red de monitoreo para toma de muestras y análisis isotópico, en el marco del establecimiento de la red.
4. Seleccionar los puntos a ejecutar en las pruebas de bombeo y SLUG.
5. Ejecutar y analizar las pruebas de bombeo a caudal constante asegurando que existan pozos de observación para calcular los parámetros: Transmisividad, conductividad hidráulica, rendimiento específico, capacidad específica, almacenamiento específico y coeficiente de almacenamiento.
6. Ejecutar y analizar las pruebas tipo SLUG TEST en los piezómetros ubicados en las estaciones de servicio, fuentes superficiales y humedal. El parámetro a calcular sería conductividad hidráulica.
7. Analizar el resultado del inventario de posibles fuentes de contaminación del recurso hídrico subterráneo para definir qué nuevos puntos de agua son importantes para complementar la red de monitoreo del recurso hídrico.
8. Utilizar los elementos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

- **PROFESIONAL GEÓLOGO.**

A continuación, de involucran las obligaciones de los dos (2) profesionales geólogos:

1. Seleccionar la ubicación donde se debe ejecutar la exploración geofísica tomando como referencia los ríos y humedal a explorar.
2. Analizar los resultados de la geofísica y actualizar el modelo geológico tomando como referencia la construcción de los piezómetros.
3. Registrar las formaciones y litología durante la construcción de los piezómetros.
4. Asesorar a la Secretaría Distrital de Ambiente en la configuración del modelo geológico con la información recopilada en la construcción de los piezómetros.
5. Apoyar la elaboración de los informes técnicos que corresponden a los productos entregables del contrato relacionados en un ítem anterior.
6. Utilizar los elementos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

- **PROFESIONAL AMBIENTAL.**

1. Actualizar la cantidad y zonas de recarga artificial de acuíferos debido a fugas del acueducto y alcantarillado de Bogotá.
2. Realizar el inventario de las principales fuentes potenciales de contaminación a los acuíferos como insumo para calcular la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación.
3. Elaborar un informe técnico que integre el análisis del inventario del recurso hídrico (entregado por la SDA) y de las fuentes potenciales de contaminación.
4. Apoyar la elaboración de los informes técnicos que corresponden a los productos entregables del contrato relacionados en un ítem anterior.
5. Utilizar los elementos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

- **PROFESIONAL HIDROGEOQUÍMICO.**

El profesional hidrogeoquímico tendrá línea directa con el consultor y un supervisor por parte de la SDA, y tendrá las siguientes obligaciones:

1. Analizar la información secundaria respecto a isotopía y parámetros fisicoquímicos que puedan existir de los sitios de interés para muestreo isotópico.
2. Realizar la verificación de los sitios de muestreo propuestos en la red diligenciando el FUNIAS.
3. Realizar la toma de parámetros *in situ* y toma de niveles en cada uno de los puntos que conforman la red propuesta.
4. Apoyar la elaboración de los informes técnicos que corresponden a los productos entregables del contrato relacionados en un ítem anterior.
5. Utilizar los elementos de protección personal (EPP) necesarios para el desarrollo de sus actividades, identificando mediante la matriz de riesgos los necesarios y minimizando la exposición y los posibles riesgos.

**NORMATIVIDAD QUE RIGE LAS CONDICIONES TÉCNICAS.**

- Decreto Único Reglamentario del sector ambiente 1076 de 2015
- Guía para la Formulación del Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos (MADS, 2014).

- Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua - ERA. 2013. IDEAM, Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. 2013. Bogotá, D. C. 276 págs.
- Programa Nacional de Aguas Subterráneas -PNASUB “Un camino estratégico para la gestión de un recurso invisible” 2014. Minambiente, Ideam.
- Guía técnico-científica para la ordenación de las cuencas hidrográficas en Colombia. Segunda versión. Ideam, 2008.
- Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas / Coordinador: Pineda González, Claudia Patricia; autores: Olaya Ospina, Edgar; Tosse Luna, Oscar Darío … [et. ál.]. -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014.
- Ajuste del Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico y la determinación de las estrategias para su implementación respondiendo a los indicadores ambientales de seguimiento del recurso hídrico y un estudio de reingeniería de la red, el cual debe definir la red básica nacional para el monitoreo del recurso hídrico y las necesidades de infraestructura para llevar a cabo su implementación. INFORME FINAL PROTOCOLOS Y PROCEDIMIENTOS MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. EPAM S.A. ESP. 2011.
- Procedimientos para el muestreo del agua subterránea en el marco de estudios de hidrología isotópica. IAEA.
- NTC-ISO/IEC-17025 para muestreo de aguas.
- Certificación ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia).
- Resolución 471 de 2020 “*Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia”*
- POMCA – Río Bogotá ajustado mediante la Resolución 0957 de 2019 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, Corporación Autónoma Regional de Guavio – CORPOGUAVIO y la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia – Corporinoquia.

**Elaboró:**
Jesús Leal – Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo
Nicolás Cendales – Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo
Carlos Cortes – Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo
Yina Marcela Carrera Rodríguez – Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo
Juan Gabriel Alvarado Cárdenas – Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo

**Revisó:**
Jhon Harrison Amaya Huertas - Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo
Sandy Julieth Marin Quinones – Profesional Financiero - Dirección de Control Ambiental
Olga Lucia Echeverry Ospina/Marcela A. Morales B. Profesional Jurídico - Dirección de Control Ambiental

**CONTROL DE CAMBIOS**

| Versión | Descripción de la modificación | No. Acto Administrativo y fecha |
|---|---|---|
| 1 | Adopción por mejoras del proceso | Radicado 2024IE133828 del 26 de junio del 2024 |

**RESPONSABLES DE ELABORAR O ACTUALIZAR**

| | | |
|---|---|---|
| ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SECRETARÍA DE AMBIENTE BOGOTÁ | **GESTIÓN CONTRACTUAL** | |
| | **Ficha Técnica** | |
| | Código: PA08-PR11-F2 | Versión: 1 |

| Elaboró | Revisó | Aprobó |
|---|---|---|
| Nombre: Karen Adriana Duarte Mayorga<br>Cargo: Subdirectora Contractual<br>Fecha: 30 de abril de 2024 | Nombre: Karen Adriana Duarte Mayorga<br>Cargo: Subdirectora Contractual<br>Fecha: 30 de abril de 2024 | Nombre: Jerónimo Juan Diego Rodríguez Rodríguez<br>Cargo: Subsecretario General<br>Fecha: 26 de junio del 2024 |