

Análisis integral de la gestión de recursos hídricos para el abastecimiento de la Región Metropolitana de Puerto Príncipe

Terms of Reference - HA-T1239

1. GROUNDWATER FLOW MODEL FOR THE PLAINE DU CUL-DE-SAC AQUIFER

1.1 Background.

The Plaine du Cul-de-Sac aquifer is one of the most important and largest aquifers in Haiti, supporting the large and growing metropolitan region of Port-au-Prince and the agricultural, industrial and commercial sectors. Recent studies have estimated the groundwater balance of the aquifer, indicating that annual renewable quantities of groundwater are in the range of 140,000 to 200,000 m³/day. Estimates of groundwater pumping (abstraction) suggest that the aquifer may be overexploited in certain localities in its current condition, and future planned municipal wells and continued regional growth will further stress the aquifer system. Groundwater flow modeling and analysis is necessary to understand the quantity of renewable groundwater that is available when balancing benefits with the short, medium, and long-term impacts. The scale, magnitude and duration of impacts need to be better understood in order to guide informed pumping scenarios that balance benefits and impacts.

One important characteristic of the aquifer is that groundwater recharge is greatly reliant upon streamflow infiltration from Rivière Grise and Rivière Blanche. Estimates from recent studies suggest that 80 to 88% of the annual recharge to the aquifer is directly from river flow entering the aquifer. Changes to the hydrology and streamflow of these river systems due to agricultural diversions, a proposed dam, and climate change could result in significant changes to the water balance. Such changes would affect the magnitude of impacts, and the quantities of groundwater available.

Based upon correspondence with CTE-RMPP (Port au Prince public water utility), there is a critical need for a comprehensive groundwater flow model for the Plaine du Cul-de-Sac aquifer. Such a model is necessary to simulate scenarios of aquifer pumping and hydrological changes to the river systems in order to support informed water supply planning and decision-making for the Port-au-Prince metropolitan region.

1.2 Consultancy objectives.

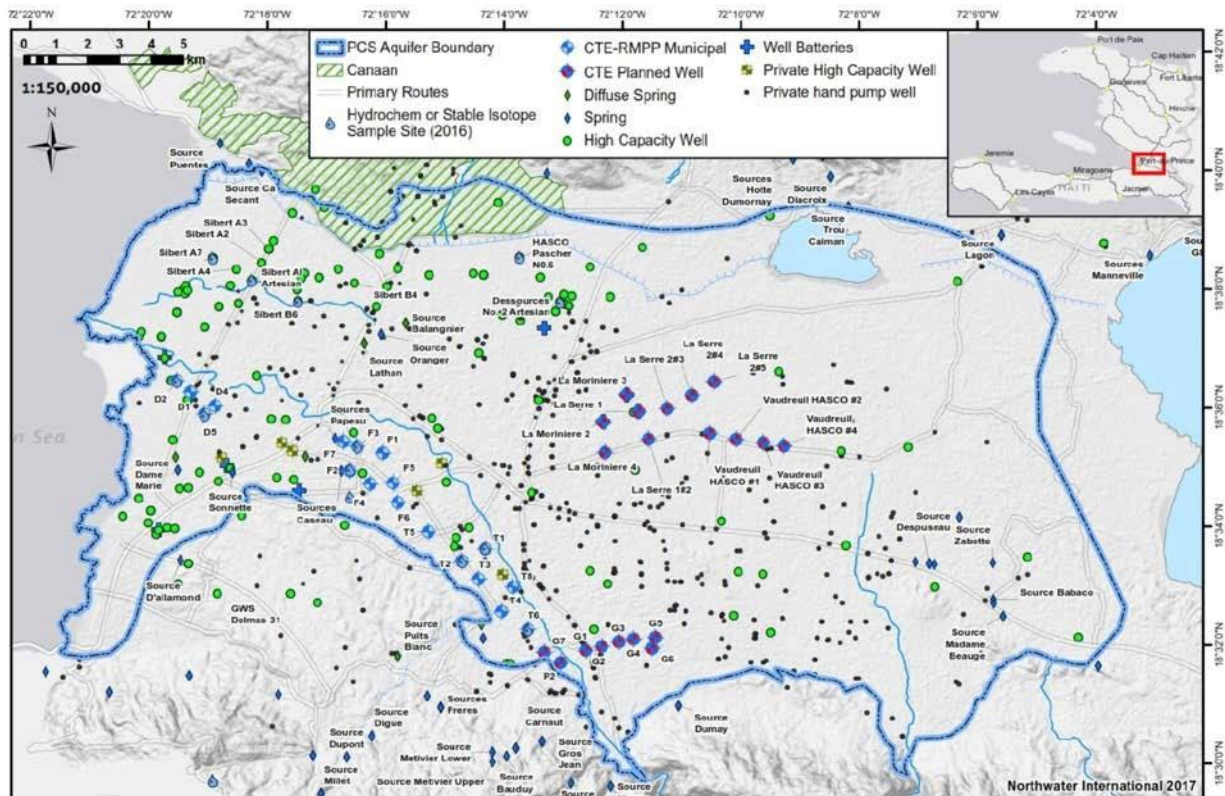
The objective of the assignment is to take the existing groundwater modeling further so that it can effectively be used as a tool by CTE-RMPP and partners to simulate scenarios to optimize the quantity and sustainability of resources.

The following limitations are noted from the existing groundwater flow model relative to the needs outlined by CTE-RMPP:

1. Model not vertically discretized with geological layers and aquifer properties, largely due to the lack of drilling logs and records compiled and incorporated.
2. Model did not report any calibration or validation.
3. Model only incorporated pumping from DINEPA wells, which is estimated to be a small portion of total groundwater pumping from the aquifer.

4. Saltwater intrusion and deep brackish groundwater beneath the plaine were not addressed.

The primary reason that the previous modeling is of limited utility is due to the lack of time-series and spatial data and information incorporated into the development and calibration of the model. Significant efforts of research, data discovery, focused field data collection, and monitoring are necessary to take the groundwater modeling further as specified in the assignment objectives.



1.3 Work scope.

The work scope will consist of six tasks, which are outlined below:

Activity 1: CONCEPTUAL MODEL DEVELOPMENT

Scoping Process

This activity will include the definition of the study area extent, identification of the major issues/concerns, and the time periods that are to be considered.

Data Compilation, Analyses and Consistency Checking

This activity includes collecting, synthesizing and analyzing data in order to build a conceptual model and to define data gaps, and anticipated model limitations. Perform synthesis and analysis on the datasets collated and compiled for the existing model. This process will include data consistency checking and gap filling. Statistical data analyses and quality checking will be performed in MS Excel and Access or similar software.

- Review previous water studies and literature of the study area.
- Interpret geological data to define model zones and parameters.

- Interpret well data to define aquifer properties.
- Interpret water quality data.
- Groundwater level (piezometric surface) analysis.
- Calculate average annual rainfall and recharge for the study extent.
- Analysis of river flow for Riviere Grise and Riviere Blanche • Analysis of groundwater withdrawals and pumping conditions.
- Estimate annual groundwater budget.

Development of Hydrogeological and Geological Database.

A relational database will be developed to store and retrieve and easy management of geological and hydrogeological data. All the collected data will be formatted and stored in the database.

Development of Conceptual Model

Based on the interpretation of available data and information, a conceptual understanding of the study area will be developed. This process will include

- Defining model extents, subdivision into simplified zones or catchments based on the hydrogeology and hydrology.
- Defining boundary conditions and flow.
- Defining Inflow and outflow components and their preliminary estimates
- Defining Aquifer parameters for different hydrogeological zones
- Defining data gaps, limitations and major sources of uncertainty based on the data availability.
-

Activity 2: GEOLOGIC MODEL DEVELOPMENT.

Borehole log analyses and 3D geologic picking

All the borehole logs will be processed and plotted in 3-D by using Viewlog or similar. A sufficient number of cross sections with borehole logs will be generated crisscrossing the study area.

Activity 3: GROUNDWATER MODEL DEVELOPMENT.

Construction of the 3D Model

Given the objectives of this study, USGS MODFLOW code is proposed to simulate groundwater flow. Advanced edition of Groundwater Vistas software by Environmental Simulations Inc. will be used for processing MODFLOW. Seawater intrusion will be simulated with SEAWAT.

Latest Parameter Estimation code PEST will be utilized to calibrate the model. Since it is a memory intensive code, Parallel PEST will be utilized to divide the PEST simulations among multiple processors in different computers. This will drastically reduce the simulation time and increase modelling efficiency.

Hydraulic Conductivity values for each formation will be compiled from available pump tests, previous study reports in the region and literature values. Geometric mean values for each formation will be used as an initial estimate of model parameters. These values will be refined within their acceptable limits during calibration process.

Streams will be classified based on Strahler's classification method to define bed conductance and geometrical shape of stream sections for each class. This process will be efficiently handled with Viewlog Stream function. If necessary, special stream flow routing code will be developed to better incorporation of streams into the model.

Any significant faults, if present in the study area will be incorporated in the model by using HFB Package.

3.2 Parameter Sensitivity Analyses

A detailed parameter sensitivity analyses will be performed to identify most sensitive model parameters. This information will be utilized in model calibration and defining the range of uncertainty in our prediction.

3.3 Model calibration and verification

The steady state simulation will be calibrated to the observed water levels using longterm average rainfall and recharge. Transient simulation, if required, will be calibrated to the observed hydrographs available within the study area. Calibration targets will be carefully selected based on their spatial coverage, reliability and location of importance.

Weighting factors will be applied to the calibration targets based on their reliability. These weighting factors will be used in calculating calibration statistics.

Calibration acceptance criteria will be set based on the nature and size of the study area. These criteria will follow the standard practice as per the guidelines stated in the published literatures.

While the transient model will be calibrated to the observed hydrographs within a certain period, it will be also then verified within a different time period. These time periods will carefully be selected for sufficient length according to the data availability and our study objective.

Initially trial and error approach will be followed to find a reasonable match between observed and simulated water levels. The reasonable range of each calibration parameter will be established as per the previous study reports in the region and literature values.

PEST (Parameter Estimation / Auto Calibration Technique) simulation will be conducted to refine the calibration achieved in trial and error process. BeoPEST will be utilized to divide the PEST simulations among multiple processors in different computers. Null space Monte Carlo technique will be used to find different combinations of calibrated model parameters within the specified limit.

1.4 Deliverables

- A. Present and agree the proposed work plan with the Bank within two (2) weeks of the signing Contract;
- B. Present and agree the conceptual model development;
- C. Present and agree the aquifer model;

1.5 Payments and schedule

The contract will be a lumps sum amount that will include all expenses of the consulting firm, including: wages, travel, lodging, communications, administration and operation costs, overheads of any type of related cost required for the fulfilment of these Terms of reference.

Payments will be authorized as follows:

- A. 15% at contract's signature and the presentation and agreement of the proposed work plan with the Bank within two (2) weeks of signing the contract;
- B. 25% at the presentation and agreement of the conceptual model development within two (2) months of signing of the contract;
- C. 60% at the presentation and agreement of the aquifer model within four (4) months of the signing of the contract;

1.6 Qualifications required

The Consultant firm must present a minimum of 8 years' experience on this scope of activities.

The minimum mandate for key staff propose for this mandate is:

- A. A professional Hydrogeologist with expertise in the scope of hydrogeological studies, evaluation, modelling and survey of aquifers and who is going to act as a project manager.
- B. A specialist in GIS (Geographical Information Systems) with an expertise in the analysis of geographical data related to the water management.

1.7 Coordination

The consultant will be under the supervision of Sergio Perez (INE/WSA)

2. DISEÑOS FINALES DE LA OBRA DE TOMA EN LA RIVIERE MOMANCE

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. ANTECEDENTES	7
3. OBJETIVO	7
4. ALCANCE GENERAL.....	8
5. TAREAS.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Topografía	8
5.2 Hidrología.....	9
5.3 Geología-Geotecnia	11
5.4 Derivación	12
5.5 Túnel de trasvase	14
5.6 Conducción.....	14
6. CONDICIONES DE CONSULTORÍA.....	Error! Bookmark not defined.
6.1 Duración	Error! Bookmark not defined.
6.2 Cronograma de actividades.....	Error! Bookmark not defined.
6.3. Equipo profesional.....	Error! Bookmark not defined.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2012 se realizó una actualización del Esquema Director de Port au Prince, obteniéndose indicadores que se resumen a continuación:

Indicador	Unidad	2015	2020	2025
Población	Hab.	3.090.000	3.248.000	3.400.000
Demanda	m ³ /día	180.320	215.455	255.285
Pérdidas red	%	50	40	30
Producción requerida	m ³ /día	361.000	359.000	365.000
Producción instalada	m ³ /día	190.000	190.000	190.000
Déficit	m ³ /día	171.000	169.000	175.000

Tal como puede observarse en la siguiente tabla, para el año 2016 se tiene que la producción resulta todavía menor que la reportada en el estudio del año 2012.

PRODUCCIÓN	ESQUEMA DIRECTOR	DICIEMBRE 2014	ENERO 2015	FEBRERO 2016
CAPTACIONES (m ³ /día)	120.000	77.420	66.138	74.466
POZOS (m ³ /día)	41.975	35.846	39.165	34.655

Entre las obras que se han realizado para mejorar la producción está la conexión de 8 pozos ubicados en la comuna de Croix de Bouquets con un aporte estimado 32,000 m³/día y los trabajos para recuperar la totalidad del caudal de la fuente de Mariani con una producción de 24,000 m³/día. Así, la producción total en el año 2016 se estima en 162.121 m³/día.

Las obras mencionadas van a permitir atenuar el déficit de producción de agua de la ciudad de Port au Prince, pero la producción de 162.121 m³/día va a continuar siendo inferior a la demanda actual de 361.000 m³/día y por supuesto a la demanda futura. Por ello, el BID está haciendo estudios en relación al incremento de la producción de agua potable para la RMPP tanto de fuentes superficiales como de fuentes subterráneas; en el caso de estos términos de referencia se trata de estudiar a nivel de Ingeniería Básica, el aprovechamiento del río MOMANCE mediante una obra de derivación en el sitio de MOMANCE 2, un túnel de trasvase a la cuenca del río Froide de aproximadamente 500 m y una tubería de conducción de unos 4.6 Km para el abastecimiento de agua potable a la población de Carrefour en la RMPP.

2. ANTECEDENTES

La propuesta para el aprovechamiento del río Momance en el sitio 2, se planteó en el estudio:

DINEPA–BID. Consultoría sobre dos sitios de presa y dos túneles hidráulicos para el abastecimiento de agua a Petion Ville, Haití. Informe Final. Guevara Briceño, Rafael E. Mayo 2016.

3. OBJETIVO del ESTUDIO.

Estudio a nivel de ingeniería básica y diseño final del aprovechamiento del río Momance mediante una obra de derivación en el sitio Momance 2, un túnel de trasvase a la cuenca del río Froide de aproximadamente 500 m y una tubería de conducción de unos 4.6 Km para el abastecimiento de agua potable a la población de Carrefour en la RMPP.

4. ALCANCE GENERAL

Desarrollar todos los estudios que se detallan a continuación, así como todos los que el Consultor considere necesarios, a efectos de alcanzar un proyecto básico de ingeniería utilizando las mejores herramientas disponibles en el mercado, así como las normas técnicas que resulten de aplicación en su versión más actualizada.

Investigar, estudiar y analizar a efectos de poder elaborar el Proyecto Básico de una obra de derivación para extraer caudales de hasta 1.200 lps de agua a ser conducida a una planta de potabilización en las cercanías de Carrefour mediante un túnel de trasvase a la cuenca del río Froide de aproximadamente 500 m y una tubería de conducción de unos 4.6 Km, cumpliendo con toda la normativa existente a nivel de BID, DINEPA y otras instituciones especializadas.

El Proyecto Básico elaborado deberá permitir apreciar todas las características de las obras, como puede ser la ubicación, tipos, geometría, dimensionamiento, procedimientos constructivos, programación, infraestructuras de apoyo como obras viales u obras de paso, características geológicas de los terrenos, fundaciones, diseño y características de las estructuras de hormigón, especificaciones técnicas de los materiales, equipamiento electromecánico necesario para su operación, así como todo aquello que resulte necesario como para tener una concepción global del proyecto y que permita su cotización por parte de las empresas constructoras interesadas

El consultor deberá presentar la Metodología de Trabajo organizada y haciendo especial hincapié en la descripción según su experiencia y conocimiento de lo establecido en los presentes TDR. En ella deberán indicarse detalladamente todas las tareas que considere necesarias realizar: estudios, actividades de campo, ensayos, informes, presentándolas con coherencia secuencial entre todos los capítulos que la integren, de tal forma que permita la comprensión del procedimiento que se pretende llevar a cabo, para atender el alcance de la Consultoría.

El Consultor deberá hacer una descripción total del trabajo que se propone realizar para cumplir con el objetivo de la consultoría. Es importante que las mismas vengán acompañadas de un Cronograma tipo GANTT en el que además queden expresados los medios humanos y la dedicación prevista de cada uno de éstos para las actividades definidas.

5. ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO.

5.1 Actividad 1. Topografía

El consultor deberá realizar todos los estudios necesarios a los efectos de disponer de una Red Geodésica Básica del Área Directa de Estudio, una base Cartográfica unívoca y los mapeos y levantamientos topográficos, que estén georreferenciados a la Red Marco de Referencia de Haití con la precisión adecuada a cada parte de los trabajos a desarrollar.

A medida del avance de los estudios y la producción de material cartográfico especializado de la base topográfica del Proyecto, el Consultor sistematizará toda la información cartográfica y topográfica en un archivo Cartográfico y Topográfico unificado de todo el Proyecto, para su utilización coordinada en las diversas etapas y disciplinas de estudio y como parte de la documentación final, a ser transferida a DINEPA, a la conclusión del trabajo.

El consultor será responsable de recopilar toda la información cartográfica y topográfica existente en otras instituciones de Haití u otro país.

El Consultor elaborará los siguientes mapas temáticos del área del proyecto.

- Área de la Obra de derivación y túnel de trasvase: levantamiento topográfico referenciado a la red de Haití, en coordenadas UTM, a escala de campo 1:1.000 con curvas de nivel cada 0.5 m. Área estimada 15 ha.
- Conducción Momance 2- Planta Potabilizador en Carrefour: por el alineamiento de la conducción entre el portal de salida del túnel y la Planta de Potabilización en Port Au Prince, en una franja de unos 100 m de ancho: levantamiento topográfico referenciado a la red de Haití, en coordenadas UTM, a escala de campo 1:1.000 con curvas de nivel cada 0.50 m. Longitud estimada 4.6 Km.

El Consultor, en base a toda la información cartográfica generada durante la ejecución del estudio preparará un Sistema de Información Geográfica (SIG), para aprobación de DINEPA.

El levantamiento topográfico debe incluir el levantamiento de toda la infraestructura existente: caminos, tendidos eléctricos, casas, cercas, pozos, tanques, tipos de sembradíos, instalaciones de producción, etc.

Las investigaciones geológicas geotécnicas deberán ser vinculadas con los levantamientos topográficos de campo en planos a escala 1:1000.

5.2 Actividad 2. Hidrología

Caudales mensuales garantizados

Caracterización de la cuenca usando imágenes satelitales: geomorfología, relieve, cobertura vegetal, uso de la tierra.

Recopilación y procesamiento de información pluviométrica de unas nueve estaciones alrededor de la cuenca. Análisis de variación espacial y temporal de lluvias mensuales. Mapa de isoyetas. Análisis de información evaporimétrica.

Estimación de caudales medios mensuales utilizando un modelo de simulación lluvia escorrentía tipo SIHIM que a partir de los datos de lluvia mensuales en la cuenca, reproduzca caudales mensuales. El modelo considera los procesos de precipitación, evaporación que permite la estimación de la

evapotranspiración, infiltración, percolación y generación de flujo base a partir del almacenamiento subterráneo. Adicionalmente, considera almacenamientos superficiales, en el suelo y en los acuíferos, así como los flujos superficiales y subterráneos que provienen de subcuencas superiores y aquellos flujos que salen de la subcuenca en consideración, hacia subcuencas subyacentes aguas abajo de ésta.

Ajuste del modelo lluvia esorrentía mensual para disponer de una serie mensual de caudales en el sitio de captación del río Momance 2. Una vez terminado el proceso de adaptación a la cuenca del río Momance, se procede a producir en las subcuencas o segmentos del modelo los caudales mensuales. Finalmente se simulan los caudales mensuales con el modelo mensual SIHIM para el periodo de la información pluviométrica.

Con las series de caudales mensuales simuladas para el sitio Momance 2, para el periodo de la información pluviométrica se procederá a construir las curvas de duración de caudales de cada mes del año y con determinación de caudales garantizados y sus probabilidades de falla. Se ajustarán varias distribuciones probabilística utilizando la información de caudales mensuales de diversas formas.

Caudales extremos

Para la determinación de los caudales de crecidas extremas del río Momance en el sitio de la obra de derivación, para periodos de retorno desde 5 hasta 1000 años, se desarrollará el siguiente alcance o uno similar.

En el sitio Momance 2, la cuenca tiene un área tributaria de unos 141 km² y no dispone de mediciones hidrométricas como para estimar con datos las crecidas para los periodos de retorno anteriormente mencionadas. A tal efecto se propone la utilización del modelo HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Americano (USACE, 2010). Para la instrumentación y aplicación de este modelo, la cuenca total se subdividirá en subcuencas, en cada una de las cuales se determinan los hidrogramas de crecidas que se producen debido a la ocurrencia de las tormentas extremas, que luego serán transitados a través de la red de drenajes utilizando modelos hidráulicos. Dada la magnitud del área de la cuenca se analizará la posibilidad de aplicar la metodología de cálculo de hidrogramas de crecida más conveniente dentro de las diversas opciones que dispone el sistema del HEC-HMS. También se utilizara el sistema HEC-HMS método de Muskingum-Cunge para el tránsito a través de la red de drenajes de los hidrogramas que se generan en cada subcuenca.

Para la estimación de las precipitaciones de diseño en cada subcuenca se analizarán los datos de láminas máximas anuales de precipitación, asociadas a duraciones que van desde 15 minutos hasta 24 horas. Por tratarse de una cuenca relativamente grande, la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), indica que la precipitación puntual deberá ser reducida utilizando factores de reducción por área, por ello se estudiará la aplicación de coeficientes de reducción por área a la lluvia de diseño.

La estimación de la variación temporal de las tormentas extremas se realizará mediante los análisis de Profundidad-Duración-Frecuencia e Intensidad-Duración-Frecuencia. A los fines de llevar a cabo dichos análisis se procesará la información de láminas de lluvias máximas anuales, asociadas a

diferentes niveles de agregación en tiempo. Con esta información se realizará un análisis probabilístico de valores extremos, mediante el ajuste de distribuciones probabilísticas tipo Gumbel (Tipo I), para así obtener tormentas de periodos de retorno desde 5 hasta 1000 años.

Utilizando los mapas cartográficos y mapas de vegetación de la cuenca; conjuntamente con las características de las tormentas, se procederá a la instrumentación del modelo de crecidas. La definición de subcuencas o segmentos de cálculo del modelo se realizará tomando en consideración la morfometría de la cuenca, tratando de identificar las principales subcuencas que integran este sistema hidrográfico.

Posteriormente, tomando en consideración las características de la cuenca y los esquemas de modelación incluidos en el programa HEC-HMS, se selecciona los modelos que permiten la estimación de los hietogramas de lluvia efectiva, los hidrogramas de escurrimiento directo (incluyendo flujo subsuperficial), flujo base y el tránsito de los hidrogramas totales a través de los canales que integran la red de drenajes.

El modelo HEC-HMS considera la posibilidad de utilizar diferentes tipos de modelos de tránsito, de estas alternativas se seleccionara el método adecuado a las características de los cauces de esta cuenca.

Finalmente se realizaran los tránsitos de hidrogramas en el tramo de río Momance donde se ubique la obra de derivación utilizando el modelo HEC-RAS.

5.3 Actividad 3. Geología-Geotecnia

El consultor elaborará y presentará en su oferta un Plan de Investigación Geotécnica detallado, adjuntando carta de compromiso acerca de la capacidad para llevar a cabo los trabajos que le permitan comenzar en un plazo no mayor a un mes desde la firma del contrato, bien con sus propios medios o bien con la colaboración de un subcontratista.

Procesamiento de la información básica que pueda conseguirse, recorridos de campo para levantar geología y geotecnia de superficie en el tramo de la derivación, en el túnel de trasvase y en la ruta de la tubería.

Ejecución de cuatro (4) perfiles ERT (Electrical Resistivity Tomography) del orden de 200 m de longitud horizontal cada uno; para una definición de profundidad de aluvión y calidad de roca en el sitio de la derivación y de calidad de roca en el túnel. Interpretación y análisis de resultados. Ejecutar cuatro (4) perforaciones a percusión con ensayos SPT (ASTM D 1586-99) y a rotación con toma de muestras para laboratorio, El trabajo debe programarse con el río en aguas bajas.

En la ruta de la tubería se debe identificar las áreas con taludes inestables en las márgenes del río Froide y se ejecutarán unas seis (6) calicatas.

Con los resultados de las perforaciones se hará el respectivo informe geotécnico, con indicación de estratigrafía, estimación de parámetros geotécnicos y caracterización geotécnica para el apoyo de estructuras y funcionamiento de la obra de derivación.

Como resultado de esta investigación de campo y de laboratorio, se deberá disponer de un conocimiento preciso de los terrenos de fundación de las estructuras, de forma de poder realizar su proyecto adecuadamente, incorporando las medidas complementarias que se estimen necesarias para otorgar la debida seguridad a las estructuras.

En la medida que avance en la investigación geotécnica, el consultor irá haciendo definiciones de las obras y en base a ello orientará la continuación de la investigación.

El Consultor indicará, en base al conocimiento geológico–geotécnico obtenido, los tratamientos de las fundaciones, control de cruces de río y manejo de zonas inestables requeridos, sus características, disposición, cantidad, profundidad, densidad, etc.

En la Tabla 5.1 se presenta, a título de orientación, una lista de la investigación geotécnica con los ensayos según la ASTM (American Standard Tests and Measurements).

5.4 Actividad 4. Derivación

Para el aprovechamiento del río Momance para el abastecimiento de agua a la población de Carrefour, se busca de lograr una obra de captación que sea segura, que se construya al menor costo razonablemente posible y que sea operada con eficiencia y bajos costos. En principio se plantea una obra de captación con los siguientes elementos:

Tabla 5.1. Momance 2. Investigación geotécnica.

CONCEPTO	ASTM	UNIDAD
Sondeo de refracción sísmica	D-5777-00	m
Sondeo por percusión de 64 mm de diámetro, con recuperación de muestra y prueba S.P.T	D-1586	m
Sondeo a rotación en roca, diámetro HQ (63,5 mm), % de Recuperación y RQD	D-2113	m
Ensayo de permeabilidad de Lefranc	----	Und
Calicatas y tricheras en zona de presa	D-1452	Und
Ensayos de laboratorio		
Suelos		
Examen visual de muestras.	D-2488	Und
Granulometría.	D-1140	Und
Granulometría con hidrómetro	D-422	Und
Humedades.	D-2216	Und
Peso Específico.	D- 854	Und
Rocas		
Peso Específico.	D- 854	Und
Compresión simple	D-2938	Und
Corte Directo	D-5607	Und.
Carga de punta	D-5731	Und.
Desgaste (Los Ángeles)	C-131	Und
Sulfato de sodio	C-88	Und

Control de nivel de captación: para la situación del río Momance, se estima un elemento para control de altura de agua a la entrada de la toma (usualmente un vertedero) que sea lo más bajo posible y de ser el caso que la sección del río para aguas mínimas pueda garantizar un nivel de agua suficiente para entrar a la cámara de toma. Inmediatamente aguas abajo se diseñará un amortiguador de energía, según los niveles de agua en el tramo inmediato aguas abajo del río Momance.

Canal de captación y limpieza: para encausar las aguas mínimas hacia el frente de la toma se prevé un canal de sección rectangular y con fondo a unos 0.75 m por debajo del nivel de captación de la cámara de toma para evitar la entrada a la misma del arrastre de sedimentos de fondo. Este canal estará dotado de dos compuertas que se abrirán ante gastos mayores del río, de tal manera que en el mismo no se depositen sedimentos durante las crecidas. Después de las compuertas se desarrollará un pozo amortiguador de energía, cuya profundidad dependerá de los niveles de agua en el tramo

inmediato aguas abajo del río. Como el pozo amortiguador necesariamente tendrá una cota por debajo de la cota de fondo del río, se hará el correspondiente cálculo de sub presiones.

El diseño de los elementos anteriores se hará para aguas mínimas y para aguas máximas del río Momance.

Estructuras: Se estima que la profundidad de la sección del río Momance en este tramo puede llegar a más de 10 m y por otra parte se estima que el tipo de fundación para las estructuras será de material aluvial. Por esta condición, los muros laterales que se requieran en el canal de captación y limpieza y en la cámara de toma, se prevén en concreto armado. La estructura de concreto armado será verificada para solicitaciones hidráulicas, geotécnicas, sísmicas y para sub presiones.

5.5 Actividad 5. Túnel de trasvase

Con la información producida durante la investigación geotécnica se irá haciendo análisis de los métodos de excavación y soporte del túnel de trasvase de unos 500 m de largo a la cuenca del río Froide. Se diseñaran las obras para los portales de entrada y salida y el revestimiento definitivo del túnel.

5.6 Actividad 6. Conducción

La línea de conducción hasta la planta de potabilización tendrá una longitud del orden de 4.6 Km y su desarrollo será por las márgenes de los río Momance y Froide

De la investigación geológica-geotécnica de superficie y de calicatas a lo largo de la línea de la tubería se diseñará una ruta con las estructuras que se requieran.

Para un caudal máximo del orden de 1.000 lps, y un caudal medio del orden de 800 lps, se estima que podría ser apropiado un diámetro interno de 900 mm, Se analizarán varias alternativas de diámetros y tipos de tubería, considerando las condiciones hidráulicas incluyendo el golpe de ariete, el cruce y afectación del río, las condiciones de suelos, las cargas vehiculares, la disponibilidad de materiales y los costos de operación y mantenimiento. Según el trazado y según las normas correspondientes, se ubicarán válvulas de expulsión y admisión de aire y válvulas para descarga de agua.

Se presentarán planos de planta y perfil por cada kilómetro de tubería, indicando todos los elementos de la línea de conducción.

6. PLAZO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO.

Se estima que la duración de la consultoría será de 9 **meses**, programando el inicio de la misma de tal forma que los trabajos de campo puedan realizarse en época de aguas bajas de los ríos.

7. INFORMES

Los informes que deberá presentar la firma consultora son los siguientes:

- a) **Plan de trabajo actualizado:** Deberá ser presentado a los 15 días de iniciado el contrato (correspondiendo al 15% del monto total del contrato)
- b) **Informe Intermedio.** Deberá ser presentado a los 4 meses de iniciado el contrato. Deberá contener la descripción del proyecto básico (correspondiendo al 35% del monto total del contrato).
- c) **Informe Final.** Deberá ser presentado a los 9 meses de iniciado el contrato. Deberá contener los **diseños finales** la **evaluación de impacto ambiental**, así como el **documento de licitación de las obras** (correspondiendo al 50% del contrato).

Experiencia de la firma consultora

:

La firma consultora a contratar deberá haber desarrollado estudios de factibilidad y diseños finales de proyectos de abastecimiento de agua potable.

- Haber realizado Estudios de Factibilidad o Diseños Finales de agua potable de 5 obras de captación con caudales superiores a 20,000 m³/día. Al menos 2 de las mismas deberán contar con un túnel de más de 300 metros de longitud.

8. FORMA DE PAGO

Los desembolsos se realizarán según el siguiente esquema:

- A la aprobación del plan de trabajo: 15% del monto total.
- A la aprobación del informe intermedio: 35% del monto total.
- A la aprobación del Informe Final: 50% del monto total.

9. MOVILIDAD Y COMUNICACIONES.

La movilidad y la organización logística estarán a cargo de la firma consultora contratada

10. SUPERVISION Y MONITOREO DEL TRABAJO DEL CONSULTOR.

Los trabajos para los diseños de la toma en el Momance deberán desarrollarse bajo la dirección y coordinación de la DINEPA y el BID.

El Consultor realizará presentaciones técnicas en PowerPoint al equipo de supervisión a la entrega de cada uno de los cuatro Informes principales y las veces que el grupo supervisor así lo solicite en el transcurso del estudio. Los técnicos de la DINEPA y el BID, podrán emitir opiniones técnicas que el Consultor deberá tener en cuenta en el avance de los trabajos.

11. PERSONAL CLAVE MÍNIMO.

Se incluirá el siguiente personal técnico dentro del equipo encargado de realizar los estudios

TAREA	Credencial	Exper. mínima (años)
Consultor especialista en obras hidráulicas	Ingeniero Civil. Master of Science.	30
Consultor Especialista en obras hidráulicas	Ingeniero Civil. Master of Science.	15
Cartografía y topografía	Agrimensor o Ingeniero Civil o Ingeniero Geodesta.	20
Asistente de cartografía y topografía	Agrimensor o Ingeniero Civil o Ingeniero Geodesta.	10
Hidrometeorología	Ingeniero Civil o Ingeniero Agrónomo o Hidrometeorólogo. Master en Hidrología.	20
Geología	Geólogo o Ingeniero Geólogo	20
Especialista en geofísica	Geólogo, Ing. Geólogo o Técnico Geólogo.	15
Geotecnia	Ing. Civil, Ing. Geólogo o Geólogo. Master of Science.	20
Estructura	Ingeniero Civil. Especialista en estructuras	15
Estructura	Ingeniero Civil. Especialista en concreto	15
Equipamiento	Ingeniero Mecánico o Civil. Especialista en hidromecánica.	15

Adicionalmente la firma consultora incluirá un especialista ambiental para la liderar el equipo encargado de elaborar el estudio de impacto ambiental. El especialista contará como más de 10 años de experiencia en la elaboración de estudios ambientales habiendo participado en al menos dos proyectos de presas.

3. PERFILES DE LOS CONSULTORES INDIVIDUALES.

	Experiencia	Formación académica
Experto en gestión de recursos hídricos	Más de 8 años de experiencia específica en la gestión de recursos hídricos con al menos 2 proyectos de uso conjunto de agua subterránea y superficial para el abastecimiento de una población de más de 500,000 habitantes.	Al menos un Master en gestión de recursos hídricos
Experto en el impacto del Cambio Climático en los RRHH	Más de 8 años de experiencia en el desarrollo de proyectos sobre el impacto del CC en los recursos hídricos tanto procedentes de aguas superficiales como subterráneas. Experiencia en la publicación de artículos científicos sobre el tema de referencia.	Preferentemente un doctorado en el impacto del CC en la gestión de los RRHH Al menos un master en gestión integral de RRHH

	Objetivos de la consultoría	Número de días de consultoría
Experto en gestión de recursos hídricos	Desarrollar un modelo de aprovechamiento conjunto de las aguas superficiales y subterráneas para el abastecimiento a la RMPP.	66
Experto en el impacto del Cambio Climático en los RRHH	Desarrollar diferentes escenarios del impacto del CC en los RRHH disponibles para el abastecimiento a la RMPP	66