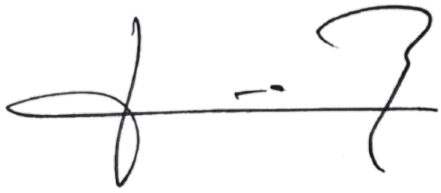
CERTIFICADO DE SOLICITUD DE ADICION, PRORROGA Y MODIFICATORIO DE FECHA: 29/01/2026 DEL CONTRATO DE INTERVENTORIA No. 2858 DE 2025

CONTRATISTA: JOSE ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ

VALOR: $44,194,338.00 FECHA DE INICIO DE LA PRORROGA: 30/01/2026 FECHA TERMINA LA PRORROGA: 15/03/2026

Teniendo en cuenta que se ha dispuesto ampliar el plazo del contrato de consultoría No. 2857 de 2025, en un (1) mes y quince (15) días, se hace necesario ampliar por el mismo término el de interventoría, para que se pueda dar cumplimiento a las labores de correspondientes de vigilancia y control y, así mismo, poder recibir el producto final de la consultoría. Lo anterior hace necesario que se adicionen recursos para cubrir el periodo de tiempo adicional, en un monto de $ 44.194.338.



YACIR ANTONIO RAMIREZ LUENGAS
C.C. No. 13500197

JUSTIFICACIÓN ADICIÓN No. 1 Y PRORROGA No. 1

NUEVAS CONDICIONES DEL CONTRATO

CONTRATO No.	2858 DE 2025	
CONTRATISTA:	JOSE ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ	
CEDULA:	80,037,996	
OBJETO:	INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA EL CONTRATO CUYO OBJETO CORRESPONDE A ¿ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-1602-2025".	
VALOR INICIAL DEL CONTRATO:	$185,405,975	M/CTE.
PLAZO INICIAL DEL CONTRATO:	SEIS (6) MESES	
FECHA FIRMA DEL CONTRATO:	02/07/2025	
FECHA INICIAL DEL CONTRATO:	24/07/2025	
FECHA DE TERMINACIÓN INICIAL:	23/01/2026	
PLAZO TOTAL EJECUCIÓN:	7 meses y 15 dias	
VALOR ADICIONES AL CONTRATO:	$0	M/CTE.
VALOR TOTAL DEL CONTRATO:	$229,600,313	M/CTE.
VR SOLICITUD ADICIÓN CONTRATO:	$44,194,338	M/CTE.
FECHA INICIO DE LA PRORROGA:	30/01/2026	
NUEVA FECHA DE TERMINACIÓN:	15/03/2026	

JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que se ha dispuesto ampliar el plazo del contrato de consultoría No. 2857 de 2025, en un (1) mes y quince (15) días, se hace necesario ampliar por el mismo término el de interventoría, para que se pueda dar cumplimiento a las labores de correspondientes de vigilancia y control y, así mismo, poder recibir el producto final de la consultoría. Lo anterior hace necesario que se adicionen recursos para cubrir el periodo de tiempo adicional, en un monto de $ 44.194.338.



YACIR ANTONIO RAMIREZ LUENGAS
C.C. No. 13500197

ANEXO N°1 MODIFICATORIO N°1 + ADICIÓN N°1

CONTRATO DE INTERVENTORIA N°CAR-CM-2858-2025

OBJETO:INTERVENTORÍA ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA

CONDICIONES INICIALES DEL CONTRATO N°CAR-CM-2858-2025

1. PERSONAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	MESES (B)	DEDICACIÓN % (C)	F.M. (D)	VALOR MENSUAL (E)	VALOR TOTAL (AxBxCxDxE)
1	DIRECTOR DE INTERVENTORÍA	1	6	20%	2,24	$ 12.037.650,00	$ 32.357.203,00
2	INGENIERO HIDRAULICO	1	6	25%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 31.621.800,00
3	INGENIERO ESTRUCTURAL	1	6	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 18.973.080,00
4	INGENIERO GEOTECNISTA	1	6	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 18.973.080,00
5	INGENIERO ELECTROMECANICO	1	6	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 18.973.080,00
6	PROFESIONAL HSEQ	1	1	22%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 4.637.864,00
7	TOPOGRAFO	1	1	26%	2,24	$ 4.486.750,00	$ 2.613.083,00
						1. PERSONAL	**$ 128.149.190,00**

4.TRANSPORTE

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD (A)	MESES (B)	DEDICACIÓN % (C)	VALOR MENSUAL (D)	VALOR TOTAL (AxBxCxDxE)
4.1	ALQUILER DE VEHÍCULO MENOR A 2000CC MODELO 2020 EN ADELANTE, (INCLUYE CONDUCTOR Y TODO COSTO ASOCIADO)	1	6	50%	9.218.050	$ 27.654.150,00
					4.TRANSPORTE	**$ 27.654.150,00**
					SUBTOTAL (1+2+3+4)	**$ 155.803.340,00**
					IVA 19%	**$ 29.602.635,00**
					TOTAL CONDICIONES INICIALES DEL CONTRATO N°CAR-CM-2858-2025	**$ 185.405.975,00**

MODIFICATORIO N°1 + ADICIÓN N°1

1. PERSONAL

MESES (B)	DEDICACIÓN % (C)	F.M. (D)	VALOR MENSUAL (E)	VALOR TOTAL (AxBxCxDxE)
1,5	20%	2,24	$ 12.037.650,00	$ 8.089.301,00
1,5	25%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 7.905.450,00
1,5	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 4.743.270,00
1,5	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 4.743.270,00
1,5	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 4.743.270,00
				$ 30.224.561,00

4.TRANSPORTE

MESES (B)	DEDICACIÓN % (C)	VALOR MENSUAL (D)	VALOR TOTAL (AxBxCxDxE)
1,5	50%	$ 9.218.050,00	$ 6.913.538,00
		4.TRANSPORTE	**$ 6.913.538,00**
		SUBTOTAL (1+2+3+4)	**$ 37.138.099,00**
		IVA 19%	**$ 7.056.239,00**
		TOTAL MODIFICATORIO N°1 + ADICIÓN N°1	**$ 44.194.338,00**

CONDICIONES ACTUALIZADAS CONTRATO INICIAL + MODIFICATORIO N° 1 + ADICIÓN N°1

1. PERSONAL

CANTIDAD (A)	MESES (B)	DEDICACIÓN % (C)	F.M. (D)	VALOR MENSUAL (E)	VALOR TOTAL (AxBxCxDxE)
1,00	7,50	20%	2,24	$ 12.037.650,00	$ 40.446.504,00
1,00	7,50	25%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 39.527.250,00
1,00	7,50	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 23.716.350,00
1,00	7,50	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 23.716.350,00
1,00	7,50	15%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 23.716.350,00
1,00	1,00	22%	2,24	$ 9.411.250,00	$ 4.637.864,00
1,00	1,00	26%	2,24	$ 4.486.750,00	$ 2.613.083,00
				1. PERSONAL	**$ 158.373.751,00**

4.TRANSPORTE

CANTIDAD (A)	MESES (B)	DEDICACIÓN % (C)	VALOR MENSUAL (D)	VALOR TOTAL (AxBxCxDxE)
1	7,50	50%	$ 9.218.050,00	$ 34.567.688,00
			4.TRANSPORTE	**$ 34.567.688,00**
			SUBTOTAL (1+2+3+4)	**$ 192.941.439,00**
			IVA 19%	**$ 36.658.874,00**
			TOTAL CONDICIONES ACTUALIZADAS CONTRATO INICIAL + MODIFICATORIO N°1 + ADICIÓN N°1	**$ 229.600.313,00**

Supervisor CAR
ING.YACIR ANTONIO RAMIREZ LUENGAS
DIRECCIÓN TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL – DIA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR

Supervisor CAR
MANUEL ANDRÉS GONZALEZ MALAGÓN
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DEL FIAB E INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR

Proyectó: Hugo Alejandro Rodríguez Herrera Contratista DIA
Revisó: Simón Adolfo Buitrago Moya - Director operativo DFIAB
Revisó: Adriana Marcela González Mora - Funcionaria DFIAB

CONTRATO DE INTERVENTORIA N°CAR-CM-2858-2025						
OBJETO:INTERVENTORÍA ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA						
VALOR INICIAL DEL CONTRATO			**$ 185.405.975**			
No.	**Radicado**	**Valor**	**% de Ejecución**	**Valor Acumulado**	**Saldo a favor del contratista**	**% de Ejecución Acumulado**
1	20253123940 del 22/12/2025	$ 30.888.635	16,66%	$ 30.888.635	$ 154.517.340	16,66%
				VALOR TOTAL FACTURADO	**$ 30.888.635**	**16,66%**
				VALOR TOTAL POR FACTURAR	**$ 154.517.340**	**83,34%**

ANEXO N°1 MODIFICATORIO N°1 + ADICIÓN N°1								
OBJETO:INTERVENTORÍA ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA								
CONCEPTO	**FECHA**	**VALOR**	**SMMLV**	**CONTRATO EN SALARIOS**	**PORCENTAJE DE ADICION**		**ADICION EN SMMLV**	**50% CONTRATO EN SALARIOS**
CONTRATO INICIAL	JULIO DE 2025	$ 185.405.975	$ 1.423.500	130,25				65,12
ADICION N°1	ENERO DE 2026	$ 44.194.338	$ 1.750.905	25,24	19,38%		25,24	
CONTRATO INICIAL + ADICION N°1		**$ 229.600.313**		**155,49**	**19,38%**		**25,24**	

CAR 20/01/2026 09:38
Al contestar cite este No.: **20261004992**
Origen: AQUA PLANET BIC WATER FOR THE WORLD
Destino: Dirección Técnica FIAB
Anexos: 6 adjuntos Fol. 6

Correo Electrónico Radicado

Remitente: AQUA PLANET BIC WATER FOR THE WORLD [alejandro.ballen@hotmail.com]
Fecha: 20/01/2026 7:32:44 a. m.
Asunto: RAD SOLICITUD PRORROGA CAR-CM-2857-2025 APULO
Adjuntos: 6

Bogotá 15 de enero de 2026

AB-CTO-CAR-CM-2858-2025-050

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL - CAR
Atn. Fondo para las Inversiones Ambientales en la Cuenca del Río Bogotá – FIAB
Dirección de Infraestructura Ambiental - DIA

Asunto: SOLICITUD DE PRORROGA CONTRATO CAR-CM-2857-2025 Y ADICIÓN Y PRORROGA CONTRATO CAR-CM-2858-2025

Ref.: Contrato No. CAR-CM-2857-2025: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO CON LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CARCONV-INT-1602-2025".

Cordial Saludo:

En el marco del Contrato de Interventoría No. CAR-CM-2858-2025, y en cumplimiento de las obligaciones establecidas contractualmente, esta Interventoría se permite informar a la Entidad el estado actual de ejecución del Contrato de Consultoría No. CAR-CM-2857-2025, así como emitir concepto técnico frente a la solicitud de prórroga presentada por el contratista consultor.

De conformidad con el seguimiento técnico y administrativo efectuado, especialmente lo relacionado al seguimiento del Plan de Trabajo Aprobado: se deja constancia que a la fecha el consultor ha dado cumplimiento a las entregas parciales UNO y DOS, los cuales fueron presentados y evaluados conforme a lo establecido contractualmente, en concordancia con lo dispuesto en la Cláusula Quinta (Plazo de ejecución) y al Plan Detallado de Trabajo. Actualmente, el equipo consultor se encuentra en proceso de estructuración y consolidación de la entrega Parcial TRES. No obstante lo anterior, del análisis comparativo entre lo programado y lo efectivamente ejecutado, esta Interventoría evidencia un atraso significativo en la entrega de productos, atribuible principalmente a retrasos en actividades correspondientes a la ruta crítica del proyecto, relacionadas con la ejecución de los estudios de suelos y geotecnia, actividades que, por su naturaleza técnica, condicionan directamente el avance de los diseños estructurales, constructivos y la formulación de presupuestos de obra, conforme al alcance definido en el Anexo Técnico del contrato de consultoría.

Respecto a la entrega Parcial 3 se tenía programado la entrega de los siguientes productos para el mes de diciembre de 2025:

ITEM	PRODUCTO
PRODUCTO 1	**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 1.5	Estudio de suelos para el area del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.

PRODUCTO 1.6	Diseños hidráulicos de la alternativa seleccionada del tratamiento preliminar, secundario y manejo de lodos primeros y secundarios con sus respectivas memorias de calculo y planos. Incluye diseños hidrosanitarios de las casetas y demas estructuras necesar
PRODUCTO 1.7	Diseños arquitectonicos de las obras de urbanismo de la PTAR y de las edificaciones necesarias para la operación de la PTAR (casetas)
PRODUCTO 1.8	Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.9	Diseños eléctricos, control y automatización de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.10	Diseños Mecánicos de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.13	Elaboración del manual de arranque, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistema diseñados
PRODUCTO 1.14	Inventario y aprovechamiento forestal para el área del proyecto, incluye informe
PRODUCTO 1.16	Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto
PRODUCTO 2	**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 2.3	Evaluación Ambiental del vertimiento
PRODUCTO 3	**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**
PRODUCTO 3.3	Informe de identificación predial (información secundaria y certificado de tradición y libertad).
PRODUCTO 3.5	Estudio de suelos para el interceptor, camaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo
PRODUCTO 3.6	Diseño hidráulico del interceptor incluye camaras de alivio, estaciones de bombeo entre otras estructuras necesarias para el interceptor incluye memorias de cálculo, informe y planos
PRODUCTO 3.7	Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)
PRODUCTO 3.10	Plan de manejo de tránsito, diseño geometrico de las vias internas de la PTAR y diseño de la estructura de pavimento
PRODUCTO 3.11	Plan de manejo ambiental
PRODUCTO 3.12	Inventario forestal

En desarrollo del seguimiento contractual, esta Interventoría deja constancia que mediante comunicación radicada el once (11) de diciembre de 2025, el subcontratista encargado de los estudios de suelos informó formalmente al consultor que el laboratorio no prestaría servicio de recepción de muestras ni realizaría entrega de resultados durante el periodo comprendido entre el diecinueve (19) de diciembre de 2025 y el doce (12) de enero de 2026, ambas fechas inclusive, con ocasión del cierre operativo de fin de año. Dicha situación, debidamente informada y soportada, constituye una circunstancia externa y ajena al control del consultor, que impacta directamente la ejecución de las actividades correspondientes a los estudios geotécnicos, los cuales hacen parte integral de la ruta crítica del proyecto. Dicho hecho afectó la ejecución de los sondeos y ensayos de laboratorio y la obtención de sus resultados, los cuales constituyen un insumo técnico indispensable para el desarrollo de los diseños definitivos, generando el desplazamiento de las actividades dependientes dentro del cronograma contractual.

No obstante lo anterior, se resalta que el equipo consultor adelantó las actividades técnicas previas que no dependían de los resultados de laboratorio. En este sentido, el quince (15) de diciembre de 2025 se presentó la segunda versión del análisis de alternativas, en la cual quedó plenamente definida y configurada la implantación de las unidades que conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR proyectada. En la misma fecha, el consultor presentó el respectivo Plan de Exploración de Suelos, documento técnico

que establece la localización, profundidad y número de sondeos requeridos conforme a la normativa vigente, dejando preparados los insumos necesarios para la ejecución inmediata de las actividades de campo una vez se restablecieran los servicios de laboratorio.

Así mismo, en el Comité de Seguimiento realizado el quince (15) de diciembre de 2025, el consultor socializó ante la Interventoría la segunda versión del análisis de alternativas, presentó formalmente el Plan de Exploración de Suelos e informó de manera expresa la imposibilidad técnica de ejecutar las actividades de suelos durante el mes de diciembre de 2025, como consecuencia directa de la suspensión temporal de los servicios del laboratorio certificado. Esta situación fue conocida y verificada por la Interventoría, quedando consignada en el marco del seguimiento contractual como un hecho sobreviniente no imputable al contratista.

Es así que de la entrega parcial 3 programada para el mes de diciembre de 2025, se tienen los siguientes productos que dependen directamente de los estudios de suelos, actividades que no han podido ser ejecutadas:

ITEM	PRODUCTO
PRODUCTO 1	**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 1.5	Estudio de suelos para el area del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.
PRODUCTO 1.8	Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.16	Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto
PRODUCTO 2	**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 3	**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**
PRODUCTO 3.5	Estudio de suelos para el interceptor, camaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo
PRODUCTO 3.7	Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)

Así mismo, para la Entrega Parcial No. 4, programada para el mes de enero de 2026, se tienen los siguientes productos cuya ejecución presenta retraso, como consecuencia directa de la no ejecución de los estudios de suelos y geotecnia, los cuales constituyen una actividad de la ruta crítica y condicionan el desarrollo de los diseños y productos asociados :

ITEM	PRODUCTO
PRODUCTO 1	**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 1.11	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción del sistema de tratamiento
PRODUCTO 1.12	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
PRODUCTO 2	**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

PRODUCTO 3	**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**
PRODUCTO 3.8	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
PRODUCTO 3.9	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción

Una vez finalizado el periodo de suspensión informado por el laboratorio, el doce (12) de enero de 2026 se llevó a cabo el Comité de Seguimiento del proyecto, en el cual se revisó el estado de las actividades pendientes y se estableció la reactivación de los estudios de suelos y geotecnia, permitiendo dar continuidad a las actividades dependientes de la ruta crítica. Este encadenamiento técnico evidencia que el retraso presentado obedece a una restricción temporal objetiva y plenamente identificada, que imposibilitó la ejecución secuencial de los productos asociados a los diseños estructurales, presupuestales y de riesgos, sin que ello implique negligencia o incumplimiento por parte del consultor.

Lo anterior se enmarca en lo previsto en la Cláusula Décima Novena (Caso fortuito y fuerza mayor) de la minuta contractual del Contrato de Consultoría, por cuanto se trata de circunstancias no imputables al contratista y que inciden de manera directa en los plazos de ejecución del proyecto, así como en el principio de planeación y ejecución responsable del contrato estatal, orientado a garantizar la calidad técnica, coherencia y consistencia de los productos a entregar. En este sentido, y teniendo en cuenta que la ejecución secuencial de las actividades que conforman la ruta crítica del proyecto no permite su desarrollo en paralelo sin comprometer la integralidad técnica de los diseños, esta Interventoría considera técnicamente justificada, razonable y necesaria la solicitud de prórroga presentada por el contratista consultor. En consecuencia, se estima procedente la modificación del plazo de ejecución del Contrato por un término de uno punto cinco (1.5) meses, para un plazo total de siete punto cinco (7.5) meses, teniendo en cuenta que, conforme al acta de inicio, la fecha de terminación inicialmente programada correspondía al día veintinueve (29) de enero de 2026, la cual se proyecta ampliar hasta el día dieciséis (16) de marzo de 2026. Así mismo, se deja constancia de que se hace entrega de la reprogramación de actividades del Contrato de Consultoría No. CAR-CM-2858-2025, en la cual se evidencia que todas las actividades que componen el proyecto finalizan el dieciséis (16) de marzo de 2026, garantizando el cumplimiento integral del objeto contractual.

Se proyecta la siguiente información contractual

CONTRATO No.	CAR-CM-2857-2025
OBJETO	ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-16022025”.
CONTRATISTA	AQUAPLANET INGENIERÍA S.A.S BIC R/L MARÍA ISABEL LÓPEZ HERMOSA
LOCALIZACIÓN	APULO CUNDINAMARCA
VALOR	$ 1.544.597.91,00
PLAZO INICIAL	6 MESES
FECHA ACTA DE INICIO	30 DE JULIO DE 2025
FECHA DE TERMINACION INICIAL	29 DE ENERO DE 2026
PRORROGA N° 01	(1.5) MESES
FECHA DE TERMINACION SEGÚN PRORROGA N° 01	16 DE MARZO DE 2026

Así mismo, y considerando que el Contrato de Interventoría No. CAR-CM-2858-2025 se encuentra directamente asociado al plazo del contrato de consultoría, esta Interventoría, en ejercicio de sus funciones y con fundamento en la Cláusula Quinta (Plazo de ejecución) de la minuta del contrato de Interventoría, solicita a la Entidad la concesión de una prórroga por un término igual al de la consultoría de mes y medio (1.5 meses), en los mismos términos de la prórroga solicitada por el consultor, sin modificación del valor contractual.

La ampliación del plazo permitirá a esta Interventoría continuar ejerciendo de manera integral, oportuna y eficaz sus funciones de seguimiento y control, garantizando que los productos finales se entreguen con el nivel de detalle, calidad técnica y cumplimiento normativo exigidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Así mismo, y en concordancia con la prórroga solicitada para el Contrato de Consultoría, esta Interventoría informa que el mayor plazo de ejecución requerido implica una ampliación efectiva del período de prestación de los servicios de interventoría, lo cual genera la necesidad de reconocer económicamente dicho tiempo adicional, de conformidad con las condiciones técnicas, administrativas y financieras inicialmente ofertadas. En este sentido, y teniendo en cuenta el Anexo de la Propuesta Económica presentada por la Interventoría, se solicita la adición presupuestal al Contrato de Interventoría No. CAR-CM-2858-2025 por un valor de CUARENTA Y CUATRO MILLONES CIENTO NOVENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS ($44.194.338) M/CTE, correspondiente al reconocimiento del mayor plazo de ejecución derivado de la prórroga solicitada, sin que ello implique modificación del alcance contractual originalmente pactado.

Se proyecta la siguiente información contractual del contrato de interventoría:

CONTRATO No.	CAR-CM-2858-2025
OBJETO	INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA EL CONTRATO CUYO O????? CORRESPONDE A "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CARCONV-INT-1602-2025
CONTRATISTA	JOSE ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ
LOCALIZACIÓN	APULO CUNDINAMARCA
VALOR	$ 185.405.975,00
PLAZO INICIAL	6 MESES
FECHA ACTA DE INICIO	30 DE JULIO DE 2025
FECHA DE TERMINACION INICIAL	29 DE ENERO DE 2026
PRORROGA N° 01	(1.5) MESES
FECHA DE TERMINACION SEGÚN PRORROGA N° 01	16 DE MARZO DE 2026
ADICIÓN N° 01	$44.194.338
VALOR DEL CONTRATO SEGÚN ADICIÓN N° 01	$229.600.313

Cordialmente,

JOSE ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ

Interventor

Contrato de Interventoría CAR-CM-2858-2025

Anexos:

- Solicitud de Prorroga CTO CAR-CM-2857-2025
- Comunicación subcontratista suelos
- Plan de Exploración de Suelos
- Reprogramación Contrato CAR-CM-2857-2025

“AVISO DE CONFIDENCIALIDAD: Este correo electrónico contiene información confidencial de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. Si usted no es el destinatario, le informamos que no podrá usar, retener, imprimir, copiar, distribuir o hacer público su contenido, de hacerlo podría tener consecuencias legales como las contenidas en la Ley 1273 del 5 de enero de 2009 y todas las que le apliquen. Si ha recibido este correo por error, por favor informe al remitente y luego bórrelo. Si usted es el destinatario, le solicitamos mantener reserva sobre el contenido, los datos o información de contacto del remitente y en general sobre la información de este documento y/o archivos adjuntos, a no ser que exista una autorización explícita”

Firmado digitalmente y estampado cronológicamente por ANDES SCD. Artículo 28 de la Ley 527 de 1999 y Artículo 5 de la Resolución CAR 3783 de 2018.

Bogotá D.C., 11 de diciembre de 2025

ESS-0397-01-AQU

Señores
AQUAPLANET INGENIERÍA SAS – BIC
Atn. Ing. Manuel Salazar
Gerente técnico
gerenciatecnica@aquaplanetsas.com
Tel. 318 7073823
Ciudad

Asunto: **Suspensión temporal de recepción de muestras y entrega de proyectos**

Cordial saludo,

Por medio del presente nos permitimos informar a todos nuestros clientes que, con ocasión de la temporada de vacaciones de fin de año, nuestro laboratorio no prestará servicio de recepción de muestras ni realizará entrega de proyectos durante el periodo comprendido entre el **19** de diciembre y el 12 de enero, ambas fechas inclusive.

Las actividades operativas y administrativas se reanudarán con normalidad a partir del día 13 de enero, fecha a partir de la cual se retomará la atención habitual y la programación de ensayos, informes y entregables.

Agradecemos su comprensión y les recomendamos programar con antelación el envío de muestras y los compromisos técnicos que requieran continuidad antes o después del periodo indicado.

Quedamos atentos a cualquier inquietud adicional.

Atentamente,

DARÍO OCANDO SÁNCHEZ
Representante Legal
ESSCALA SAS

Bogotá D.C., Diciembre 15 de 2025

AQP- APU – 0029A

Ingeniero
JOSÉ ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ
R/L y Director Interventoría
CAR-CM-2858-2025

Referencia: CONTRATO CAR-CM-2857-2025. "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-1602-2025"

ASUNTO: ENTREGA PLAN DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA

Cordial saludo ingeniero;

Por medio del presente, AquaPlanet Ingeniería S.A.S. BIC se permite hacer entrega formal del Plan de Exploración Geotécnica, documento técnico requerido para el desarrollo de los productos1.5 "*Estudio de suelos para el área del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.*" y 3.5 "*Estudio de suelos para el interceptor, cámaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo*". Del contrato de la referencia, conforme a los lineamientos establecidos en los términos contractuales y a las normas técnicas vigentes aplicables.

El Plan de Exploración Geotécnica presentado define el alcance, la metodología y los criterios técnicos para la ejecución de los estudios de suelos en el área del proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), así como para el interceptor y estación de bombeo, incluyendo la determinación del número y profundidad de los sondeos, la localización de los puntos de exploración, y la realización de los ensayos de campo y laboratorio necesarios para la adecuada caracterización geotécnica del sitio.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531
Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Lo anterior permitirá contar con información confiable para el análisis de condiciones del suelo y el posterior desarrollo de los diseños estructurales y civiles asociados a las obras proyectadas.

Al presente documento, se anexa:

- ESS-PR-117-INF PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA.PDF

Quedo atento a cualquier inquietud.

Cordialmente;



MANUEL SALAZAR CUEVAS.
Director de la consultoría de diseños.
Mail: gerenciatecnica@aquaplanetsas.com

CONTRATO No. CAR-CM-2857-2025

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO CON LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-1602-2025".

PLAN DE PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA

APULO, CUNDINAMARCA

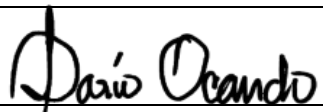
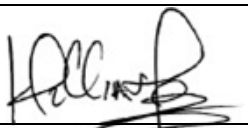
DICIEMBRE 2025

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

CONTROL DE CAMBIOS

Número de revisión		No.	
Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
1			

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Versión		V.1
Responsable por Elaboración Alternativas. **AquaPlanet Ingeniería S.A.S. – BIC**	Firma	
	Nombre	Ing. Darío Alfonso Ocando Sánchez Especialista en Geotecnia
	Firma	
	Nombre	Ing. Manuel Salazar Cuevas Director de Consultoría
Responsable de Revisó y Aprobó Interventoría	Firma	
	Nombre	Ing. William Alfonso Barajas Tibaduiza Especialista en Geotecnia
	Firma	
	Nombre	Ing. José Alejandro Ballén Suárez Director Interventoría
	Fecha	Diciembre 2025

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 11
2 OBJETIVOS 13
2.1 Objetivo General 13
2.2 Objetivos Específicos 13
3 MARCO NORMATIVO 14
3.1 Resolución 0330 de 2017 – Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) 14
3.2 Resolución 0799 de 2021 – Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) 14
3.3 Resolución 0661 de 2019 – Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) 15
3.4 Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente – NSR-10 (Título H) 15
3.5 Normas Técnicas de Ensayo y Control de Calidad 15
3.6 Normas Técnicas de la EAAB-ESP (como guía complementaria) 16
4 GENERALIDADES DEL PROYECTO 17
4.1 Localización 17
4.2 Descripción del proyecto 18
5 REVISIÓN DE ESTUDIOS DE REFERENCIA 30
5.1 Estudio geotécnico para la construcción de una placa en el municipio de Apulo 30
5.1.1 Prospección geotécnica y caracterización de los materiales 30
5.1.2 Parámetros de diseño y cálculos principales 31
5.2 Estudio de suelos para la construcción de dos tanques de almacenamiento y un paso elevado en el municipio de Apulo 32
5.2.1 Prospección geotécnica y caracterización de los materiales 32
5.2.2 Parámetros de diseño y cálculos principales 35
6 ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA 36
6.1 Formación lidita inferior (Ksli). 36
6.2 Formación Lidita Superior (K2l) 37
6.3 Depósitos de Terrazas Altas (Qta) 37
6.4 Depósitos de Terraza Alta y Baja 37
6.5 Depósitos de Terrazas Bajas (Qtb) 37
6.6 Depósito Aluvial Reciente (Q2al) 38

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

6.7 Depósitos Coluvial (Q2c) 38
7 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS 39
7.1 Formas Aluviales 40
7.2 Formas Coluviales 40
7.3 Formas de Montaña 40
7.4 Área Urbana 40
8 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA 41
8.1 Tipo de Perfil del Suelo 42
8.2 Parámetros del Sitio 43
9 CONDICIONES DE AMENAZA 45
9.1 Remoción en masa 45
10 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA 49
10.1 Métodos directos 49
10.2 Métodos indirectos 50
10.3 Ensayos de laboratorio 50
10.4 Selección de los métodos de investigación 50
10.4.1 Sondeos a percusión y ensayos de campo 51
10.4.2 Aplicaciones 52
10.4.3 Ventajas 53
10.4.4 Limitaciones 53
11 RECONOCIMIENTO DE CAMPO 54
11.1 Datos básicos de la visita 54
11.2 Metodología del reconocimiento 54
11.3 Observaciones detalladas por elemento 54
11.3.1 Predio destinado a la PTAR 55
11.3.2 Pozos y cámaras existentes 56
11.3.3 Vertimientos actuales (puntos identificados) 58
11.3.4 Zona general del proyecto (accesos, usos de suelo) 59
11.3.5 Río Apulo 60
11.3.6 Río Bogotá (sector de descarga final) 62

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

11.3.7 Observaciones geotécnicas preliminares (interpretación visual en campo) ... 63
11.3.8 Recomendaciones técnicas derivadas del reconocimiento ... 64
11.4 6.7 Conclusiones del reconocimiento de campo ... 64
12 CRITERIOS METODOLÓGICOS ... 65
12.1 Metodologías empleadas para determinar parámetros geotécnicos ... 65
12.1.1 Ensayo SPT ... 65
12.1.2 Corrección ensayo SPT ... 66
12.1.3 Parámetros de resistencia ... 67
12.1.4 Parámetros de compresión y deformabilidad ... 69
12.1.5 Fenómeno de licuación ... 71
12.1.6 Potencial de expansión ... 75
12.1.7 Falla de fondo ... 75
12.2 Metodologías para cimentaciones ... 76
12.2.1 Cimentaciones superficiales ... 76
12.3 Muros de estructuras de contención ... 78
12.3.1 Coeficientes de presión de tierras ... 78
12.3.2 Diseño de muros de contención ... 83
12.4 Metodologías para análisis de estabilidad ... 86
12.5 Cimentación de redes ... 87
12.5.1 Cargas en la tubería ... 87
12.5.2 Condiciones límite ... 90
13 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO ... 98
13.1 Número de sondeos y profundidad ... 98
13.2 Ensayos de laboratorio ... 100
13.2.1 LÍMITES DE ATTERBERG ... 100
13.2.2 GRANULOMETRÍA ... 101
13.2.3 HUMEDAD NATURAL ... 101
13.2.4 PESO UNITARIO TOTAL ... 101
13.2.5 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA ... 102
13.2.6 CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) ... 102

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13.2.7 CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL 102
13.2.8 COMPRESIÓN INCONFINADA 102
13.2.9 ENSAYOS DE CAMPO 103
14 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN 104
15 CONCLUSIONES Y PRINCIPALES OBSERVACIONES 107
15.1 Recomendaciones para la siguiente fase 110
16 BIBLIOGRAFÍA 111

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Resumen dimensiones de las estructuras que componen la PTAR 29
Tabla 5-1 Perfil estratigráfico del sondeo 1 30
Tabla 5-2 Perfil estratigráfico del sondeo 2 31
Tabla 5-3 Perfil estratigráfico del sondeo 3 31
Tabla 5-4 Parámetros de resistencia para diseño 32
Tabla 5-5 Perfil estratigráfico del sondeo 1 33
Tabla 5-6 Perfil estratigráfico del sondeo 2 33
Tabla 5-7 Perfil estratigráfico del sondeo 3 34
Tabla 5-8 Perfil estratigráfico del sondeo 4 34
Tabla 5-9 Perfil estratigráfico del sondeo 5 35
Tabla 5-10 Parámetros de resistencia para diseño 35
Tabla 8-1 Clasificación de los perfiles de suelo NSR-10 43
Tabla 8-2 Valores de coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro 44
Tabla 12-1 Categoría de suelos granulares según Terzaghi y Peck (1967) 65
Tabla 12-2 Consistencia de suelos finos y correlación aproximada con el número N60 de penetración estándar 65
Tabla 12-3 Relación entre la resistencia al corte no drenada (Su) y el ensayo de SPT. 69
Tabla 12-4 Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young (Es) en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT. 70
Tabla 12-5 Clasificación de suelos expansivos 75
Tabla 12-6 Condiciones de análisis – muros de contención 84
Tabla 12-7 Ancho mínimo de zanja en función del diámetro de la tubería y profundidad de la zanja 87
Tabla 12-8 Factores de impacto para vías pavimentadas 90
Tabla 12-9 Factores de impacto para vías no pavimentadas 90
Tabla 12-10 Condiciones límite a verificar según tipo de tubería 91
Tabla 12-11 Valores para el factor de soporte K 92
Tabla 12-12 Valores de factor combinado del suelo 93
Tabla 12-13 Expresiones para determinar la rigidez del anillo (Sp) 95

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-14 Módulo de elasticidad según material de tubería 96
Tabla 13-1 Características de los sondeos 99
Tabla 13-2 Cantidad de ensayos a ejecutar 103

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 4-1 Área de estudio 17
Ilustración 4-2 Esquema en planta - Pretratamiento 18
Ilustración 4-3 Esquema en perfil - Pretratamiento 19
Ilustración 4-4 Esquema en planta – Filtro percolador 19
Ilustración 4-5 Esquema en perfil – Filtro percolador 20
Ilustración 4-6 Esquema en planta – Caja de reciclo 20
Ilustración 4-7 Esquema en perfil – Caja de reciclo 21
Ilustración 4-8 Esquema en planta - Sedimentador 21
Ilustración 4-9 Esquema en perfil - Sedimentador 22
Ilustración 4-10 Esquema en planta – Tanque de cloración 22
Ilustración 4-11 Esquema en perfil – Tanque de cloración 23
Ilustración 4-12 Esquema en planta – Bombeo de lodos 23
Ilustración 4-13 Esquema en perfil – Bombeo de lodos 24
Ilustración 4-14 Esquema en planta – Lechos de secado 25
Ilustración 4-15 Esquema en perfil – Lechos de secado 25
Ilustración 4-16 Esquema en planta – Espesador de lodos 26
Ilustración 4-17 Esquema en planta - Biofiltro 26
Ilustración 4-18 Esquema en perfil - Biofiltro 27
Ilustración 4-19 Esquema en perfil - Cerramiento 27
Ilustración 4-20 Esquema en planta – Caseta de operaciones 28
Ilustración 4-21 Esquema en planta – Caseta planta eléctrica 28
Ilustración 6-1 Geología general en la zona de estudio 36
Ilustración 7-1 Geomorfología general en la zona de estudio 39
Ilustración 8-1 Clasificación zona de amenaza sísmica 41
Ilustración 8-2 Nivel de amenaza sísmica según el Servicio Geológico Colombiano 42
Ilustración 9-1 Mapa de amenaza por FRM y sucesos anteriores 45
Ilustración 9-2 Topografía del área de estudio 48
Ilustración 11-1 Vista general del predio destino PTAR 55
Ilustración 11-2 Detalle del terraplén 56

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 11-3 Pozo existente cercano al área de implantación 57
Ilustración 11-4 Pozo con acumulación de sedimentos/vegetación 57
Ilustración 11-5 Descarga directa al cauce 58
Ilustración 11-6 Foto general en la zona del proyecto 60
Ilustración 11-7 Vista del Río Apulo 61
Ilustración 11-8 Posible emplazamiento de paso elevado sobre Río Apulo 62
Ilustración 11-9 Vista del Río Bogotá en la zona de recepción de vertimientos 63
Ilustración 12-1 Curvas análisis de potencial de licuación en función de CSR y N1-60 74
Ilustración 12-2 Nomenclatura de ángulos empleada en el cálculo de los coeficientes de presión 78
Ilustración 12-3 Esquema general – Fuerzas presentes en el muro (condición estática) 80
Ilustración 12-4 Esquema general – Fuerzas presentes en el muro (condición pseudoestática) 83
Ilustración 13-1 Ubicación de los puntos de exploración - PTAR 100

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como propósito exponer el plan de investigación geotécnica necesario para el diseño de las estructuras y redes proyectadas en el municipio de Apulo, Cundinamarca. Este estudio constituye una etapa fundamental en la formulación del proyecto, al proporcionar información precisa sobre las condiciones del subsuelo en el área de estudio para la implantación de obras, lo cual permite adoptar soluciones de ingeniería seguras, eficientes y acordes con las características geotécnicas del terreno y poder evaluar su comportamiento ante las diferentes cargas a las que va a estar sometido.

El proyecto se ubica en un entorno urbano e industrial, atravesando sectores con cambios geológicos y geomorfológicos representando variaciones en los materiales presentes en el subsuelo. Por lo anterior, el levantamiento de información de campo mediante sondeos directos y ensayos in situ, así como el análisis de laboratorio de testigos recuperados durante la campaña de exploración, es clave para definir los parámetros necesarios para el diseño estructural y constructivo de las obras civiles proyectadas.

El actual documento contiene la descripción del plan de prospección del subsuelo planteada para adelantar el estudio geotécnico y las recomendaciones que se consideren pertinentes de la disciplina de geotecnia teniendo en cuenta el tipo de obras proyectadas y la experiencia del especialista encargado. El plan de prospección se basa en la siguiente información previa de la zona de estudio.

- Condiciones sísmicas del proyecto.
- Aspectos geológicos de la zona de estudio.
- Aspectos geomorfológicos de la zona de estudio.
- Profundidad estimada de cimentación de estructuras y redes proyectadas.
- Longitud de los tramos de estudio.
- Identificación de estructuras para un correcto análisis de información y poder definir el plan de prospección geotécnica.

Se destaca que el proyecto y la campaña de exploración se ciñe a los siguientes marcos normativos de referencia:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Gestión del riesgo de desastres: (Ley 1523 de 2012) Estudios Básicos de Gestión del Riesgo.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Resolución 0330 de 2017 y Resolución 799 de 2021 del MVCT, o aquel que lo modifique y/o adicione).
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y su modificación Decreto 1711 de 2021.
- Normas y Especificaciones Técnicas de la EAAB-ESP (No vinculante).

Este documento describe el alcance del estudio, la metodología a emplear en la campaña de prospección, la justificación técnica de la ubicación de los puntos de exploración y las recomendaciones para la etapa de diseño y ejecución de obras.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Realizar la prospección geotécnica del área de estudio con el fin de identificar, caracterizar y evaluar las condiciones geológicas y geotécnicas del subsuelo, proporcionando la información necesaria para el diseño, la planificación y la construcción segura y eficiente del proyecto.

2.2 Objetivos Específicos

- Reconocer las condiciones geológicas del sitio, incluyendo litología, estructura geológica, nivel freático y procesos geodinámicos activos o potenciales que puedan afectar la construcción y operación del proyecto.
- Ejecutar las actividades de exploración directa e indirecta (si se considera conveniente) para obtener información confiable del subsuelo.
- Obtener muestras de suelo y roca (en caso de identificar) para la ejecución de ensayos de laboratorio y clasificación de materiales.
- Realizar ensayos in situ y de laboratorio como SPT, granulometría, límites de consistencia, corte directo, consolidación unidimensional u otros ensayos que se consideren convenientes y relevantes para el presente proyecto para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales.
- Establecer conclusiones técnicas basadas en la integración de la información geológica e información secundaría que se consideró para la definición del plan de prospección.
- Determinar cantidad y profundidad necesaria para dar cumplimiento a la normativa vigente y a una buena práctica en la ingeniería geotécnica que permita definir los horizontes litológicos teniendo en cuenta las condiciones específicas y requerimientos del presente proyecto.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

3 MARCO NORMATIVO

El presente diagnóstico geotécnico se fundamenta en el cumplimiento de la normativa técnica y legal vigente en Colombia para la ejecución de estudios de suelos y obras de infraestructura sanitaria. A continuación, se relacionan las principales disposiciones aplicables:

3.1 Resolución 0330 de 2017 – Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)

"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS".

Establece los lineamientos técnicos y metodológicos que deben cumplir los estudios, diseños y construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado. En materia geotécnica, se aplican especialmente los Títulos A, B, E, G y K, que definen los requisitos mínimos para:

- Elaboración y contenido de los estudios de suelos.
- Evaluación de condiciones geotécnicas y de estabilidad del terreno.
- Criterios para el diseño y construcción de estructuras hidráulicas, enterradas y de soporte.
- Procedimientos de control de calidad de materiales y obras civiles.

3.2 Resolución 0799 de 2021 – Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)

"Por la cual se modifica y adiciona la Resolución 0330 de 2017".
Actualiza y complementa los requisitos técnicos del RAS, incorporando precisiones en materia de estudios geotécnicos, análisis de amenazas naturales y gestión del riesgo, así como la obligación de integrar los resultados geotécnicos dentro del proceso de planeación, diseño y construcción de las infraestructuras sanitarias.

En el marco del presente proyecto, esta resolución define los parámetros técnicos que orientan la investigación geotécnica y la evaluación del comportamiento del subsuelo en los sitios donde se proyectan las estructuras principales (interceptores, cámaras, tanques y unidades de la PTAR).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

3.3 Resolución 0661 de 2019 – Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)

"Por la cual se aclaran y complementan aspectos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS".

Esta norma precisa las condiciones para la ejecución de estudios técnicos dentro de los proyectos de acueducto y alcantarillado, incluyendo requerimientos mínimos para la caracterización geotécnica de los sitios de emplazamiento de las obras, criterios de exploración del subsuelo y pautas para la interpretación y documentación de resultados.

3.4 Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente – NSR-10 (Título H)

Adoptada mediante el Decreto 926 de 2010 y sus actualizaciones, esta norma establece los criterios para la clasificación de los suelos y la determinación de parámetros sísmicos locales, los cuales deben considerarse en el diseño de las estructuras del proyecto.

En el presente diagnóstico, la NSR-10 se toma como referencia para:

- Clasificación del perfil de suelo según el ensayo SPT.
- Determinación de los parámetros sísmicos de sitio (Aa, Av, Fa, Fv).
- Definición del tipo de amenaza sísmica del municipio de Apulo.
- Lineamientos generales para el diseño de cimentaciones en zonas de amenaza sísmica intermedia.

3.5 Normas Técnicas de Ensayo y Control de Calidad

Para la ejecución de los ensayos y determinación de parámetros geotécnicos, se consideran las siguientes normas:

- Normas INVIAS (INV-E): aplicables a la caracterización física y mecánica de suelos y materiales de construcción (granulometría, límites de Atterberg, compactación, CBR, permeabilidad, resistencia al corte, etc.).
- Normas ASTM (American Society for Testing and Materials): referenciales para ensayos de laboratorio e interpretación de resultados en estudios de suelos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Cartilla Colombiana de Puentes – CCP-14 (INVIAS, 2018): referencia para la interacción suelo–estructura y criterios de diseño de cimentaciones superficiales y profundas en obras de infraestructura como pasos elevados o puentes.

3.6 Normas Técnicas de la EAAB-ESP (como guía complementaria)

Aunque no de aplicación obligatoria fuera de Bogotá, las Normas Técnicas de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP, en especial las relacionadas con geotecnia, estructuras enterradas, cimentaciones y estabilidad de taludes, se toman como referencia técnica para establecer criterios de diseño, especificaciones de calidad y metodologías de análisis.

Estas normas incluyen, entre otras:

- NS-019 Excavaciones en zanja. Versión 2,5
- NS-035 Requerimientos para diseño de cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado . Versión 4
- NS-069 Manejo de aguas en actividades de construcción y mantenimiento de redes. Versión 1,3
- NS-072 Entibados y tablestacados . Versión 3
- NS-090 Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado. Versión 3,1
- NS-010 Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos. Versión 4
- NP-040 Rellenos. Versión 7.

En conjunto, estas normas y disposiciones aseguran que el estudio geotécnico se elabore bajo los principios de seguridad estructural, estabilidad del terreno, funcionalidad y sostenibilidad ambiental, garantizando la validez técnica y jurídica de los resultados que servirán de soporte para la siguiente fase del proyecto.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

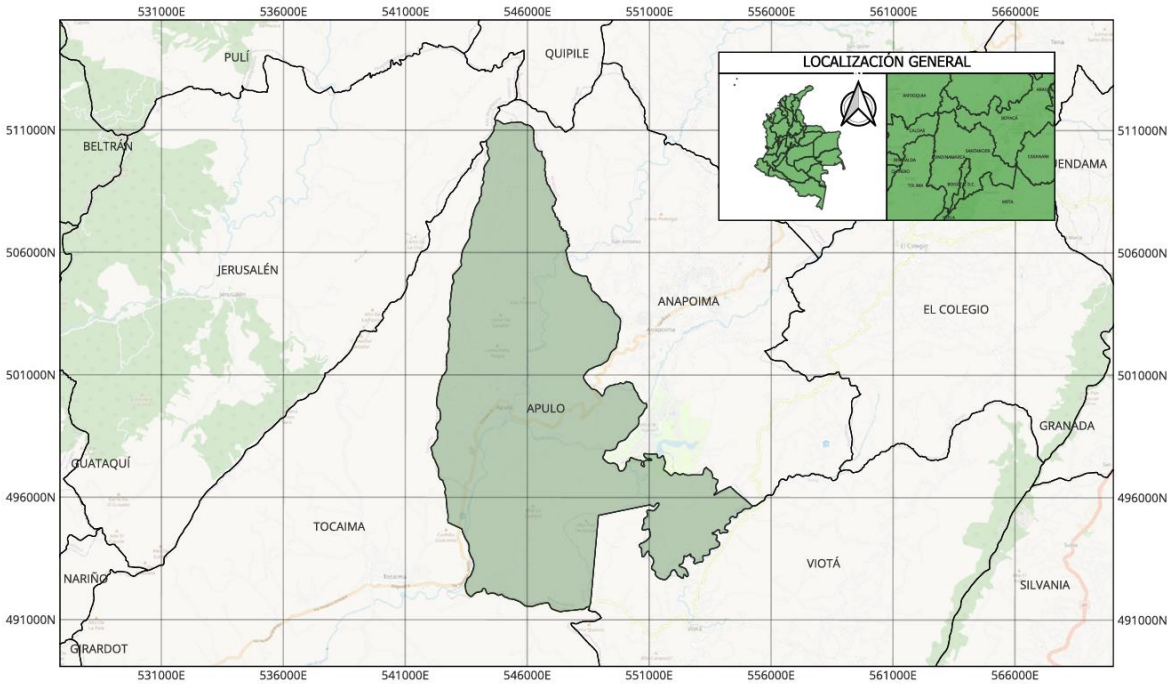
4 GENERALIDADES DEL PROYECTO

4.1 Localización

El área objeto de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Apulo del departamento de Cundinamarca con coordenadas geográficas de Latitud 4° 31’ 15’’ y Longitud 74° 35’ 55’’ del meridiano de Greenwich, a una altitud con respecto al mar de 420 m y una densidad poblacional de 83 habitantes por kilómetro cuadrado, sus límites son:

- Norte: Anapoima
- Sur: Tocaima
- Este: Anapoima
- Oeste: Tocaima

Ilustración 4-1 Área de estudio



Fuente: Estudio de referencia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

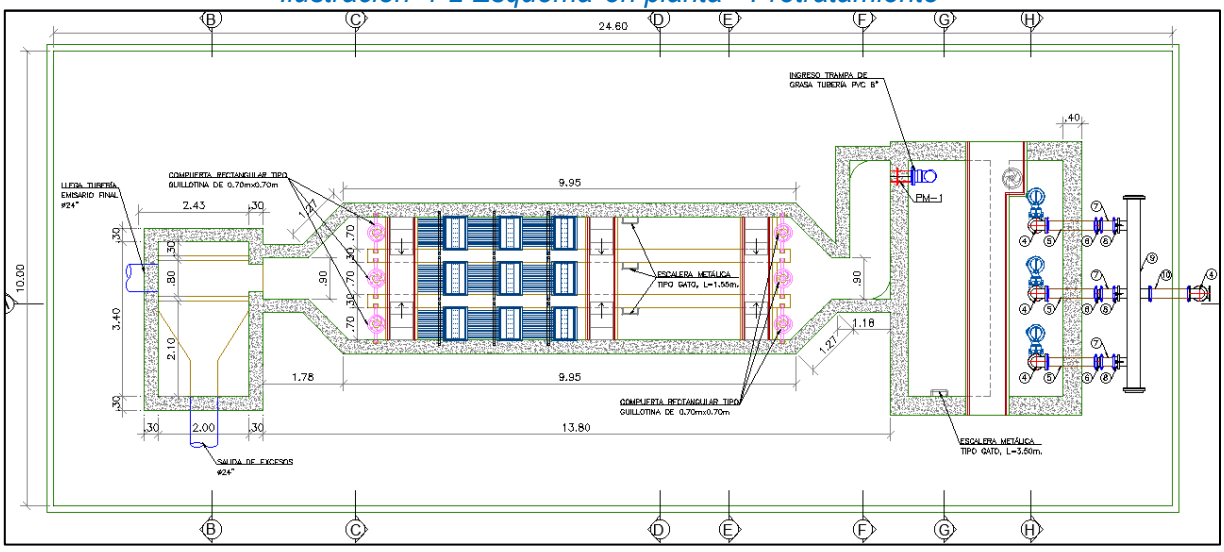
4.2 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la realización de los estudios geotécnicos y la elaboración de recomendaciones geotécnicas necesarias para el desarrollo y ejecución de las obras previstas en el municipio de Apulo, Cundinamarca. Estos estudios permitirán caracterizar las condiciones del subsuelo y servirán como base técnica para orientar el diseño de las obras proyectadas, garantizando soluciones de ingeniería seguras y acordes con el comportamiento esperado de los materiales presentes en el área.

A continuación, se presenta un esquema en planta y perfil de las estructuras que componen la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) proyectada, mientras que, en la siguiente tabla se presentan las dimensiones de cada una de las estructuras.

- Estructura preliminar y bombeo inicial

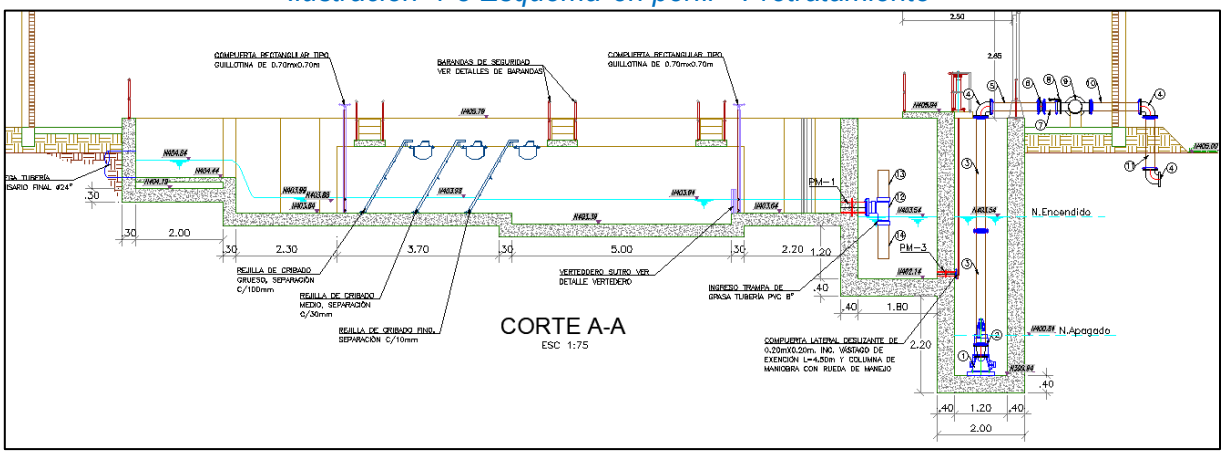
Ilustración 4-2 Esquema en planta - Pretratamiento



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

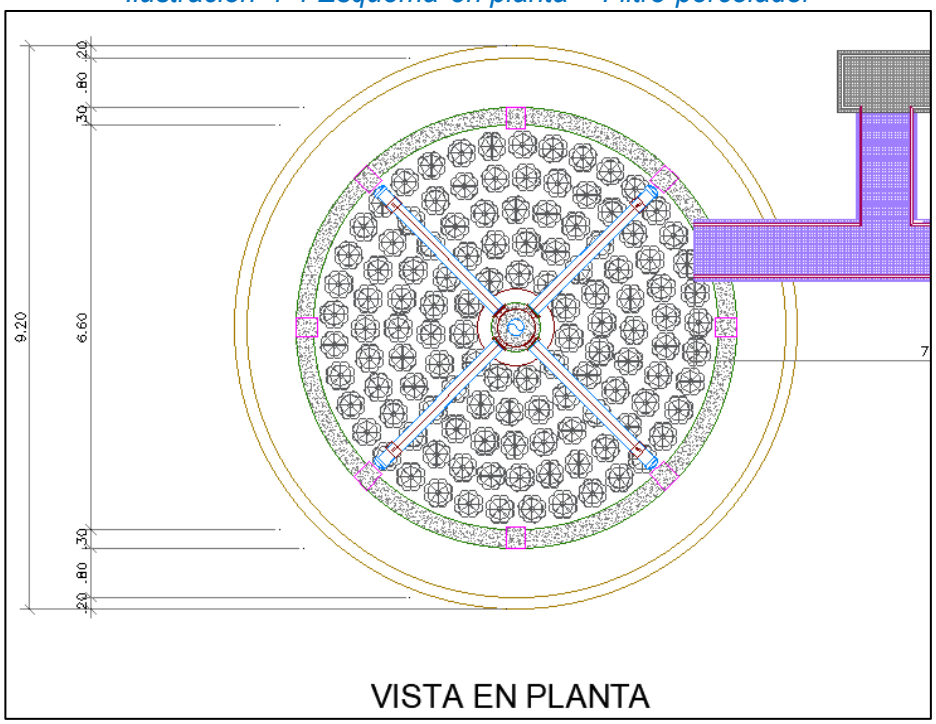
Ilustración 4-3 Esquema en perfil - Pretratamiento



Fuente: Propia

- Filtro percolador

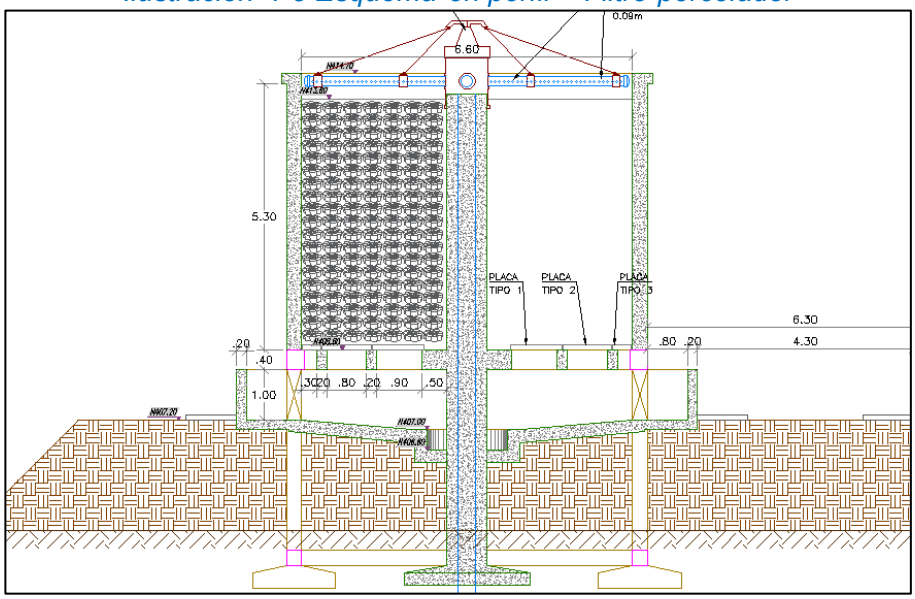
Ilustración 4-4 Esquema en planta – Filtro percolador



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

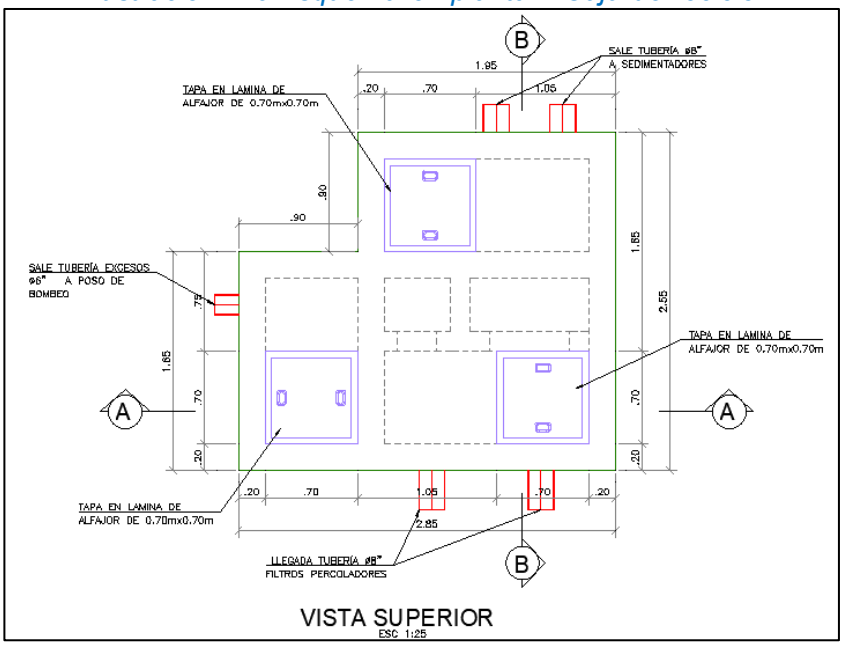
Ilustración 4-5 Esquema en perfil – Filtro percolador



Fuente: Propia

- Caja de reciclo

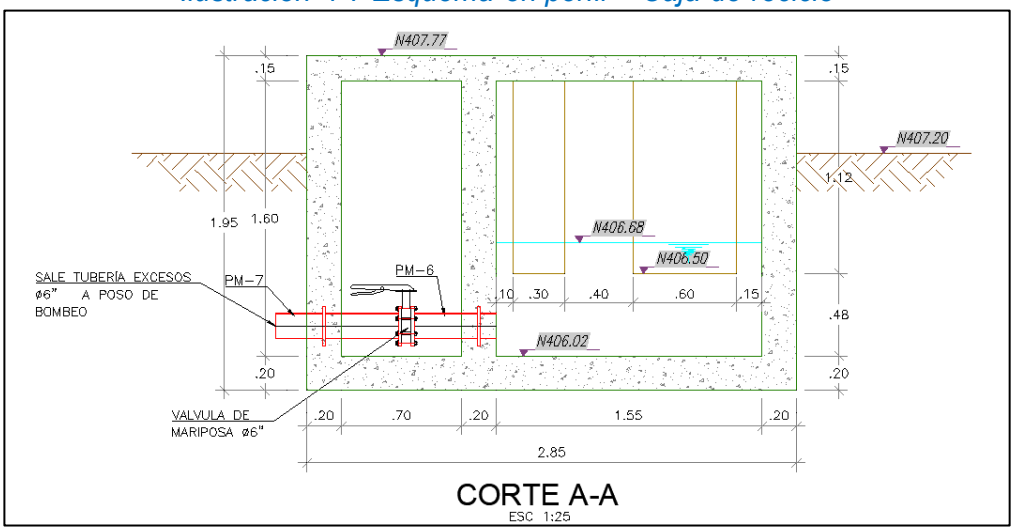
Ilustración 4-6 Esquema en planta – Caja de reciclo



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

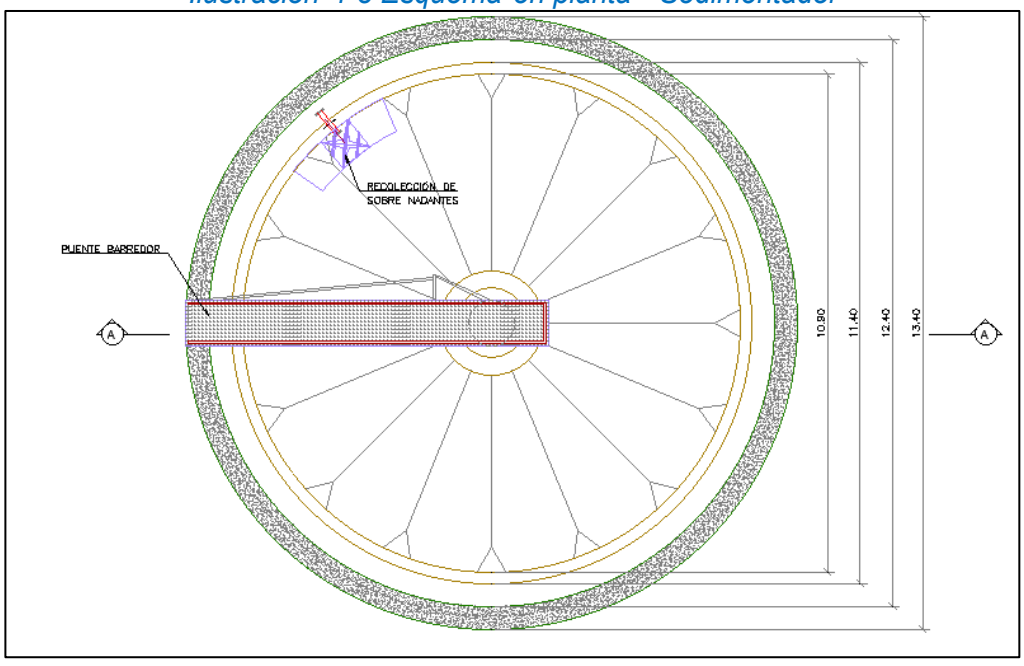
Ilustración 4-7 Esquema en perfil – Caja de reciclo



Fuente: Propia

- Sedimentador

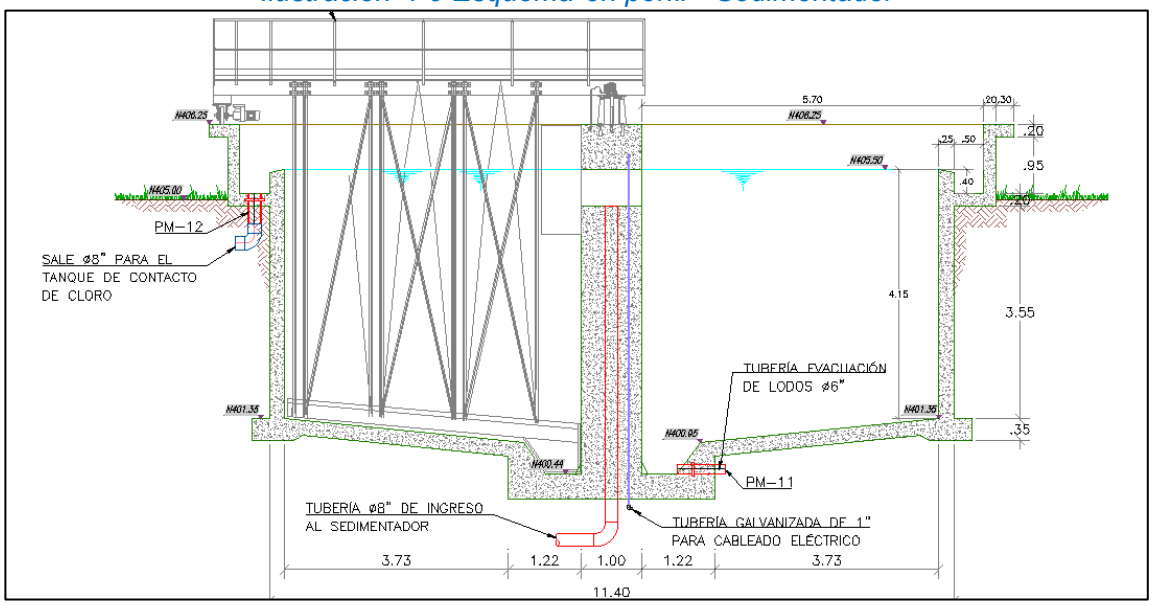
Ilustración 4-8 Esquema en planta - Sedimentador



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

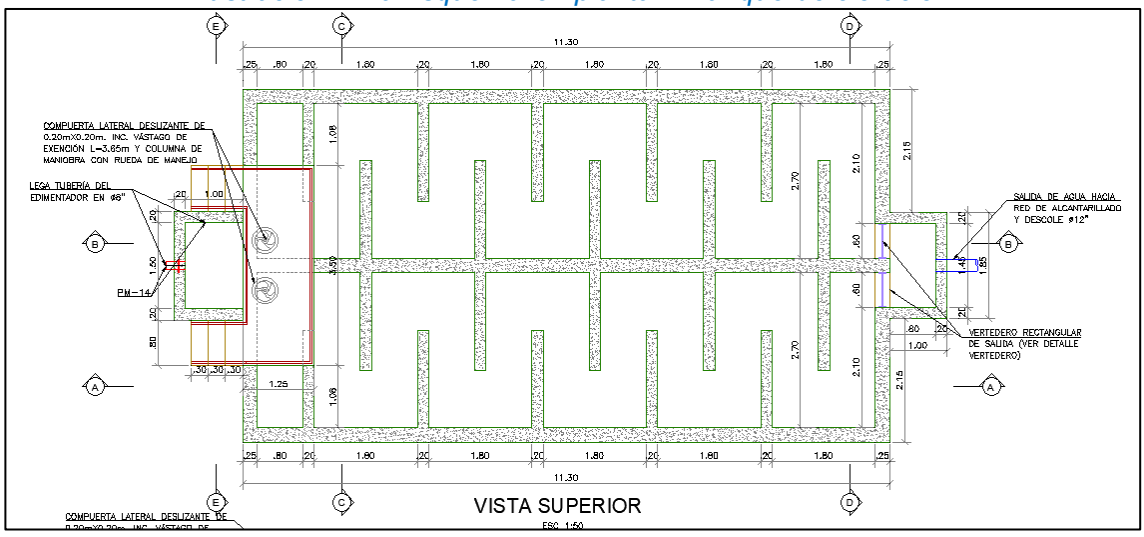
Ilustración 4-9 Esquema en perfil - Sedimentador



Fuente: Propia

- Tanque de cloración

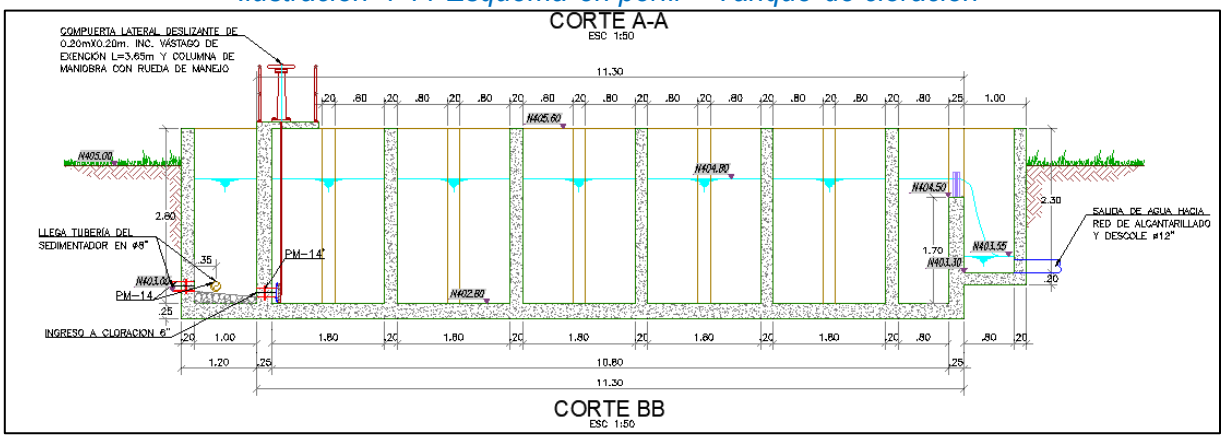
Ilustración 4-10 Esquema en planta – Tanque de cloración



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

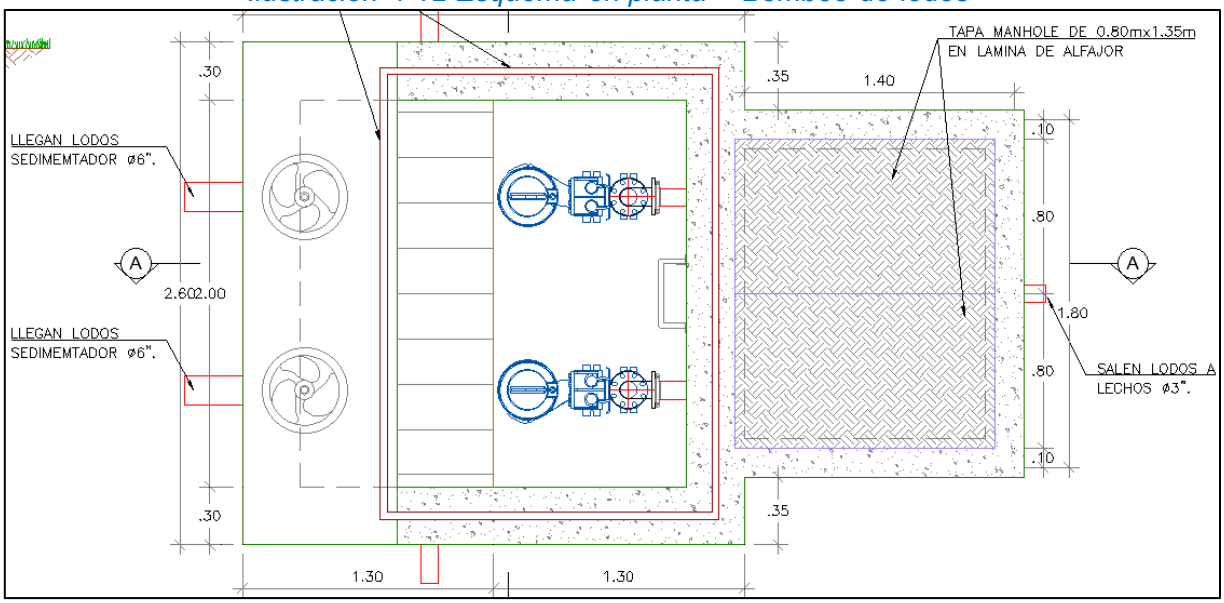
Ilustración 4-11 Esquema en perfil – Tanque de cloración



Fuente: Propia

- Bombeo de lodos

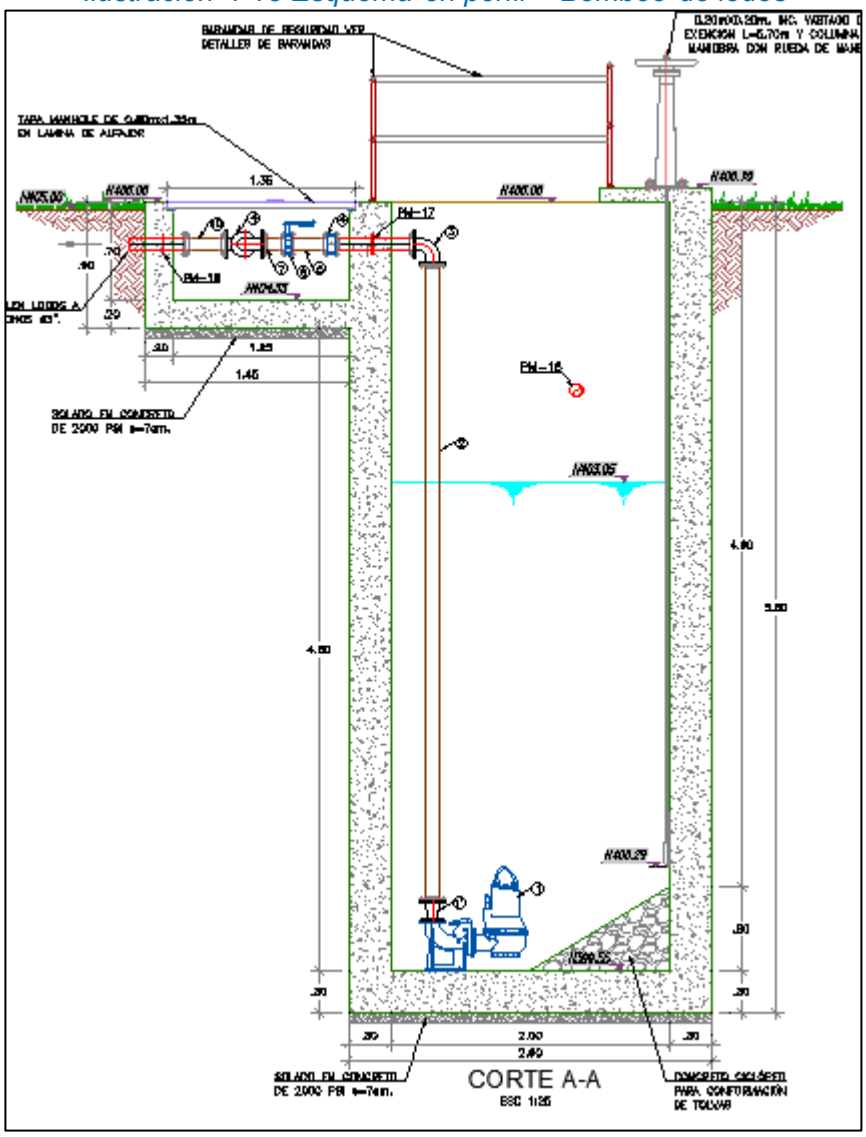
Ilustración 4-12 Esquema en planta – Bombeo de lodos



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 4-13 Esquema en perfil – Bombeo de lodos

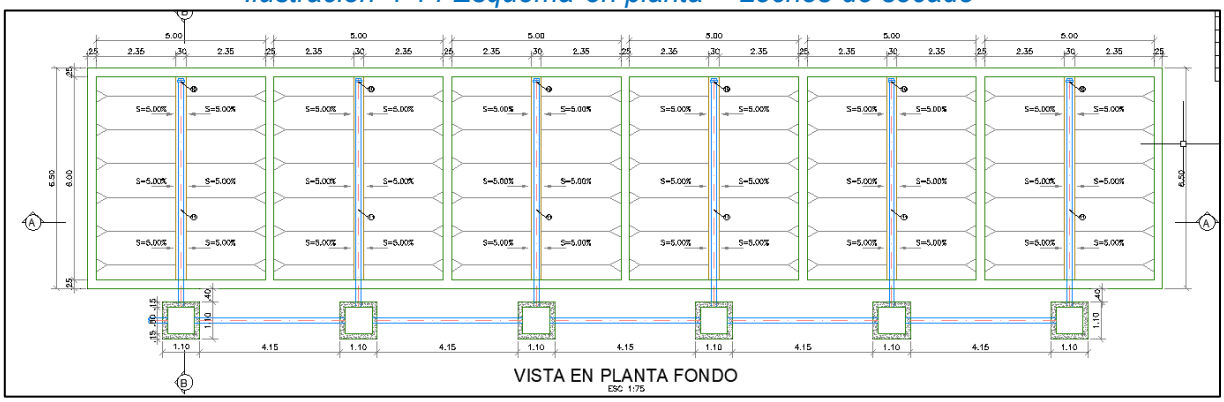


Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

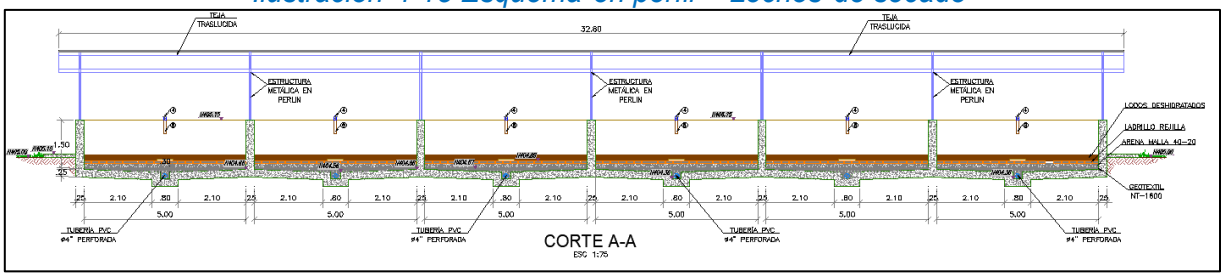
- Lechos de secado

Ilustración 4-14 Esquema en planta – Lechos de secado



Fuente: Propia

Ilustración 4-15 Esquema en perfil – Lechos de secado

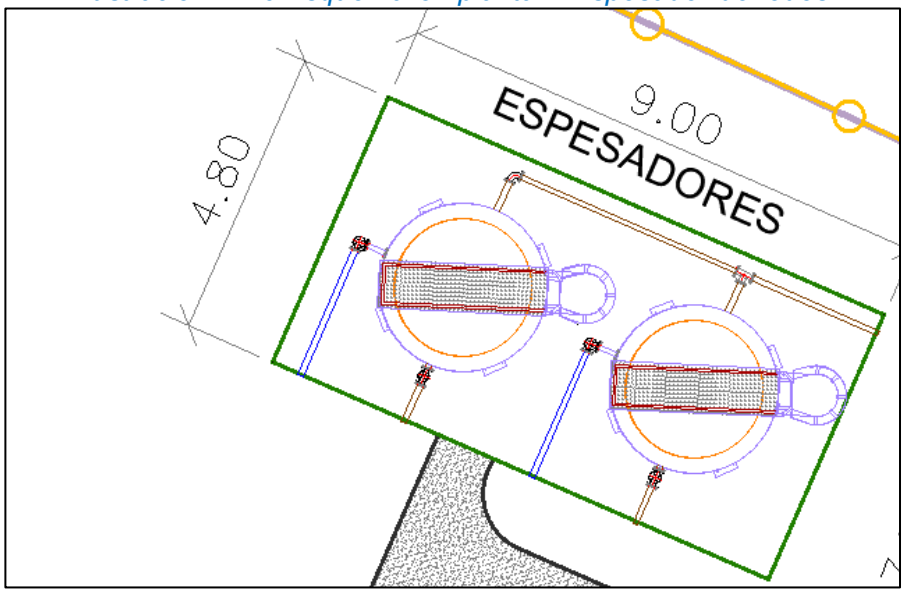


Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Espesador de lodos

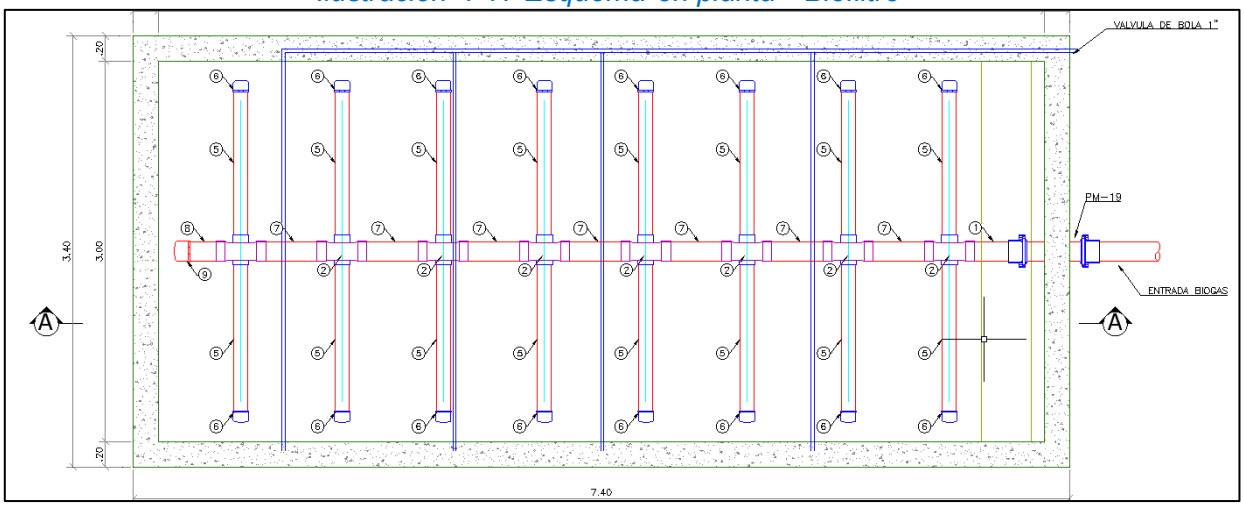
Ilustración 4-16 Esquema en planta – Espesador de lodos



Fuente: Propia

- Biofiltro

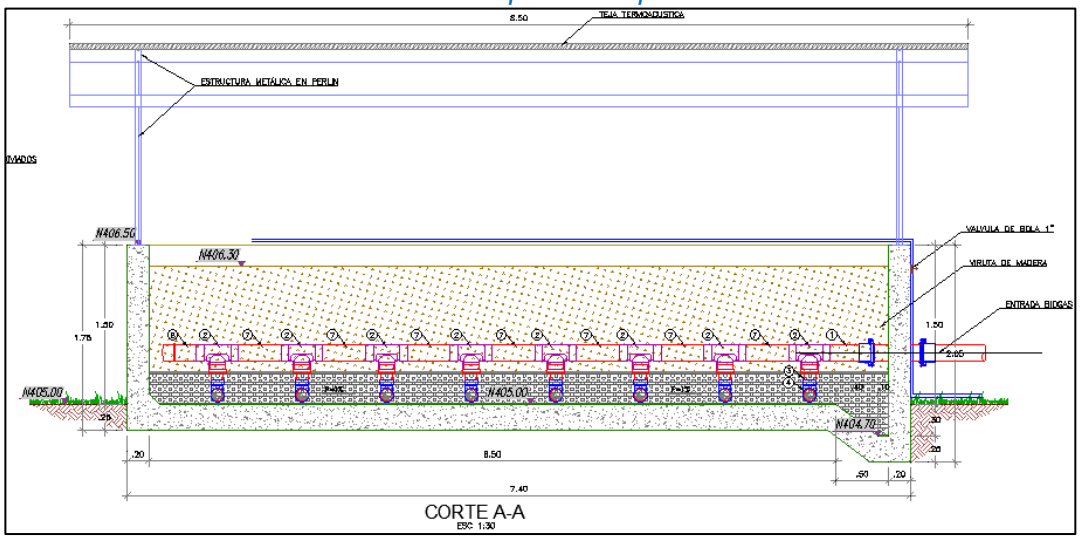
Ilustración 4-17 Esquema en planta - Biofiltro



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

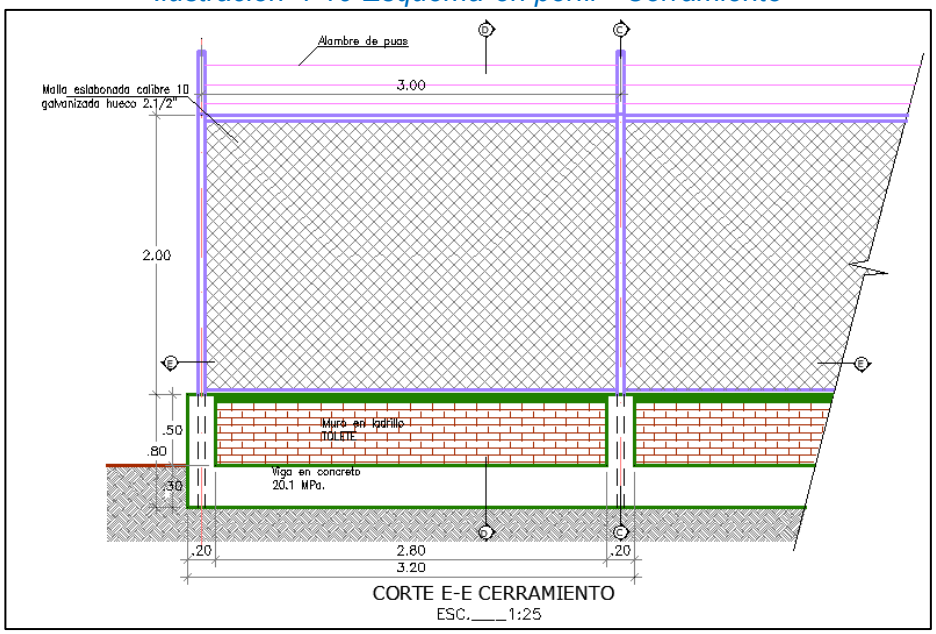
Ilustración 4-18 Esquema en perfil - Biofiltro



Fuente: Propia

- Cerramiento

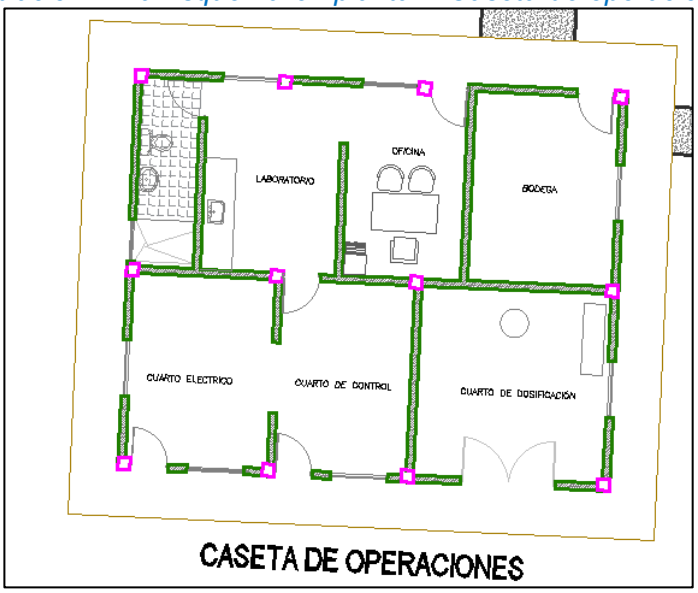
Ilustración 4-19 Esquema en perfil - Cerramiento



Fuente: Propia

- Caseta de operaciones

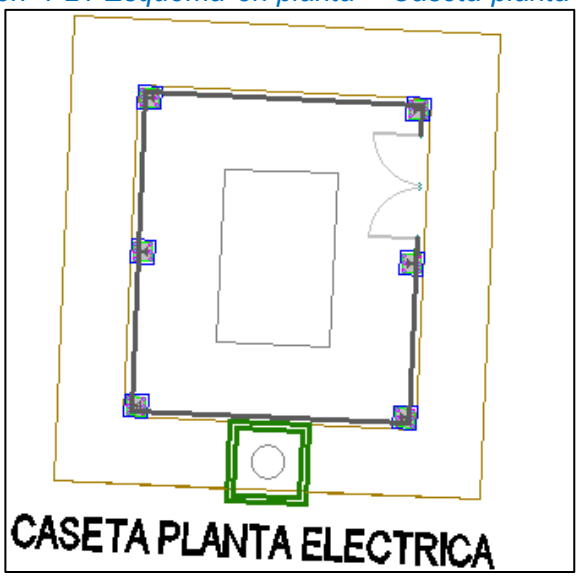
Ilustración 4-20 Esquema en planta – Caseta de operaciones



Fuente: Propia

- Caseta planta eléctrica

Ilustración 4-21 Esquema en planta – Caseta planta eléctrica



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 4-1 Resumen dimensiones de las estructuras que componen la PTAR

Estructura	Dimensiones (m)		
	Base	Largo	Df
Preliminar y bombeo inicial	6.00	20.60	Var. 1.55 - 5.90
Filtro percolador	Diámetro = 9.20		0.85
Caja de reciclo	2.55	2.85	1.38
Sedimentador	Diámetro = 13.40		4.98
Tanque de cloración	6.15	11.30	2.45
Bombeo de lodos	2.60	4.00	5.75
Lechos de secado	6.50	31.75	0.89
Espesador de lodos	9.00	4.80	1.50
Biofiltro	3.40	7.40	0.25
Cerramiento	0.30	0.30	0.30
Caseta de operaciones	1.50	1.50	1.50
Caseta planta eléctrica	1.00	1.00	1.00

Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

5 REVISIÓN DE ESTUDIOS DE REFERENCIA

5.1 Estudio geotécnico para la construcción de una placa en el municipio de Apulo

En el estudio realizado por GeoTECHNICAL S.A.S. en el año 2017 para la construcción de una planta de tratamiento de agua potable con objeto "ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA PARA UNA PTAP, UBICADO EN LA VEREDA NARANJAL, CHARCOLARGO Y SALCEDO, MUNICIPIO DE APULO, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA", se observaron los siguientes aspectos de interés geotécnico y que pueden contribuir a un diagnóstico y definición preliminar del presente proyecto.

5.1.1 Prospección geotécnica y caracterización de los materiales

En el estudio de referencia, se ejecutaron un total de 3 sondeos a 6.0 metros de profundidad con equipo manual realizando ensayos de SPT hasta alcanzar un rechazo del material a los 2.50 metros en promedio, indicando que se presentan suelos consolidados o la presencia de un material rocoso a partir de esta profundidad. Los perfiles estratigráficos definidos en el estudio se presentan a continuación.

Tabla 5-1 Perfil estratigráfico del sondeo 1

PERFIL ESTATIGRAFICO 1	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 10.05%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 5-2 Perfil estratigráfico del sondeo 2

PERFIL ESTATIGRAFICO 2	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 8.85%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

Tabla 5-3 Perfil estratigráfico del sondeo 3

PERFIL ESTATIGRAFICO 3	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 8.51%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

5.1.2 Parámetros de diseño y cálculos principales

Para el cálculo de parámetros en el informe de referencia, se tuvo en cuenta los valores obtenidos del SPT y se realizaron las respectivas correcciones por energía, peso, etc obteniendo valores de N60 promedio de 26 golpes/pie, adicionalmente, se evidencia el uso de la metodología de González para el cálculo de los parámetros de resistencia. Los parámetros obtenidos se presentan en la siguiente tabla tomada del informe de referencia. Adicionalmente, se tuvo en cuenta un módulo de elasticidad promedio del material de 9546.8 kPa.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 5-4 Parámetros de resistencia para diseño

Material	Parámetro	Valor
Grava limosa con arena	Densidad promedio :	1.83 t/m^3
	Cohesión:	3.2 t/m^2
	Ángulo de fricción:	28°

Fuente: Estudio de referencia

Estos parámetros fueron utilizados para el cálculo de capacidad portante a una profundidad de desplante de 0.5 metros obteniendo así, una capacidad admisible del material de fundación de 9.0 ton/m2, se considera que este valor de capacidad es acorde al tipo de materiales identificados en el sector de estudio. Adicionalmente, en el informe de referencia se presenta un cálculo de asentamientos elásticos de 3.23 cm.

5.2 Estudio de suelos para la construcción de dos tanques de almacenamiento y un paso elevado en el municipio de Apulo

En el estudio realizado por GeoTECHNICAL S.A.S. en el año 2017 para la construcción de dos tanques de almacenamiento de agua potable y un paso elevado con objeto “ESTUDIO DE SUELOS, RECOMENDACIONES Y DISEÑO DE DOS TANQUES Y UN PASO ELEVADO, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE APULO EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA” se observaron los siguientes aspectos de interés geotécnico y que pueden contribuir a un diagnóstico y definición preliminar del presente proyecto.

5.2.1 Prospección geotécnica y caracterización de los materiales

En el estudio de referencia, se ejecutaron un total de 5 sondeos a 6.0 metros de profundidad con equipo manual realizando ensayos de SPT con recobro de muestras cada 1.50 metros con el fin de realizar ensayos de laboratorio y poder caracterizar los materiales en las áreas de proyección de obras. De los sondeos ejecutados, 3 se destinaron para la construcción de los tanques y 2 sondeos para el paso elevado, uno a cada lado de dicho paso, a partir de los 2.1 metros de profundidad en promedio, el material presenta rechazo en el ensayo SPT, indicando que se presentan suelos consolidados o la presencia de un material rocoso a partir de esta profundidad. Los perfiles estratigráficos definidos en el estudio se presentan a continuación.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 5-5 Perfil estratigráfico del sondeo 1

PERFIL ESTATIGRAFICO 1	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 10.05%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

Tabla 5-6 Perfil estratigráfico del sondeo 2

PERFIL ESTATIGRAFICO 2	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 8.85%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 5-7 Perfil estratigráfico del sondeo 3

PERFIL ESTATIGRAFICO 3	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 8.51%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

Tabla 5-8 Perfil estratigráfico del sondeo 4

PERFIL ESTATIGRAFICO 4	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa color café con trazos de arena de grano medio, grueso y fino** Este estrato presenta una humedad natural de 2.83%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 5-9 Perfil estratigráfico del sondeo 5

PERFIL ESTATIGRAFICO 5	
PROFUNDIDAD	**DESCRIPCIÓN**
0.00 a 1.50 m	**Material limo arenoso color café con presencia de aluvial**
1.50 a 2.10 m	**Grava limosa con arena de grano fino color café, con trazos de arena de grano medio y grueso** Este estrato presenta una humedad natural de 3.34%, no se presenta límite líquido, ni límite plástico, ni índice de plasticidad. Se clasifica como GM, según USC
2.10 a 6.00 m	**Grava limosa no consolidada y densa**

Fuente: Estudio de referencia

5.2.2 Parámetros de diseño y cálculos principales

Para el cálculo de parámetros en el informe de referencia, se tuvo en cuenta los valores obtenidos del SPT y se realizaron las respectivas correcciones por energía, peso, etc obteniendo valores de N60 promedio de 26 golpes/pie, adicionalmente, se evidencia el uso de la metodología de González para el cálculo de los parámetros de resistencia. Los parámetros obtenidos se presentan en la siguiente tabla tomada del informe de referencia. Adicionalmente, se tuvo en cuenta un módulo de elasticidad promedio del material de 9546.8 kPa.

Tabla 5-10 Parámetros de resistencia para diseño

Material	Parámetro	Valor
Grava limosa con arena	Densidad promedio :	1.863 t/m^3
	Cohesión:	3.0 t/m^2
	Ángulo de fricción:	33°

Fuente: Estudio de referencia

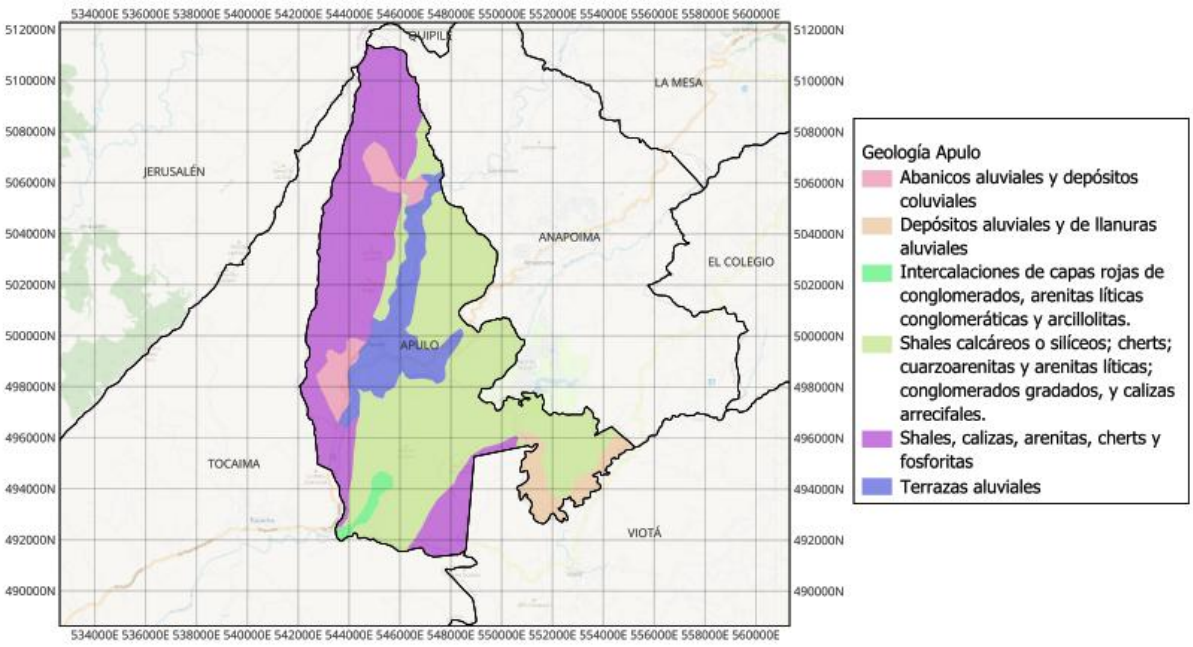
Estos parámetros fueron utilizados para el cálculo de capacidad portante a una profundidad de desplante de 3.0 metros obteniendo así, una capacidad admisible del material de fundación de 38 ton/m2, se considera que este valor de capacidad es acorde al tipo de materiales identificados en el sector de estudio y teniendo en cuenta la profundidad de desplante de la estructura en el proyecto de referencia, la estructura estaría apoyada sobre el material de alta densidad y, por lo tanto, se obtiene una capacidad admisible elevada. Adicionalmente, en el informe de referencia se presenta un cálculo de asentamientos elásticos de 4.85 cm.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

6 ASPECTOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA

El municipio de Apulo se encuentra situado geológicamente en la interface de los Valles Medio y Superior del Río Magdalena y litológicamente está constituida por rocas sedimentarias marinas y continentales, con edades comprendidas entre el Cretácico Superior y Cuaternario.

Ilustración 6-1 Geología general en la zona de estudio



Fuente: Propia

En cuanto a la litología del municipio, existe una variedad significativa de rocas, siendo predominantes las arcillas, las areniscas calcáreas y los shales con intercalaciones de Cherts y Calizas.

6.1 Formación lidita inferior (Ksli).

Litológicamente la formación lidita inferior está conformada por una sucesión de limolitas de cuarzo. Con Foraminíferos y Biomicritas, que parten en romboedros y tienen laminación interna ondulosa no paralela. Presenta, además, concreciones calcáreas, fosilíferas y esporádicas intercalaciones de capas de lodolitas, el espesor medido para esta unidad oscila entre 120 m y 150 m. El contacto superior igualmente es concordante y se colocó en el techo

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

de la capa más alta de chert, la cual infrayace a una sucesión de lodolitas silíceas y calcáreas. El contacto inferior de la unidad es concordante y se colocó en la base de la capa más baja de chert, la cual suprayace a una secuencia espesa de lodolitas laminadas grises oscuros.

6.2 Formación Lidita Superior (K2l)

Litológicamente, está constituida por una secuencia de arcillolitas silíceas, dispuestas en capas delgadas; con intercalaciones de limolitas, arcillolitas, chert y areniscas de grano muy fino, en capas delgadas. La unidad se depositó en un ambiente marino poco profundo de aguas tranquilas y su edad es Santoniano. El espesor de la unidad para la zona noreste de la sabana es de 192 m (Montoya y Reyes, 2003). El contacto superior de la formación, y por consiguiente del grupo Olini, es concordante y se trazó en el techo de la capa más alta de liditas.

6.3 Depósitos de Terrazas Altas (Qta)

Estos depósitos presentan una morfología plana formando terrazas altas. Con respecto al nivel actual de inundación y al nivel de las terrazas bajas, están conformadas por sedimentos conglomeráticos hasta bloques subangulares a subredondeados. Distribuidos heterogéneamente en una matriz areno-arcillosa lenticular. Las partículas presentan contacto con cierto nivel de cementación, lo cual permite que se generen taludes de alta pendiente y que se presenten materiales de textura y tamaños diferentes embebidos en la matriz fina.

6.4 Depósitos de Terraza Alta y Baja

Estos depósitos afloran en su gran mayoría en la cuenca baja, corresponden con niveles de antiguas terrazas alta y baja. Que conforman las zonas planas de la parte baja de la cuenca, se encuentran asociadas al río Bogotá, son de extensiones limitadas y se encuentran sobre unidades neógenas.

6.5 Depósitos de Terrazas Bajas (Qtb)

Este nivel de terraza está constituido por cantos y bloques, subredondeados a redondeados, de areniscas, que abarcan áreas muy extensas. En su gran mayoría en la cuenca baja del río Bogotá. Los contactos de estos depósitos son en general horizontales y presentan moderada cementación entre partículas. Los contactos estratigráficos son netamente discordantes.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

6.6 Depósito Aluvial Reciente (Q2al)

Ocurren localmente y se encuentran localizados a lo largo de los drenajes del área, presentan material no consolidado, arenoso y limoso con escasas barras de gravas. Las arenas son de granulometría variable, desde gravas hasta cantos y bloques. Los contactos con el material subyacente son predominantemente horizontales. Los contactos estratigráficos son netamente discordantes.

6.7 Depósitos Coluvial (Q2c)

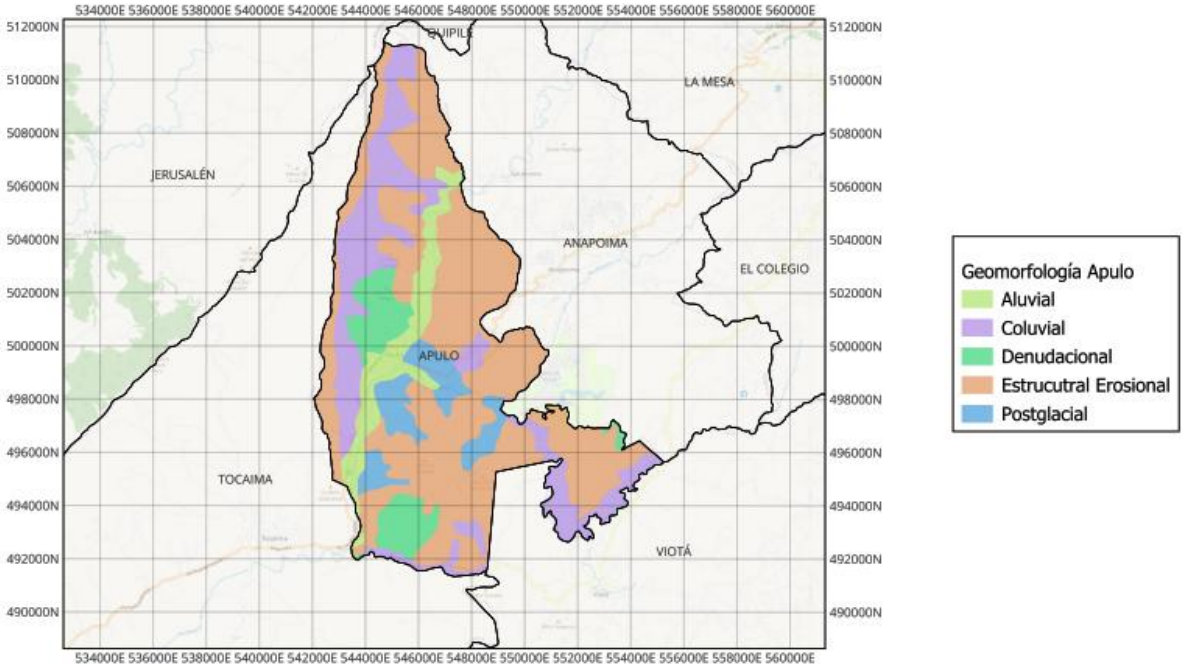
Corresponden con antiguos depósitos de flujos estabilizados y flujos activos. Se presentan dispersos a lo largo de la cuenca, se encuentran asociados a las laderas de los principales drenajes y se extienden a lo largo de la cuenca como pequeños cuerpos de roca. Se componen de fragmentos de roca de cantos, bloques, guijos y gravas de areniscas en una matriz areno-arcillosa. En general, presentan una marcada diferencia en textura y composición con el material subyacente y el contacto ocurre a lo largo de la pendiente. Esta superficie de contacto genera discontinuidad hidráulica y en muchos casos actúa como superficie de deslizamiento para nuevos procesos. El contacto es totalmente discordante.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Las formas geomorfológicas que presenta el Municipio incluyen desde paisajes de montaña con relieve quebrado o escarpado, valles aluviales de topografía plana, hasta formas de colina a relieve ondulado; predominan las formas de colinas, especialmente las laderas con influencia coluvial y otras formas de montaña y aluviales.

Ilustración 7-1 Geomorfología general en la zona de estudio



Fuente: Propia

Los suelos de formas aluviales son suelos que han evolucionado a partir de depósitos aluviales de texturas variadas, por lo general jóvenes, superficiales y de fertilidad media, que en ocasiones presentan problemas de drenaje. Las formas de colinas se presentan relieves inclinados, ondulados y fuertemente ondulados, originados por procesos erosivos, por lo cual se consideran relieves residuales, con erosión ligera a moderada y son superficiales, limitados por contactos líticos o tienen piedra en superficie y dentro del perfil. En los suelos de montaña se originaron por el levantamiento de la cordillera y son evaluaciones del terreno continuas de gran expansión y presentan diferencias de altura, con respecto al valle, de más de 300 m.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.1 Formas Aluviales

Las formas aluviales en el municipio de Apulo ocupan un área aproximada de 256,25 hectáreas, lo que corresponde al 2,09 % del total del territorio. Estos sectores se asocian principalmente a los valles y zonas planas cercanas a los cursos de agua. Los suelos aluviales son de origen reciente, desarrollados a partir de depósitos transportados por corrientes fluviales. Presentan texturas variadas, generalmente suelos jóvenes, de moderada fertilidad, pero con posibles limitaciones de drenaje.

7.2 Formas Coluviales

Las formas coluviales constituyen la unidad geomorfológica más representativa del municipio, abarcando cerca de 8.468,57 hectáreas, equivalentes al 69,18 % del área total. Corresponden a zonas de laderas y colinas con influencia de procesos de acumulación y movimientos de masa. Estas áreas presentan relieves ondulados o moderadamente inclinados, formados por la acumulación de materiales provenientes de las partes más altas. Los suelos coluviales suelen ser superficiales y con moderada erosión.

7.3 Formas de Montaña

Las áreas de montaña comprenden aproximadamente 3.306,25 hectáreas, lo que representa el 27,01 % del territorio municipal. Estas zonas corresponden a relieves escarpados y fuertemente inclinados asociados al levantamiento de la cordillera. Se caracterizan por presentar marcadas diferencias de altura, superiores a los 300 metros respecto a los valles. Los suelos son generalmente delgados, con afloramientos rocosos y limitaciones para el desarrollo agrícola, predominando coberturas naturales.

7.4 Área Urbana

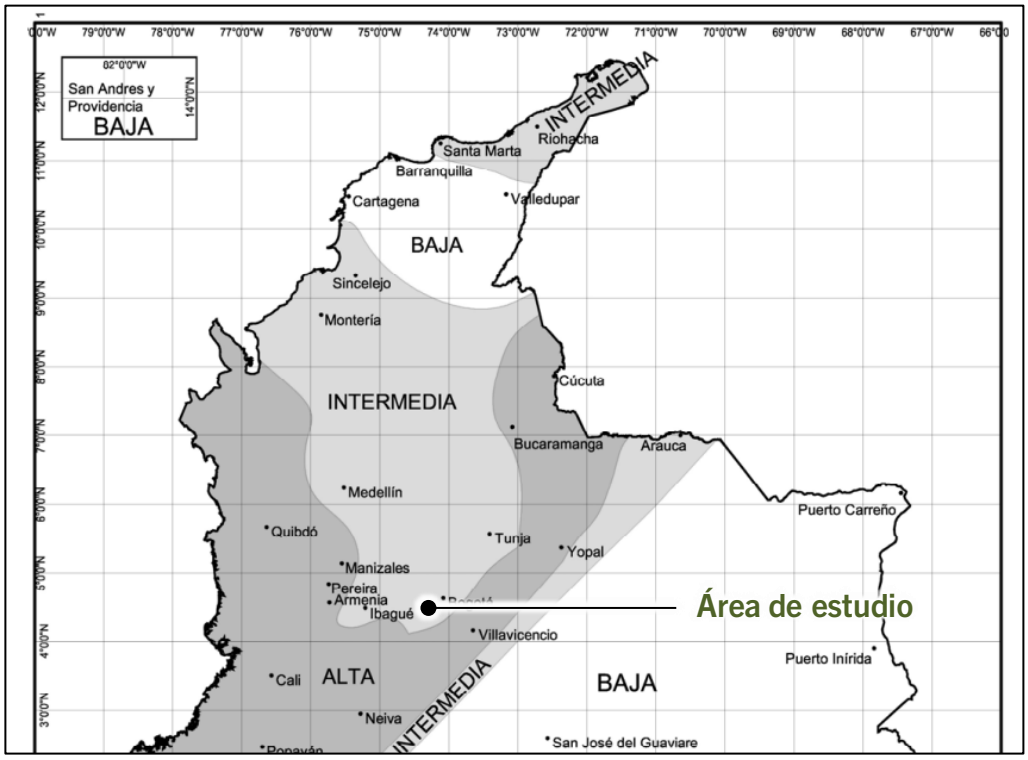
El área urbana del municipio ocupa 209,03 hectáreas, lo que equivale al 1,72 % del total. Esta zona se desarrolla sobre terrenos de topografía relativamente plana o suavemente inclinada, donde se concentran las principales actividades residenciales, comerciales e institucionales. Presenta modificaciones del relieve natural debido al desarrollo de infraestructura y expansión urbana.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

8 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA

Conforme a lo indicado por la Norma Sismo Resistente NSR-10, la zona de estudio se encuentra enmarcada dentro de la denominada zona de amenaza sísmica INTERMEDIA, como se puede evidenciar en la siguiente ilustración.

Ilustración 8-1 Clasificación zona de amenaza sísmica



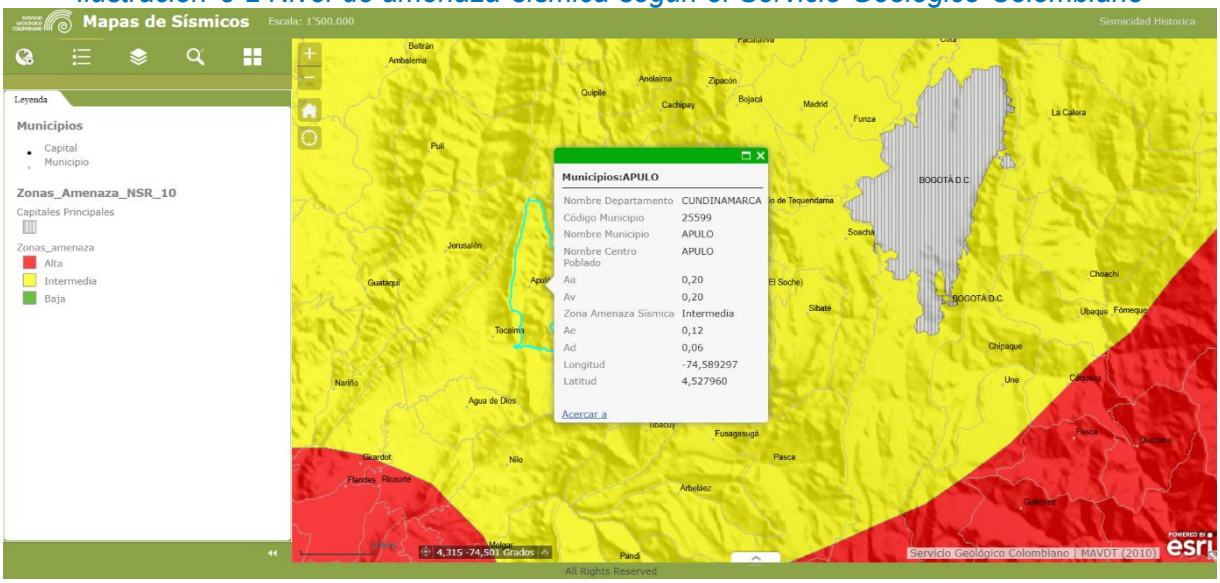
Fuente: Tomado y adaptado de NSR10, Título A

Por otro lado, al localizar el proyecto en el mapa de amenaza sísmica nacional, generado por el Servicio Geológico Colombiano (anteriormente INGEOMINAS) y la Universidad Nacional de Colombia en 2019 se evidencia que la zona de estudio presenta una intermedia amenaza sísmica como se muestra en la siguiente ilustración.

Por su parte, los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectiva (Aa), la cual puede ser excedida en un lapso de 50 años, con una probabilidad del 10%. El valor de aceleración horizontal pico efectiva de diseño Aa corresponde a 0.20, el coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva para diseño Av corresponde a 0.20, el

coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva reducida Ae corresponde a 0.12 y el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva al nivel del umbral de daño Ad corresponde a 0.06.

Ilustración 8-2 Nivel de amenaza sísmica según el Servicio Geológico Colombiano



Fuente: Tomado de Servicio Geológico Colombiano

8.1 Tipo de Perfil del Suelo

Para considerar los efectos locales de amplificación del sismo se debe tener en cuenta el tipo de material existente en la zona. La NSR-10 establece dos factores de amplificación del espectro por efecto del sitio, unos periodos cortos (Fa) y otro en periodos intermedios (Fv).

La determinación del factor de Fa depende del tipo de perfil del terreno situado en los primeros 30 metros de profundidad, la clasificación establecida en la NSR-10 se muestra en la siguiente tabla, se recalca que, se tuvo en cuenta información de otros estudios geotécnicos circundantes al área del proyecto para determinar el tipo de perfil de suelo, en específico, los resultados obtenidos del ensayo de campo SPT., por lo que este perfil de suelo es preliminar y deberá ser corroborado con la exploración y ensayos a realizar en el desarrollo de la presente consultoría.

Tabla 8-1 Clasificación de los perfiles de suelo NSR-10

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total **H** mayor de 3 m de arcillas blandas	**IP** > 20 **w** ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo **F** requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (**H** > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (**H** > 7.5 m con Índice de Plasticidad **IP** > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (**H** > 36 m)	

Fuente: NSR-10 Tabla 2.4-1

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración geotécnica y los ensayos de laboratorio realizados en los informes tomados como referencia, se estima que el suelo clasifica como Tipo D, el cual cumple con las características señaladas en los perfiles geotécnicos de los informes de referencia. Es de recalcar que esta clasificación es preliminar y deberá ser corroborado con la exploración a ejecutarse en el desarrollo de la presente consultoría.

8.2 Parámetros del Sitio

Una vez considerados estos factores y el tipo de terreno, se definen los siguientes parámetros:

- Coeficiente de amplificación para periodos cortos del espectro (Fa)

Teniendo en cuenta la clasificación del perfil del suelo y la aceleración pico, a partir de la tabla 2.4-1 de la NSR-10 se obtiene un factor de amplificación Fa = 1.4.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 8-2 Valores de coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: NSR-10 Tabla A.2.4-3

- Coeficiente de importancia (I)

El coeficiente de importancia modifica el espectro y con ello las fuerzas de diseño de acuerdo con el tipo de estructura a construir, el coeficiente de importancia corresponde I=1.5 para el proyecto en cuestión, teniendo en cuenta que las estructuras proyectadas se encuentran dentro del Grupo IV – Edificaciones indispensables.

- Máxima aceleración horizontal de diseño (amax)

La máxima aceleración horizontal de diseño, para un sistema de un grado de libertad y para un coeficiente de amortiguamiento de 5% corresponde al valor producto de la ecuación mostrada a continuación:

$$a_{max} = Aa \times Fa \times I$$

$$a_{max} = 0{,}20g \times 1.4 \times 1{,}5$$

$$a_{max} = 0.42g$$

$$KST = 0.8 * amax$$

$$KST = 0.8 * 0.42$$

$$KST = 0.336$$

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

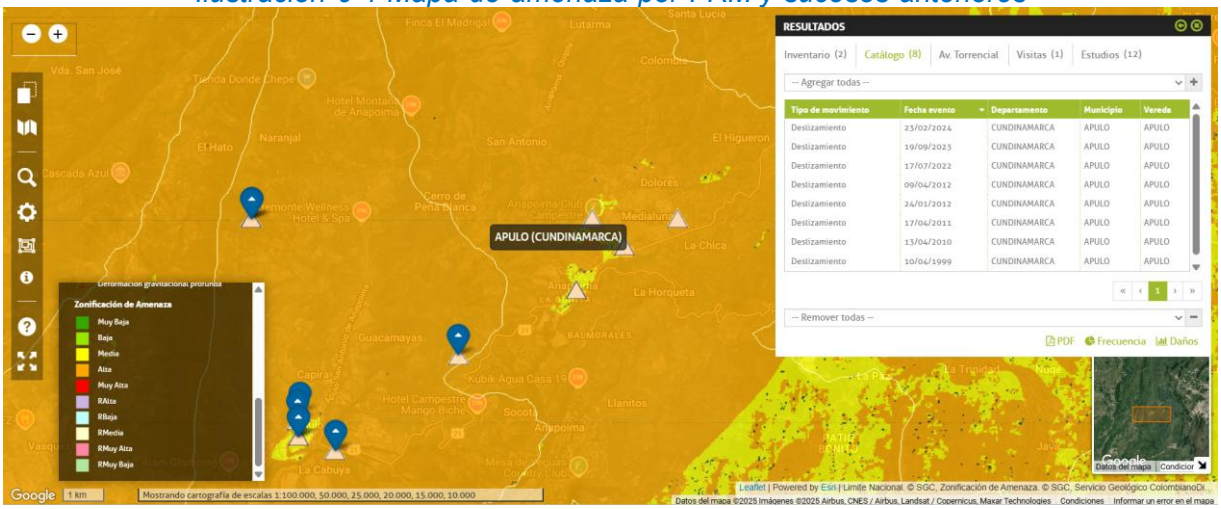
9 CONDICIONES DE AMENAZA

9.1 Remoción en masa

En la zona de estudio, durante el recorrido en campo y con base en referentes bibliográficos, la superficie del terreno de implantación, en especial, el área de proyección para la construcción de la PTAR que presenta pendientes considerables y se encuentra un relleno de origen antrópico que pueden generar una zona inestable por erosión o movimiento de tierras ocasionando una remoción en masa.

Por otra parte, en la siguiente ilustración se muestra el mapa de amenaza por fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio obtenido del Servicio Geológico Colombiano, en donde, se puede evidenciar que el área de estudio presentó un último evento asociado a la remoción en masa en el año 2024 y que, el área del proyecto se encuentra zonificado en una zona de amenaza alta.

Ilustración 9-1 Mapa de amenaza por FRM y sucesos anteriores



Fuente: Servicio Geológico Colombiano

A continuación, se indica los parámetros y consideraciones tenidas en cuenta para la clasificación de cada zona de amenaza, realizada por el Servicio Geológico Colombiano:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- **Amenaza Alta:** Comprende las áreas de susceptibilidad alta, donde la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamientos y flujos de detritos son más frecuentes. Los valores de la aceleración máxima horizontal a nivel de roca no superan los 150 cm/s2; y el valor del detonante climático se acerca a los valores intermedios con una zona climática cálida seca, por debajo de los 600 msnm con precipitaciones diarias entre 150 y 220 mm; De esta forma, la categoría de amenaza alta está controlada en primer lugar por la susceptibilidad de la geomorfología y en pequeñas áreas por la geología, generando una mayor probabilidad de movimientos en masa, ya que se favorece la infiltración de agua en los depósitos coluviales y las rocas meteorizadas y fracturadas ubicadas en la parte alta al oeste de la cabecera municipal de Chalan. Se encuentran coberturas de pastos limpios con efectos desencadenantes en el incremento de la escorrentía y erosión del suelo.

- **Amenaza Media**: Es la categoría de mayor representatividad en la zona de estudio, comprende las áreas de susceptibilidad media, donde la ocurrencia de movimientos en masa es menos frecuente. Los valores de la aceleración máxima horizontal a nivel de roca no superan los 150 cm/s2, definiendo un detonante sismo bajo a muy bajo. Esta categoría de amenaza se encuentra controlada principalmente por las características geomorfológicas y el detonante lluvia, caracterizado por una zona cálida muy seca con temperaturas superiores a 26°C y precipitaciones máximas diarias menores de 100 mm, hasta valores altos con un clima cálido seco, por debajo de los 300 msnm con precipitaciones diarias entre 150 y 220 mm, no tiene gran afectación en la generación de la amenaza. Se asocia principalmente a coberturas de pastos y mosaicos de pastos y cultivos con espacios naturales, que incrementan la amenaza por su reducida función protectora de los suelos.

- **Amenaza Baja**: Se localiza en las zonas inundables ubicadas al occidente, se relaciona principalmente a los planos o llanuras de inundación de los arroyos y quebradas que discurren por la llanura costera y en las sábanas, principalmente de los arroyos Paloquemao, Columbita y San Jorge, así como los planos y llanuras

intermareales desarrollados sobre depósitos coluvio-aluviales y llanuras de inundación. Comprende las áreas de susceptibilidad baja, donde no hay movimientos en masa. Los valores de la aceleración máxima horizontal a nivel de roca no superan los 100 cm/s2; controladas por un detonante climático medio y alto caracterizado por una zona cálida muy seca con temperaturas superiores a 26°C y precipitaciones máximas diarias menores de 100 mm. Esta categoría se encuentra controlada principalmente por las características geomorfológicas y geológicas. Los bosques densos bajos inundables reducen la probabilidad de amenaza a los movimientos en masa, debido a la función protectora que ejercen sobre los suelos.

Debido a la topografía casi plana del área de estudio, caracterizada por pendientes suaves y una morfología estable, no se prevé la ocurrencia de problemas asociados a procesos de remoción en masa, tales como deslizamientos, derrumbes o flujos de material. En este sentido, las condiciones geomorfológicas actuales no representan una amenaza significativa para la estabilidad del terreno a escala del proyecto. No obstante, los aspectos geotécnicos relacionados con la estabilidad de taludes y posibles fallas locales serán evaluados de manera puntual en las excavaciones necesarias para la construcción de las diferentes estructuras, considerando las características de los materiales, profundidad de desplante y las solicitaciones de carga, con el fin de garantizar las condiciones adecuadas de seguridad y estabilidad, lo cual, se realizará en el estudio geotécnico. En la siguiente ilustración, se presenta un esquema en planta general del área de estudio en donde, se puede evidenciar la topografía del sitio.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 9-2 Topografía del área de estudio



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

10 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

La investigación geotécnica es un proceso fundamental en el desarrollo de proyectos de infraestructura civil, ya que permite conocer las condiciones del subsuelo donde se implantarán las obras. Una adecuada caracterización geotécnica garantiza la estabilidad estructural, la funcionalidad hidráulica y la optimización de los recursos constructivos.

Los métodos de investigación geotécnica se clasifican en dos grandes grupos: métodos directos y métodos indirectos, los cuales pueden complementarse con ensayos de laboratorio.

10.1 Métodos directos

Consisten en la exploración física del terreno mediante técnicas que permiten observar y extraer muestras del suelo. Entre los más utilizados se encuentran:

- Apiques: Excavaciones manuales o mecánicas de hasta 3 m de profundidad, ideales para observar directamente la estratigrafía superficial y tomar muestras alteradas para análisis de textura, plasticidad y contenido de agua natural.
- Sondeos a rotación o a percusión: Perforaciones verticales en el terreno, con recuperación de muestras alteradas o inalteradas a distintas profundidades. Permiten caracterizar la secuencia estratigráfica y determinar niveles freáticos.
- Ensayo SPT (Standard Penetration Test): Realizado durante los sondeos, permite estimar la resistencia del terreno a la penetración mediante golpes normalizados, siendo ampliamente utilizado para correlaciones empíricas que permiten definir parámetros de resistencia (muy utilizado en suelos granulares).
- Ensayo de veleta (Vane Test): Método in situ para determinar la resistencia al corte no drenada de suelos cohesivos blandos, especialmente en arcilla saturadas. Consiste en introducir una veleta en el suelo y girarla a una velocidad constante hasta provocar el corte (falla) del terreno. Es útil cuando se requiere caracterizar suelos blandos donde otros ensayos resultan imprecisos o disruptivos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

10.2 Métodos indirectos

Son técnicas de exploración que permiten investigar las condiciones del subsuelo sin necesidad de realizar excavaciones, perforaciones o muestreos directos. En lugar de obtener muestras físicas, estos métodos se basan en la medición e interpretación de propiedades geofísicas (como la resistencia eléctrica, la velocidad de ondas sísmicas, la densidad o la susceptibilidad magnética), que luego se pueden correlacionar con características geológicas y geotécnicas del terreno permitiendo definir horizontes, parámetros de diseño y demás aspectos de interés.

10.3 Ensayos de laboratorio

Las muestras obtenidas en campo son sometidas a análisis que permiten determinar propiedades físicas y mecánicas del suelo, tales como:

- Granulometría
- Límites de Atterberg (plasticidad)
- Humedad natural
- Densidad y peso específico
- Resistencia al corte
- Consolidación unidimensional

10.4 Selección de los métodos de investigación

Los resultados de los métodos de investigación geotécnica son insumo esencial para:

- El diseño de cimentaciones superficiales o profundas de las estructuras.
- La definición del tipo de recubrimiento o soporte requerido en excavaciones
- La evaluación de riesgos geotécnicos como asentamientos, licuación o subsidencia
- La verificación de la estabilidad de taludes, zanjas o estructuras asociadas al sistema hidráulico

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

La correcta elección y combinación de estos métodos garantiza una caracterización geotécnica integral, optimiza los diseños estructurales y reduce incertidumbres constructivas, técnicas y económicas en la ejecución del proyecto.

De acuerdo con el tipo de estructuras a diseñar, las profundidades requeridas de cimentación y la estimación de los suelos que se podrían identificar en la zona, para el desarrollo de la presente consultoría geotécnica, se plantea la ejecución de exploración directa mediante sondeos a percusión con ensayos de SPT o Veleta según aplique de acuerdo con el tipo de suelo que se identifique en el avance de la perforación. Una vez el ensayo en campo SPT alcance el "rechazo" se procede por medios mecánicos para el recobro de muestras y estudiar el comportamiento de los materiales presentes.

10.4.1 Sondeos a percusión y ensayos de campo

Los sondeos a percusión son una técnica directa de exploración geotécnica ampliamente utilizada para investigar el subsuelo en proyectos de ingeniería civil. Su objetivo principal es identificar la estratigrafía del terreno, obtener muestras alteradas, registrar el nivel freático y realizar ensayos in situ, como el SPT (Standard Penetration Test) y, cuando es aplicable, el ensayo de veleta (Vane Test) para suelos blandos.

El procedimiento consiste en perforar el terreno mediante una herramienta que penetra el suelo por acción de golpes repetidos, mientras se inyecta un fluido (generalmente agua) para facilitar la remoción del material y evitar el colapso de la perforación. El equipo básico incluye:

- Torre de perforación o trípode.
- Martillo de caída libre (63.5 kg) para ensayos SPT.
- Barras de perforación.
- Cucharas de muestreo o trépano.

Durante la perforación, se toman muestras alteradas del suelo que permiten describir su naturaleza general. A profundidades regulares (usualmente cada 1.5 m), se detiene la perforación para ejecutar el ensayo SPT, y cuando se encuentra un estrato cohesivo blando, se puede aplicar el ensayo de veleta in situ.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

El SPT mide la resistencia del suelo a la penetración dinámica. Se introduce un muestreador estándar en el fondo del sondeo y se golpea con un martillo de 63.5 kg desde una altura de 76 cm. Se contabiliza el número de golpes necesarios para hincar el muestreador 45 cm, dividiendo el proceso en tres tramos de 15 cm; el total de golpes del segundo y tercer tramo constituye el valor N del SPT, ampliamente utilizado para:

- Estimar la capacidad portante del terreno.
- Evaluar la densidad de suelos granulares.
- Determinar la consistencia de suelos cohesivos.
- Calcular asentamientos y riesgos geotécnicos como licuación.

Por otro lado, el ensayo de veleta puede realizarse como complemento en estratos de arcillas blandas, donde el SPT puede generar resultados poco representativos debido a la deformación excesiva del suelo. La prueba consiste en insertar una veleta cruciforme (cuatro aspas en cruz) en el fondo del sondeo y hacerla girar a velocidad constante hasta que el suelo falle por corte.

Este ensayo permite estimar la resistencia al corte no drenado (Su) del suelo cohesivo en su estado natural, información crítica para:

- Diseño de cimentaciones superficiales o profundas en arcillas blandas.
- Evaluación de estabilidad de taludes.
- Cálculo de presiones laterales sobre estructuras enterradas.

El ensayo de veleta es especialmente útil en terrenos con consistencia blanda o muy blanda donde las muestras alteradas no permiten realizar ensayos de laboratorio confiables.

10.4.2 Aplicaciones

Los sondeos a percusión, junto con los ensayos in situ (SPT y veleta), son esenciales para:

- Delimitar la estratigrafía del subsuelo en proyectos de infraestructura.
- Evaluar la resistencia y consistencia de los materiales.
- Determinar la profundidad y tipo de cimentación más adecuada.
- Estimar parámetros geotécnicos fundamentales para el análisis estructural.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

10.4.3 Ventajas

- Técnica estándar y aceptada por normativas internacionales.
- Permite obtener información detallada a profundidades medias (10 a 30 m).
- Combinable con ensayos SPT y veleta para suelos de distinta naturaleza.
- Relación costo-beneficio favorable para proyectos medianos y grandes.

10.4.4 Limitaciones

- Solo se obtienen muestras alteradas, no aptas para ensayos mecánicos avanzados. Para minimizar esta limitación, también se plantea recuperar muestras inalteradas mediante el muestreador Shelby en los estratos de suelo que permita su extracción.
- Menor precisión en capas delgadas o con materiales heterogéneos.
- Suelos con gravas gruesas o materiales cementados pueden dificultar la perforación.
- El uso de agua puede alterar la estructura de suelos finos o saturados si no se controla.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

11 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

11.1 Datos básicos de la visita

- Fecha de visita: 16 de septiembre de 2025
- Especialistas en geotecnia que asistieron: Ing. Darío Ocando en representación de AquaPlanet Ingeniería -Consultor-, Ing. Camilo Bravo en representación de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-.
- Objetivos de la salida: verificación in situ de las condiciones del predio destinado a la PTAR, identificación de puntos de vertimiento, inspección de pozos y cámaras existentes, evaluación somera de accesos y condicionantes geotécnicos y ambientales que orienten el programa de investigación geotécnica.
- Condiciones meteorológicas: seco, con buena visibilidad y niveles bajos en cauces.
- Documentos de apoyo consultados en campo: planos topográficos preliminares, localización de sitios de vertimientos, localización de vías principales y posibles trazados de la red, localización del predio de la PTAR, identificación de barrios a atender con el mejoramiento del sistema.

11.2 Metodología del reconocimiento

La visita se realizó mediante recorridos a pie y por vía vehicular por los ejes de acceso principales al predio PTAR y a los puntos de vertimiento identificados en los estudios previos. Las observaciones se registraron en notas y mediante fotografías georreferenciadas; se identificaron puntos representativos para muestreo futuro y ubicación de prospecciones geotécnicas. Las observaciones incluyeron: topografía superficial, tipo de vegetación, estado de la cobertura, presencia de materiales sueltos o terraplenes recientes, condiciones de los márgenes de cauces, y estado de las estructuras (pozos, cámaras, pasos).

11.3 Observaciones detalladas por elemento

A continuación, se presentan las observaciones por subárea/elemento.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

11.3.1 Predio destinado a la PTAR

- Descripción morfológica y superficial: el predio presenta una topografía ligeramente ondulada con sector más plano destinado a implantación, y bordes con pendiente hacia el cauce. Se detectó presencia de terraplén compacto (material de aporte) en un sector (aprox. 3–4 m de altura respecto al terreno original), lo cual altera la geometría previa del lote y debe corregirse antes de trabajos de cimentación o implantación de estructuras.
  - Riesgos visibles: socavación cercanía al cauce, posible reducción del área útil para implantación si la erosión continúa.
  - Recomendaciones preliminares: verificar límites topográficos definitivos, retiro de material de aporte (terraplén). De no poderse retirar el material se deberá comprobar estabilidad del terraplén y tener en cuenta los cambios relevantes en cimentación.

Ilustración 11-1 Vista general del predio destino PTAR



Fuente: Propia

Ilustración 11-2 Detalle del terraplén



Fuente: Propia

11.3.2 Pozos y cámaras existentes

- Estado y funcionabilidad: se identificaron varios pozos de inspección y cámaras de alcantarillado con signos de deterioro superficial, acumulación de sedimentos y obstrucción parcial por vegetación. Algunos elementos estructurales están desbordados por sedimentos, lo que puede indicar infiltraciones o problemas de sellado.

- Implicaciones: estos pozos son puntos críticos para verificar infiltraciones, niveles de agua subterránea y la conectividad hidráulica del alcantarillado con el terreno.

Ilustración 11-3 Pozo existente cercano al área de implantación



Fuente: Propia

Ilustración 11-4 Pozo con acumulación de sedimentos/vegetación

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia



Fuente: Propia

11.3.3 Vertimientos actuales (puntos identificados)

- Observaciones generales: durante la visita se constataron descargas puntuales de aguas residuales domésticas sin tratamiento hacia cuerpos de agua. En campo se observó: coloración variable del flujo, presencia de sólidos flotantes en algunos puntos, olor orgánico perceptible en inmediaciones, y erosión localizada en zonas de descarga.
    - Impacto geomorfológico: los puntos de descarga muestran cárcavas y erosión local en márgenes que pueden acelerar procesos de socavación de la ribera.

Ilustración 11-5 Descarga directa al cauce



Fuente: Propia

11.3.4 Zona general del proyecto (accesos, usos de suelo)

- Accesibilidad: existen vías de acceso vehicular en buen estado en los tramos principales; la maniobrabilidad y acceso para maquinaria pesada al predio son factibles, aunque en temporada de lluvias algunos tramos podrían presentar encharcamientos.
- Usos actuales: predominan pastos y cultivos de pequeña escala alrededor del predio; no se detectaron construcciones pesadas próximas que restrinjan la implantación.

Ilustración 11-6 Foto general en la zona del proyecto



Fuente: Propia

11.3.5 Río Apulo

- Condiciones del cauce: cauce activo con material aluvial (gravas, arenas y limos), márgenes con vegetación ribereña y sectores con procesos de socavación lateral moderada. El lecho se observa estable en tramos, pero con zonas localizadas de erosión que deben considerarse para el diseño del emisario y estructuras de descarga.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Posible emplazamiento de paso elevado: se revisó un punto sugerido para un paso elevado; el sitio presenta suficiente anchura del cauce, pero requiere evaluación geotécnica puntual por la posible presencia de depósitos aluviales profundos.

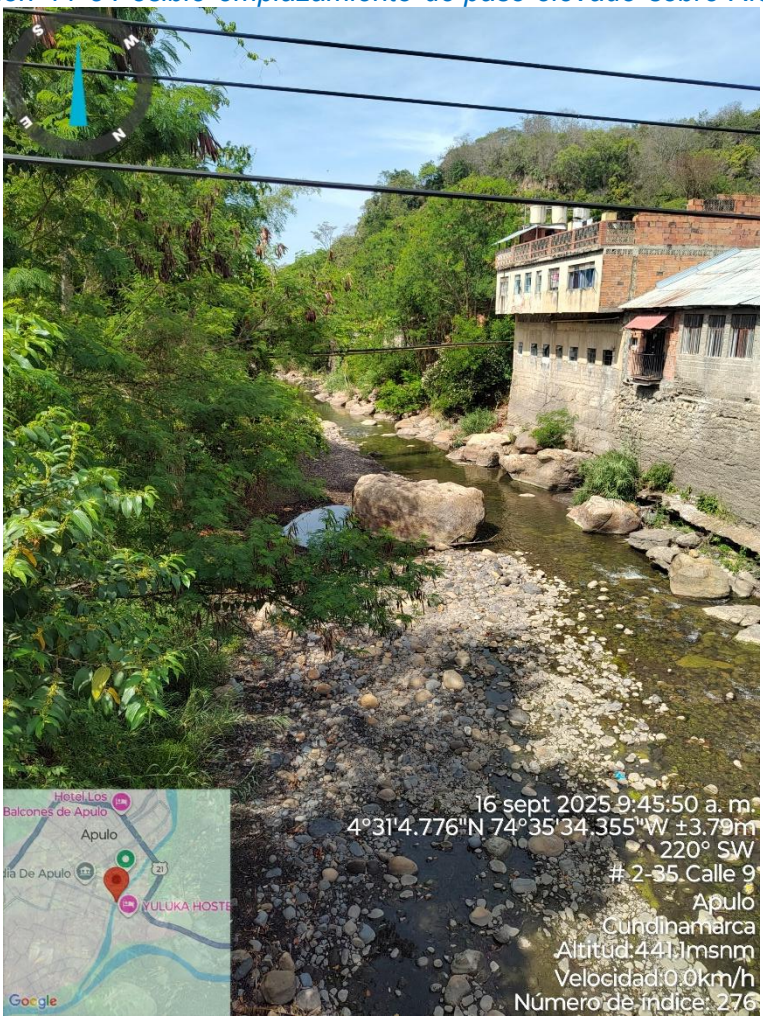
Ilustración 11-7 Vista del Río Apulo



Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 11-8 Posible emplazamiento de paso elevado sobre Río Apulo



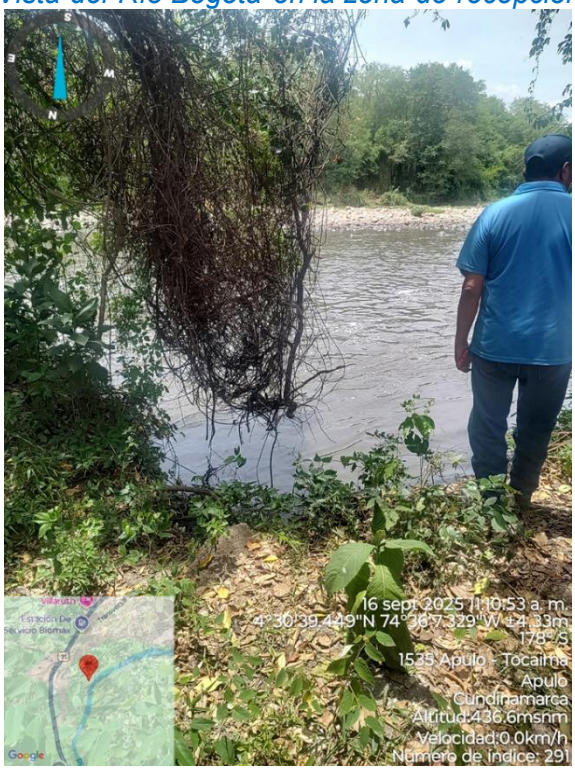
Fuente: Propia

11.3.6 Río Bogotá (sector de descarga final)

- Observaciones: el Río Bogotá presenta sección más ancha y márgenes relativamente consolidadas en el sector de confluencia; sin embargo, en el pasado el cauce ha modificado su traza y ha generado pérdida de área de predios, lo que obliga a considerar la dinámica fluvial y a definir con precisión los márgenes de inundación.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 11-9 Vista del Río Bogotá en la zona de recepción de vertimientos



Fuente: Propia

11.3.7 Observaciones geotécnicas preliminares (interpretación visual en campo)

- Estratigrafía superficial presumible: presencia de capas superficiales de material vegetal y relleno, seguida de depósitos limosos/arcillosos y lentes de arenas/gravas en proximidad a los cauces, lo que coincide con la caracterización general de terrazas y depósitos aluviales en los estudios previos.
- Nivel freático: indicios de saturación temporal en zonas bajas y cercanas al cauce.
- Riesgos identificados: erosión fluvial y socavación de márgenes, terraplenes no compactados uniformemente, presencia de rellenos sueltos en áreas de implantación, y potencial para suelos colapsables o con baja capacidad cuando se saturan.
- Prioridades para investigación geotécnica: campañas de sondeos en (a) área del predio PTAR, (b) posible ubicación del emisario/cabezal de descarga, y (c) zona de

paso elevado del Río Apulo (si procede). Asimismo, ejecutar ensayos de permeabilidad y pruebas de laboratorio (granulometría, límites de Atterberg, consolidación, resistencia al corte).

11.3.8 Recomendaciones técnicas derivadas del reconocimiento

1. Programar sondeos exploratorios: sondeos con SPT hasta alcanzar estrato competente o 6–15 m, en el área de la PTAR según resultados preliminares, se revisará a detalle en el informe de prospección geotécnica.
2. Desmantelar/normalizar terraplenes de aporte en el predio antes de implantación definitiva, o bien evaluar su compactación y homogeneidad si se opta por aprovecharlos.
3. Estudiar control de erosión de márgenes fluviales: evaluación hidráulica puntual y diseño de protecciones de ribera (geotextiles, gaviones, muros de escollera) en los puntos susceptibles a socavación.
4. Incluir en el programa de campo mediciones topográficas complementarias (nivelación de precisión y control de cotas del terraplén y márgenes) para definir cortes y rellenos necesarios.

11.4 6.7 Conclusiones del reconocimiento de campo

- El reconocimiento confirma la existencia de condicionantes geotécnicos y ambientales relevantes: terraplenes de aporte, erosión de márgenes, vertimientos directos y zonas de saturación temporal que requieren estudio.
- El predio destinado originalmente para la PTAR ha sufrido alteraciones (pérdida de área por erosión y presencia de rellenos) que obligan a revisar su aptitud definitiva y, de ser necesario, definir medidas de protección o reubicación.
- Es imprescindible ejecutar la campaña geotécnica (sondeos, ensayos in situ y de laboratorio) antes de cualquier diseño o intervención constructiva, de modo que los parámetros resultantes fundamenten adecuadamente las soluciones de cimentación y contención.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

12 CRITERIOS METODOLÓGICOS

En vista de la gran relevancia que tienen las metodologías de cálculo que se decida utilizar en cuanto a los resultados numéricos que arroja cada una de tales metodologías, se plantean las siguientes con el fin de unificar criterios con el profesional revisor de modo que una vez se obtenga la información de campo y laboratorio se pueda proceder luego de organizar esta información, con el análisis geotécnico y numérico de la información base.

12.1 Metodologías empleadas para determinar parámetros geotécnicos

Para determinar los parámetros, se emplearon los resultados de la exploración directa y los ensayos de laboratorio, adicionalmente se tuvieron en cuenta valores típicos de las referencias bibliográficas, correlaciones empíricas, la experiencia y buenas prácticas de la ingeniería geotécnica por parte de esta consultoría.

12.1.1 Ensayo SPT

Teniendo en cuenta la exploración directa y los ensayos de laboratorio, una vez determinadas las características de cada una de las muestras obtenidas, se clasifica el suelo teniendo en cuenta la consistencia o densidad de este, de acuerdo con el resultado de la prueba de SPT (Ensayo de penetración estándar).

Tabla 12-1 Categoría de suelos granulares según Terzaghi y Peck (1967)

Densidad Relativa	No. de golpes N
Muy suelta	0 – 4
Suelta	4 – 10
Medianamente densa	10 – 30
Densa	30 – 50
Muy densa	>50

Fuente: Ingeniería de Fundaciones, Manuel Delgado

Tabla 12-2 Consistencia de suelos finos y correlación aproximada con el número N60 de penetración estándar

Consistencia	Número N60 de penetración estándar	Resistencia a la compresión no confinada,
Muy blanda	0 – 2	0-25
Blanda	2 – 5	25-50
Medio firme	5 – 10	50-100

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Consistencia	Número N60 de penetración estándar	Resistencia a la compresión no confinada,
Firme	10 – 20	100-200
Muy firme	20 - 30	200-400
Dura	>30	>400

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das, 4ta Edición

12.1.2 Corrección ensayo SPT

En relación con el ángulo de fricción y la cohesión del material, se empleó la metodología de González (1999), en donde lo primero que se hace, es una corrección del número de golpes mediante las siguientes ecuaciones.

$$N60 = N * CN * \eta 1_{e=60\%} * \eta 2 * \eta 3 * \eta 4$$

Donde,

N60= Valor de N corregido a una energía igual a e=60%

CN= Factor de corrección por confinamiento efectivo

$\eta 1$= Factor de energía del martillo ($0.45 \leq \eta 1 \leq 1$)

$\eta 2$= Factor de longitud de varilla ($0.75 \leq \eta 2 \leq 1$)

$\eta 3$= Factor de revestimiento interno de toma muestras ($0.8 \leq \eta 3 \leq 1$)

$\eta 4$= Factor de diámetro de la perforación (>1 para D >5”; =1.15 para D=8”)

Para la corrección por confinamiento (CN) se utilizaron las siguientes ecuaciones.

Peck: $$CN = \frac{\log\left(\frac{20}{Rs}\right)}{\log(20)}$$

Seed: $$CN = 1 - 1.25\ \log(RS)$$

Meyerhof-Ishihara: $$CN = \frac{1.7}{(0.7 + Rs)}$$

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Skempton: $$CN = \frac{2}{(1 + Rs)}$$

González: $$CN = \log\left(\frac{10}{Rs}\right)$$

Schmertmann: $$CN = \frac{32.5}{(10.2 + 20.3 * Rs)}$$

Dónde, $Rs = \frac{\sigma'_v}{P_{atm}}$

12.1.3 Parámetros de resistencia

12.1.3.1 Ángulo de fricción (φ'_{eq})

Una vez realizada la corrección al N, se procede a determinar un ángulo equivalente al ángulo de fricción mediante las siguientes ecuaciones.

Peck: $$\varphi'_{eq} = 28.5 + 0.25\, N_{60}$$

Peck, Hanson y Thornbum $$\varphi'_{eq} = 26.25\left(2 - e^{\left(-\frac{N_{60}}{62}\right)}\right)$$

Kishida: $$\varphi'_{eq} = 15 + (12.5\, N_{60})^{0.5}$$

Schmertmann: $$\varphi'_{eq} = \tan^{-1}\left[\left(\frac{N_{60}}{43.3}\right)^{0.34}\right]$$

Japan National Railway (JNR): $$\varphi'_{eq} = 27 + 0.1875\, N_{60}$$

Japan Road Bureau (JRB): $$\varphi'_{eq} = 15 + (9.375\, N_{60})^{0.5}$$

Donde,

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

N_{60}= Número de golpes/pie corregido

φ'_{eq}= Ángulo de fricción del suelo

Posteriormente, se calculan los esfuerzos presentes en el suelo mediante las siguientes ecuaciones.

$$\sigma'_v = \gamma * \frac{h}{2} - \gamma_w * \frac{h}{2}$$

$$\tau = \sigma v' * \tan(\varphi'_{eq})$$

Donde,

σ'_v = Esfuerzo vertical efectivo

h = Altura del estrato de suelo

γ = Peso unitario del suelo

γ_w = Peso unitario del agua

τ = Esfuerzo a cortante del suelo

Es importante tener en cuenta que este método subestima la cohesión en suelos cohesivos dado que fue planteado para suelos granulares (arenas), lo cual debe tenerse en cuenta al momento de definir parámetros de diseño.

12.1.3.2 Resistencia al corte no drenada (Su)

Para determinar la resistencia al corte no drenada (Su) mediante la implementación de correlaciones En base a el índice de plasticidad, se emplean las metodologías expuestas por Terzaghi (1967) y Sowers (1954), Hara (1971) y Stroud (1974).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-3 Relación entre la resistencia al corte no drenada (Su) y el ensayo de SPT.

Plasticidad del suelo	Correlación (Su en kPa)	Referencia
Baja ($IP < 20$)	$Su = 4.4\ N_{60}$	Stroud, 1974
	$Su = 3.75\ N_{60}$	Sowers, 1954
Media ($20 \leq IP < 30$)	$Su = 6.7\ N_{60}$	Terzaghi & Peck, 1967
	$Su = 7.5\ N_{60}$	Sowers, 1954
Alta ($IP > 30$)	$Su = 29.0\ (N_{60}^{0.72})$	Hara et al, 1971
	$Su = 12.5\ N_{60}$	Sowers, 1954

Donde,

Su= Resistencia al corte no drenada

IP= Índice de plasticidad

12.1.4 Parámetros de compresión y deformabilidad

12.1.4.1 Módulo elástico (E)

Para la definición del módulo elástico (E) del suelo mediante los resultados de SPT, se emplean las siguientes ecuaciones.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-4 Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young (Es) en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT.

Tipo de suelo	Correlación (Es en kPa)	Referencia
Gravas	$Es = 600(N_{60} + 6)$ $N_{60} \leq 15$ $Es = 600(N_{60} + 6) + 2000$ $N_{60} > 15$	Bowles, 1996
Arenas saturadas	$Es = 250(N_{60} + 15)$	Bowles, 1996
Arenas limosas	$Es = 1800 + 270N_{60}$ $N_{60} \leq 15$ $Es = 7740 + 135N_{60}$ $N_{60} > 15$	Ten et al, 1991
Arenas arcillosas	$Es = 320(N_{60} + 15)$	Bowles, 1996
Limos	$Es = 300(N_{60} + 6)$	Bowles, 1996
Arcillas	Arcilla de alta plasticidad $Es = 300 * Su$ Arcilla de baja plasticidad $Es = 1000 * Su$ (Su es la resistencia al corte no drenado)	Bowles, 1996

Donde,

N_{60}= Número de golpes/pie corregido de SPT (Ensayo de penetración estándar).

Es = Módulo de elasticidad

12.1.4.2 Coeficiente de compresión (Cc) y Coeficiente de recompresión (Cr)

Para el cálculo de los asentamientos por consolidación Cc y Cr fueron obtenidos con las siguientes correlaciones en función del límite líquido (LL) y la humedad natural (W_n), que a su vez fueron obtenidos mediante los ensayos de laboratorio.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Terzagui &Peck (1967): $Cc = 0.009\ (LL - 10)$

Koppula (1981) $Cc = 0.0093\ W_n$

Koppula (1986) $Cc = 0.009\ W_n + 0.005\ LL$

$Cr = (0.05\ -\ 0.10)\ Cc$

12.1.4.3 Relación de sobreconsolidación (OCR)

El cálculo de la relación se sobreconsolidación (OCR) se realiza mediante el uso de siguiente ecuación propuesta por EPRI (1990), con el fin de determinar parámetros de referencia para posteriormente calibrarlos y obtener los valores de asentamientos.

$$OCR = 0.58\ N_{70}\ \frac{P_{atm}}{\sigma'_v}$$

Donde,

N_{70}= Número de golpes/pie corregido con una energía del 70%.

Es = Módulo de elasticidad

12.1.5 Fenómeno de licuación

El fenómeno de la licuación está asociado a suelos granulares saturados o suelos no cohesivos, de baja densidad relativa y uniformemente graduados debido a efectos de cargas cíclicas de una elevada magnitud y duración en el tiempo.

Las arenas de alta densidad relativa N60>30 son considerados con una densidad lo suficientemente elevada para no presentar riesgo de licuación. Comúnmente el fenómeno ocurre sobre depósitos aluviales o fluviales recientes a profundidades no superiores a los 15 metros.

Los suelos con presencia de finos también tienen un comportamiento similar a la licuación de las arenas cuando presentan un grado de saturación del 100% y son sometidas a cargas

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

cíclicas. Los criterios para que estos suelos sean susceptibles a la licuación son los propuestos por Wang (1979) donde el material debe cumplir ciertas características geotécnicas:

Porcentaje de finos de 0.005 mm < 15%.

Límite líquido LL<35%.

Contenido de humedad w>0.9 LL.

Índice de liquidez IL<0.75.

Forma de las partículas redondeadas.

12.1.5.1 Análisis Potencial de licuación

La licuación es la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos debido a la generación de presión de poros como consecuencia de una vibración, especialmente sismos.

Para determinar el potencial de licuación de la zona, se estimó la relación entre la resistencia cíclica del suelo y la carga inducida por el sismo, esta relación se expresa por medio de un factor de seguridad de la siguiente forma.

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

Dónde:

- CRR: es la relación de resistencia cíclica, que corresponde al esfuerzo de corte máximo admisible, sobre el esfuerzo vertical efectivo que actúan en un punto.
- CSR: es la relación de esfuerzo inducido por el sismo, que corresponde al esfuerzo de corte máximo inducido por el sismo sobre el esfuerzo vertical efectivo en un punto.

12.1.5.2 Cálculo de la relación de esfuerzo inducido por el sismo (CSR) – Correlación Nspt

Para evaluar la susceptibilidad del suelo a ser licuado, se realizó el análisis por la metodología SEED & IDRIS (1971), donde se determina el potencial teniendo en cuenta la Aceleración pico

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

efectiva de la zona y los resultados del ensayo de SPT, así como la cantidad de finos presentes en el subsuelo. Las variables a calcular son:

i. La demanda sísmica que se espera en las capas de suelo durante un sismo de diseño, expresada en términos de resistencia CSR (cyclic stress ratio).

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \left(\frac{a_{\max}}{g}\right)\left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) r_d$$

Donde,

T_{av} = tensión de corte promedio.

a_{max} = aceleración pico horizontal en la superficie del terreno generada por el sismo.

g = aceleración de la gravedad.

σ_{vo} y σ'_{vo}= tensiones totales y efectivas verticales respectivamente.

r_d = coeficiente de reducción de tensiones.

$$rd = \frac{(1000 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5})}{(1000 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^{2})}$$

ii. La resistencia de suelo para oponerse a la licuación, expresado con CRR (cyclic resistance ratio).

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10\,(N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Finalmente, la resistencia se define a partir de la relación entre las dos variables anteriores:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

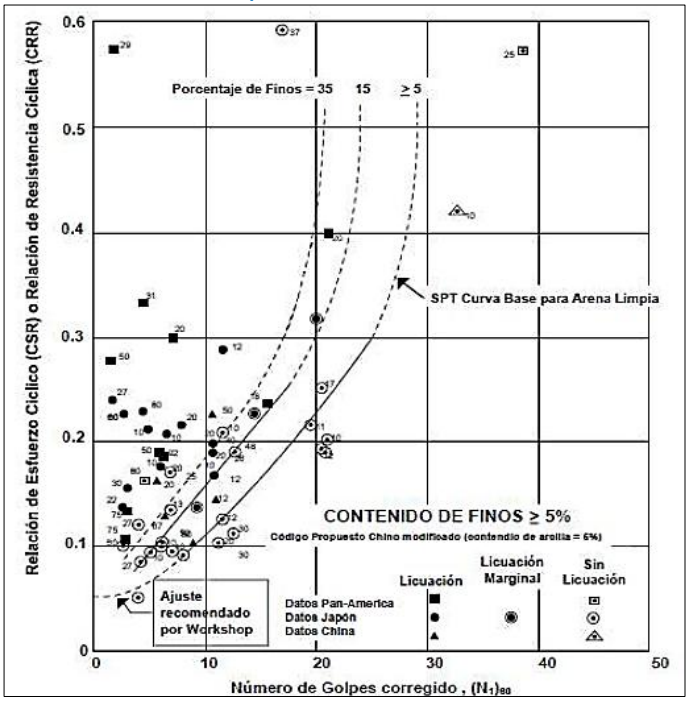
Luego, para tener en cuenta las características sísmicas puntuales de un lugar se debe realizar la siguiente corrección.

$$FS\ corregido\ (licuación) = FS\ (licuación) * MSF$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.5}}$$

Con Mw como la magnitud del sismo de diseño. Para el caso en estudio la magnitud utilizada fue de 6.5, la cual fue obtenida de la falla activa más cercana al proyecto (Fallas del Magdalena) tal y como se muestra en la siguiente figura del estudio general de amenaza sísmica de Colombia 2009.

Ilustración 12-1 Curvas análisis de potencial de licuación en función de CSR y N1-60



www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

12.1.6 Potencial de expansión

Los materiales expansivos son propensos al aumento de volumen por aumento en su humedad y bajo esta condición son muy blandos compresibles. Sin embargo, también son propensos a reducción en su volumen por disminución en la humedad, así las cosas, en el caso de presentar humedades por debajo del límite plástico y cercanas al límite de contracción, se pueden presentar agrietamientos.

Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales. Como minerales activos se reconocen la montmorillonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de éstos radica en que tienen la propiedad de "absorber" moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular.

A continuación, se observa una valoración de la expansividad del suelo a partir de las propiedades índice, así como lo recomienda la NSR-10 en el Capítulo H.

Tabla 12-5 Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL , en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP , en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (µ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Tabla H.9.1-1: Clasificación de suelos expansivos)

La clasificación de suelos expansivos para este proyecto se realizó teniendo en cuenta lo indicado en la anterior tabla.

12.1.7 Falla de fondo

El factor de seguridad por falla de fondo surge de la verificación de las presiones contra las retenciones flexibles, por tal motivo, es de requerimiento evaluar si el fondo de la excavación puede levantarse bajo el peso de los prismas laterales de suelos continuos. Se propone la utilización de la ecuación dada por

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

$$FS_t = \frac{5.14(1 + 0.2\frac{H}{B})(1 + 0.2\frac{B}{L})C_u}{\gamma_n H + p_s}$$

Donde:

FS_t= Factor de seguridad frente al levantamiento del fondo de la excavación. Se recomienda un factor de seguridad mayor o igual a 1.5.

Cu= Cohesión en condiciones no drenadas.

B= Ancho de la zanja

L= Longitud del tramo de zanja abierto

H= Profundidad de la zanja

γ= Peso unitario del terreno situado encima del fondo de la zanja

ps= sobrecarga sobre el terreno

12.2 Metodologías para cimentaciones

12.2.1 Cimentaciones superficiales

12.2.1.1 Capacidad Portante

Para el cálculo de la capacidad portante del suelo mediante la implementación de cimentaciones superficiales, se estimaron ábacos de pre-dimensionamiento, implementando la metodología de Vesic (1975).

$$Q_{ult} = c\ N_c\ S_c\ D_c\ g_c + q\ N_q\ S_q\ D_q\ g_q + 0.5\ B\ \gamma_s\ N_\gamma\ S_\gamma D_\gamma\ g_\gamma$$

Donde,

Q_{ult}= Capacidad de carga última

c o Su= Cohesión o Resistencia al corte no drenada

q= Sobrecarga producida por el suelo

γ_s=Peso unitario del suelo

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

D_f = Profundidad de cimentación

B = Ancho de cimentación

N_c, N_q, N_γ = Factores capacidad de carga

S_c, S_q, S_γ = Factores de forma

D_c, D_q, D_γ = Factores de profundidad

g_c, g_q, g_γ = Factores de inclinación del terreno

Además, para la obtención de la capacidad portante admisible (Qadm), se empleó la siguiente ecuación.

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{Fs}$$

Donde, Q_{adm} se estableció como la capacidad portante admisible, Q_{ult} la capacidad portante última y Fs como el factor de seguridad igual a 3,0 (CM+CVN) según la Norma NSR-10 para una combinación de carga muerta + carga viva normal.

12.2.1.2 Módulos de reacción

Los módulos de reacción de la subrasante son una forma de representar la acción del suelo sobre las estructuras y no son una propiedad del suelo, por lo cual el problema se simplifica con el estudio de la interacción entre solo dos componentes, el terreno y la estructura de cimentación, de esta manera, el módulo de reacción de la subrasante se define como:

$$k = \frac{\sigma}{\delta}$$

Dónde

σ= Esfuerzo normal.

δ= Deformación en la dirección de σ.

Con base en lo anterior, se plantean las siguientes ecuaciones para la definición del módulo de reacción de la subrasante:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Vesic (1961)

$$ks = \frac{Es}{B \cdot (1 - \nu^2)}$$

Vogtc (1999)

$$ks = 1.33 \frac{Es}{\sqrt[3]{L\ B^2}}$$

Dónde

Es= Mòdulo elasticidad del material sobre el cual se apoya la cimentación

B= Lado corto de la cimentación.

L= Lado largo de la cimentación.

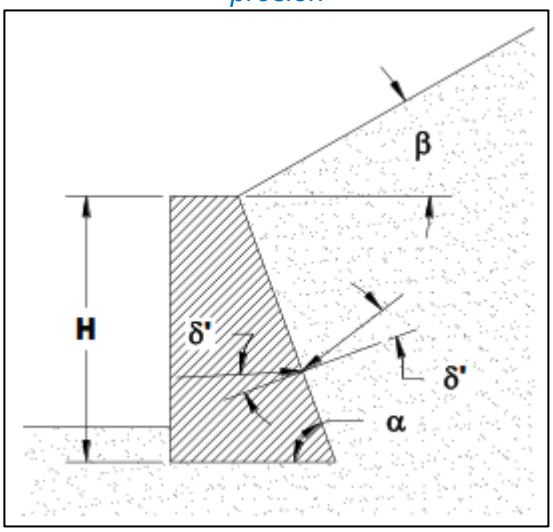
ν= Relación de Poisson del suelo

12.3 Muros de estructuras de contención

12.3.1 Coeficientes de presión de tierras

El cálculo de los coeficientes de presión de tierras se realizó teniendo en cuenta la metodología propuesta por Coulomb, para este caso se tuvo en cuenta los ángulos que se muestran a continuación:

Ilustración 12-2 Nomenclatura de ángulos empleada en el cálculo de los coeficientes de presión



www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Donde:

β: ángulo del terreno respecto a la horizontal.

α: ángulo de la cara del muro con la horizontal.

δ': ángulo de las fuerzas con la normal a la cara del muro.

Se calculó el coeficiente de presión de tierras activo (k_a) y pasivo (k_p) para la condición estática, por su parte el análisis para condición pseudoestatica se realizó teniendo en cuenta la metodología propuesta por Mononobe-Okabe.

12.3.1.1 Condición estática

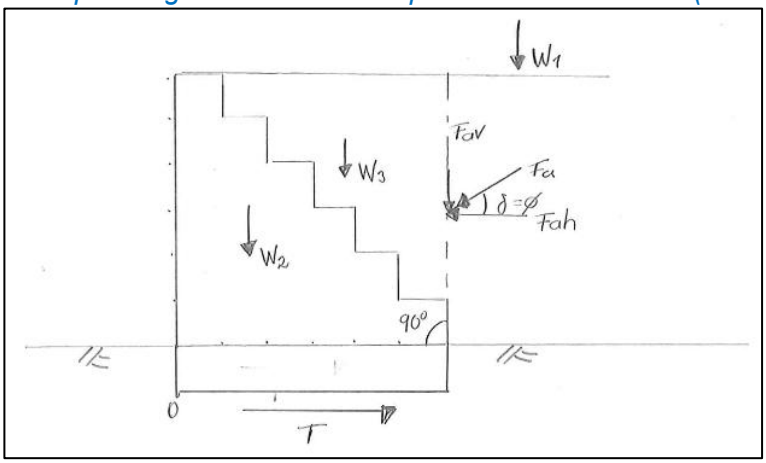
Para la condición estática, el coeficiente de presión activo de tierras se calculó mediante la expresión propuesta por Muller-Breslau:

$$k_a = \frac{sen^2(\alpha + \emptyset)}{sen^2\alpha * sen(\alpha - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{sen\,(\emptyset + \delta) * sen(\emptyset - \beta)}{sen(\alpha - \delta) * sen(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

En la siguiente ilustración se muestra un esquema general de las fuerzas sobre el muro para una condición estática:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 12-3 Esquema general – Fuerzas presentes en el muro (condición estática)



Donde:

W_1: Fuerza ejercida por la sobrecarga

W_2: Fuerza debida al peso del muro

W_3: Peso debida al relleno sobre el muro

F_a: Fuerza activa detrás del muro

F_{av} y F_{ah}: componentes de la fuerza activa

T: Fuerza de fricción entre el muero y el suelo de fundación

De acuerdo con J. Suarez en su libro Deslizamientos Tomo II “Técnicas de Remediación” (febrero 2009) el peso unitario del enrocado del gavión es:

$$\gamma_{Gavión} = (1 - \eta_r) G_s \gamma_w$$

Donde:

η_r: porosidad enrocado (0.3 – 0.4)

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

G_s: peso específico de roca 2.6

γ_w: peso unitario del agua 1.0 ton/m3

Una vez estimado el coeficiente k_a, se obtiene el empuje activo de tierras:

$$F_a = \frac{\sigma_a H}{2}$$

Donde:

$$\sigma_a = \sigma_v' k_a - 2C'\sqrt{k_a}$$

H: espesor del suelo

σ_v': esfuerzo vertical efectivo (activo)

C': cohesión del suelo

La expresión para el cálculo del coeficiente de presión de tierras pasivo en condición estática es:

$$k_p = \frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset}$$

De manera conservadora la consultoría opto por un factor de seguridad de 2.0 para el cálculo del coeficiente de presión de tierras pasivo.

Asimismo, estimado el coeficiente de presión de tierras pasivo k_p, se obtiene la fuerza pasiva de tierras con la siguiente expresión:

$$F_p = \frac{\sigma_p H}{2}$$

Donde:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

$$\sigma_p = \sigma'_v k_p + 2C'\sqrt{k_p}$$

H: espesor del suelo

σ'_v: esfuerzo vertical efectivo (pasivo)

C': cohesión del suelo

12.3.1.2 Condición pseudoestática

Para condición pseudoestatica se realizó teniendo en cuenta la metodología propuesta por Mononobe-Okabe. El coeficiente de presión de tierras por sismo se obtuvo con la siguiente expresión:

$$k_{ae} = \frac{sen^2(\emptyset + \alpha - \psi)}{\cos\psi * sen^2\alpha * sen(\alpha - \psi - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{sen\ (\emptyset + \delta) * sen(\emptyset - \psi - \beta)}{sen(\alpha - \delta - \psi) * sen(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

Donde:

$\psi = tan^{-1}\left[\frac{kh}{1 - kv}\right]$ $(ángulo\ por\ sismo)$

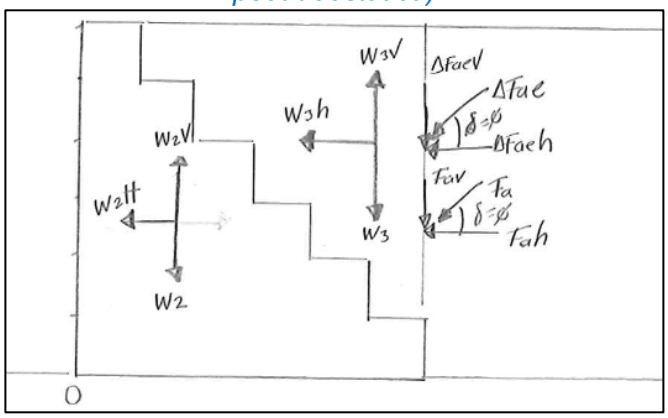
kh: coeficiente horizontal por sismo

kv: coeficiente vertical por sismo

En la siguiente ilustración se muestra un esquema general de las fuerzas presentes en el muro para una condición pseudoestática:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 12-4 Esquema general – Fuerzas presentes en el muro (condición pseudoestática)



Donde:

$\Delta F_{ae} = F_{ae} - F_a$

F_{ae}: Fuerza activa por sismo

ΔF_{aeV} y ΔF_{aeh}: componentes de ΔF_{ae}

Una vez estimado el coeficiente de presión de tierras por sismo k_{ae}, se obtiene la fuerza activa por sismo con la siguiente expresión:

$$F_{ae} = \frac{\sigma_{ah} * H}{2}$$

Donde:

σ_{ah}: esfuerzo activo horizontal

$$\sigma_{ah} = \sigma'_v k_{ae} - 2C'\sqrt{k_{ae}} + q_{sobrecarga} * k_{ae}$$

12.3.2 Diseño de muros de contención

El diseño de muros de contención requiere la verificación de las siguientes condiciones, en condición estática y pseudo estática:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-6 Condiciones de análisis – muros de contención

Estático	Pseudo estático
Deslizamiento	Deslizamiento
Volteo	Volteo
Estabilidad global	Estabilidad global
Capacidad portante	Capacidad portante

12.3.2.1 Chequeo por deslizamiento

Para el chequeo por deslizamiento se calcula el factor de seguridad como se muestra a continuación:

$$F.S = \sum \frac{Fuerzas\ Resistentes}{Fuerzas\ Actuantes}$$

Donde:

- Fuerzas resistentes: Resultan del cálculo del peso del muro, la fuerza de fricción que se genera entre la base del muro y el suelo de cimentación y la componente horizontal de la fuerza pasiva.

La fuerza de fricción se obtiene con la siguiente expresión:

$$T = C'_d * B + N * \tan \emptyset'_d$$

Donde:

C'_d: cohesión del suelo afectado por un coeficiente de reducción por la interacción suelo – estructura que esta entre $\frac{1}{2}C'$ a $\frac{2}{3}C'$.

$\emptyset'_d$: ángulo de fricción del suelo afectado por un coeficiente de reducción por la interacción suelo – estructura que esta entre $\frac{1}{2}\emptyset'$ a $\frac{2}{3}\emptyset'$.

N: Σ Fuerzas verticales

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

B: base del muro

- Fuerzas actuantes**:** Resulta de la componente horizontal de la fuerza activa, presión de agua, y sobrecarga existente.

Para la condición pseudoestática se tiene en cuenta las fuerzas adicionales tanto en los pesos como en las presiones de tierra.

12.3.2.2 Chequeo por volteo

Para el chequeo por volteo se calcula el factor de seguridad como se muestra a continuación:

$$F.S = \sum \frac{Momentos\ Resistentes}{Momentos\ Actuantes}$$

Donde:

- Momentos resistentes: Resultan del cálculo del peso del muro y la componente horizontal de la fuerza pasiva.
- Momentos actuantes: Resulta de la componente vertical de la fuerza activa, presión de agua, y sobrecarga.

Para la condición pseudoestatica se tiene en cuenta los momentos adicionales tanto en los pesos como en las presiones de tierra.

12.3.2.3 Estabilidad global

Se realiza teniendo en cuenta los métodos clásicos de estabilidad de taludes, se calcula el factor de seguridad para la condición actual y con el muro construido. De igual manera se realiza el cálculo de estabilidad durante el proceso constructivo.

12.3.2.4 Capacidad portante

Para el chequeo por capacidad portante se calcula el valor de q_u (capacidad portante admisible) teniendo en cuenta lo recomendado por Meyerhof (1963), también se tiene en

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

cuenta el valor de presión máxima y mínima generado por la excentricidad del sistema y se compara con respecto al q_u.

12.4 Metodologías para análisis de estabilidad

El análisis de estabilidad de taludes y laderas de alta inclinación como taludes de corte y excavación profundos necesarios para la implantación de estructuras o redes son fundamentales en la ingeniería geotécnica, ya que permite determinar la seguridad de estructuras naturales o artificiales frente a la falla por deslizamientos. Una de las metodologías más utilizadas en el medio son los métodos de equilibrio límite (MEL), los cuales se basan en evaluar el equilibrio entre las fuerzas y momentos resistentes y las fuerzas que inducen o producen el movimiento.

El análisis, se realiza mediante el software Slide desarrollado por Rocscience que constituye una herramienta computacional ampliamente reconocida para la evaluación de la estabilidad de taludes mediante métodos de equilibrio límite permitiendo la interpretación conforme a la geometría del talud o ladera, estratos del suelo o roca, nivel de aguas freáticas, condiciones de borde, cargas externas y demás componentes que influyen a la estabilidad o inestabilidad.

Los métodos MEL consisten básicamente en dividir el talud o ladera potencialmente inestable en una sería de tajadas o bloques, sobre los cuales se establecen las condiciones de equilibrio de fueras y momentos, el objetivo principal es determinar el factor de seguridad (FS), definido como la razón entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes. Los factores de seguridad deben estar acordes a lo establecido por la NSR – 10.

$$FS = \frac{\sum Fuerzas\ Resistentes}{\sum Fuerzas\ Deslizantes}$$

Slide, permite la obtención de este factor de seguridad por medio de diferentes métodos con amplia aceptación como el método de Fellenius o de los círculos Suecos, Bishop simplificado, Janbu simplificado, Morgenstern-Price, Spencer y otros más que permiten una adecuada y precisa interpretación.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

12.5 Cimentación de redes

Con el fin de establecer una adecuada cimentación de las redes, se contemplará la norma NS-035, para definir tipos de entibados la NS-072 y en caso de requerirse el empleo de cárcamos se recurrirá a la norma NS-090. Todas las normativas pertenecen a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB).

Respecto a los anchos de zanja, estos fueron calculados de acuerdo con los criterios establecidos en la norma NS-035, los cuales están en función del diámetro nominal de la tubería o de la profundidad de la zanja, tomando el más crítico.

Tabla 12-7 Ancho mínimo de zanja en función del diámetro de la tubería y profundidad de la zanja

DN (mm)	Ancho mínimo de zanja (m)
< 225	Bc + 0,40
225 – 350	Bc + 0,50
350 – 700	Bc + 0,70
700 – 1200	Bc + 0,85
> 1200	Bc + 1,00

Profundidad de la zanja (m)	Ancho mínimo de zanja (m)
< 1,00	No hay mínimo
1,00 – 1,75	0,80
1,75 – 4,00	0,90
> 4,00	1,00

Fuente: NS – 035 EAAB, 2019

Se estima que como área de trabajo mínimo se requiere 1,0 metro de ancho de excavación, que permita la instalación de los sistemas de sostenimiento y movilidad de los trabajadores.

12.5.1 Cargas en la tubería

12.5.1.1 Carga muerta

Para el cálculo de la carga muerta (peso del suelo sobre la tubería) considerando la EAAB, se implementará la metodología expuesta por Martson (1913) donde para zanjas angostas se aplica la siguiente ecuación.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

$$Wc = \frac{Cd\gamma Bd^2 D}{Bd} = Cd\gamma DBd$$

Donde,

Wc= Carga muerta sobre la tubería flexible o semi- rígida por unidad de longitud

Cd= Coeficiente de carga

Bd= Ancho de la zanja

D= Diámetro externo de la tubería

γ =Peso unitario total del relleno

Complementariamente, para el coeficiente de carga Cd se aplica la siguiente ecuación:

$$Cd = \frac{1 - e^{-2K\mu\left(\frac{HR}{Bd}\right)}}{2k\mu}$$

Donde,

K= Relación entre la presión lateral unitaria y la presión vertical unitaria (〖tan〗 ^2 (45°-Φ/2))

μ= Coeficiente de fricción del relleno (tan ϕ)

HR= Altura del relleno sobre la cota clave de la tubería

Bd= Ancho de la zanja

Φ= Ángulo de fricción del suelo

- Carga muerta en zanja ancha (Bd>2Bc)

En casos donde la zanja clasifique como anchas se aplicará la siguiente expresión.

$$Wc = Cc\gamma Bc^2$$

Donde,

Wc= Carga muerta sobre la tubería flexible o semi- rígida por unidad de longitud

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Cc=Coeficiente en función de las características de la zanja (HR/Bc)

γ =Peso unitario total del relleno

Bc= Diámetro externo de la tubería

Donde una zanja angosta cumple con Bd<2Bc y una zanja ancha Bd>2Bc.

12.5.1.2 Cargas vivas

La carga viva se define a partir de la siguiente ecuación:

$$Wv = \frac{W\ If}{All} * Le$$

Donde,

$$W = Carga\ vehicular$$

$$If = Factor\ de\ impacto$$

$$All = (0.25 + 1.75H) * (0.50 + 1.75H)$$

$$SL = 0.25 + 1.75H$$

$$L = 0.50 + 1.75H$$

$Le = Longitud\ efectiva\ de\ soporte\ de\ la\ tubería = L + 1.75 * (\frac{3Bc}{4})$, donde $L =$ Longitud de All, paralelo al eje longitudinal de la tubería (m), $Bc =$ Diámetro externo de la tubería (m).

Carga Vehicular (W)

Las cargas vivas consideradas son las provenientes del tráfico de vehículos, la cual se determina según las indicaciones del CCP-14, aplicando una carga de 8000kg en una superficie de apoyo rectangular de dimensiones SL ×L siendo SL el ancho y L la longitud del vehículo.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Área donde se distribuye la carga viva (All)

El área en la que se distribuye la carga viva está definida por All= (0.25+1.75H)(0.50+1.75H), donde H es la profundidad hasta la cota clave de la tubería teniendo en cuenta una distribución de esfuerzos con la profundidad en forma de tronco piramidal.

Factor de impacto (If).

Además, otro aspecto importante a considerar es el factor de impacto sobre la tubería en función del estado de la subrasante.

Tabla 12-8 Factores de impacto para vías pavimentadas

Profundidad (m)	Factor
0.00-0.30	1.3
0.31-0.60	1.2
0.61-0.90	1.1
0.91 en adelante	1.0

Fuente: NS – 035 EAAB, 2004

Tabla 12-9 Factores de impacto para vías no pavimentadas

Profundidad (m)	Factor
0.00-0.15	1.5
0.16-0.26	1.4
0.27-0.34	1.3
0.35-0.45	1.2
0.46-0.54	1.1
0.55 en adelante	1.0

Fuente: NS – 035 EAAB, 2004

12.5.2 Condiciones límite

Según el tipo de material de tubería la EAAB establece las siguientes condiciones límite a avaluar.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-10 Condiciones límite a verificar según tipo de tubería

Material de tubería	Clasificación por rigidez	Deflexión (Deflection)	Pandeo (Wall Buckling)	Rotura de pared (Wall Crushing)	Flexión (Bending Stress)	Cargas Combinadas (Combined Loading)	Resistencia (Strength)
Poli Cloruro de Vinilo (PVC)	Flexible	X	X	X			
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP)		X	X			X	
Polietileno (PE)		X	X				
Acero (SP)		X	X				
Hierro ductil (DIP)	Semi-rígida	X			X		
Concreto reforzado, tipo cilindro de acero con refuerzo de varilla (CCP)		X					
Concreto Simple (CP), Concreto reforzado (RCP), Gres (VCP)	Rígida	X					X

Fuente: NS – 035 EAAB, 2004

Considerando que para la Línea de impulsión se empleará tubería en PVC y PEAD, a continuación, se expone la metodología para la obtención de las condiciones límite de deflexión, pandeo y rotura de pared.

12.5.2.1 Deflexión

Para determinar la deflexión diametral generada sobre tuberías flexibles, semirígidas y rígidas, se deben considerar tres factores.

- Carga muerta y viva sobre la tubería
- Rigidez del suelo alrededor de la tubería
- Rigidez del suelo

Contemplando dichos factores, M. Spangler determinó la siguiente ecuación.

$$\%\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L K P}{0.149 PS + 0.061 E'}$$

Donde,

$\%\frac{\Delta y}{Bc}$= Deflexión diametral (ovalización) del tubo (%)

D_L=Factor de retardo de la deflexión (1.5 para GRP y PVC, 1.0 para Acero y CCP)

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

K=Factor de soporte

P=Carga total aplicada (Carga viva + Carga muerta)

PS=Rigidez de la tubería

$E´$=Módulo de reacción de la subrasante

- **Factor de soporte (K)**

Los valores del factor de soporte de acuerdo con el ángulo del perímetro interior soportado de la tubería se indican la siguiente Tabla.

Tabla 12-11 Valores para el factor de soporte K

Ángulo del perímetro interior soportado de la tubería en °	K
0	0.110
30	0.108
45	0.105
60	0.102
90	0.096
120	0.090
180	0.083
Nota: 1° = 0.017 rad	

Fuente: NS – 035 EAAB, 2019

Módulo de reacción de la subrasante $(E´)$

Para determinar el módulo de reacción del suelo se utilizó la siguiente expresión.

$$E´ = ScE´b$$

Donde,

Sc =Factor combinado de soporte

E'_b=Módulo de elasticidad material de cimentación

Para establecer el valor de Sc se toma como referencia la siguiente Tabla.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-12 Valores de factor combinado del suelo

E'_n/E'_b	B_d/D							
	1,25	**1,50**	**1,75**	**2,00**	**2,50**	**3,00**	**4,00**	**5,00**
0,005	0,02	0,05	0,08	0,12	0,23	0,43	0,72	1,00
0,01	0,03	0,07	0,11	0,15	0,27	0,47	0,74	1,00
0,02	0,05	0,1	0,15	0,2	0,32	0,52	0,77	1,00
0,05	0,10	0,15	0,20	0,27	0,38	0,58	0,80	1,00
0,10	0,15	0,20	0,27	0,35	0,46	0,65	0,84	1,00
0,20	0,25	0,30	0,38	0,47	0,58	0,75	0,88	1,00
0,40	0,45	0,50	0,56	0,64	0,75	0,85	0,93	1,00
0,60	0,65	0,70	0,75	0,81	0,87	0,94	0,98	1,00
0,80	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,50	1,40	1,30	1,20	1,12	1,06	1,03	1,00	1,00
2,00	1,70	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
3,00	2,20	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00
más de 5,0	3,00	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30	1,15	1,00

Fuente: NS – 035 EAAB, 2019

Donde,

E'_n= Módulo de elasticidad del terreno natural;

Bd= Ancho de la zanja;

D= Diámetro nominal de la tubería

Finalmente, una vez definida la deflexión diametral actuante, se debe comparar con la deflexión diametral admisible. Según la EAAB, para el caso de las tuberías de PVC y PEAD (Polietileno) debe ser menor de 7.5%, para el caso de las tuberías de GRP debe ser menor al 5,0% y para el caso tubería de acero con recubrimiento en mortero debe ser menor del 2.0%. Para el caso de tuberías en CCP, la deflexión admisible se determina con la siguiente ecuación:

$$\%\frac{\Delta y}{Bc} = \frac{Bc}{4000}$$

Donde, Bc es el diámetro nominal de la tubería en pulgadas.

12.5.2.2 Pandeo

Para determinar el pandeo en las tuberías flexibles se debe emplear la siguiente ecuación.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

$$q_a = \left(\frac{1}{FS_q}\right)(32 R_w B' E' Sp)^{1/2}$$

Dónde,

q_a= Presión admisible de pandeo

FS_q= Factor de seguridad

R_w= Factor de flotación de agua

B'= Coeficiente empírico de soporte elástico.

É´= Módulo de reacción de la subrasante

D= Diámetro nominal de la tubería

Sp= Rigidez del anillo

- **Factor de seguridad (FS_q)**

Respecto al factor de seguridad, se debe considerar las siguientes condiciones.

$$FSq = 2.5 \quad si\ H/Bc \geq 2$$
$$FSq = 3.0 \quad si\ H/Bc < 2$$

Donde H es el recubrimiento de la tubería y Bc el diámetro exterior de aquel elemento.

Factor de flotación del agua (R_w) y coeficiente de soporte elástico (B')

Respecto al factor de flotación y el coeficiente de soporte se empleó las siguientes ecuaciones.

$$Rw = 1 - 0.33 \cdot (h_w/H) \quad si\ 0 \leq h_w \leq H$$
$$Rw = 1 \quad si\ h_w > H$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.2133H}}$$

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Donde, h_w es la altura de la superficie de agua por encima de la parte superior de la tubería

- **Rigidez del anillo (Sp)**

A continuación, se presentan las expresiones para determinar la rigidez del anillo y en la siguiente tabla se relacionan los módulos de elasticidad que deben adoptarse según el material de la tubería.

Tabla 12-13 Expresiones para determinar la rigidez del anillo (Sp)

$Sp = \frac{E \cdot I}{D^3}$	Esta expresión es general. D es el diámetro medio de la tubería y la inercia, I, es la de la pared del tubo, observando que cuando el espesor no es constante puede derivarse de ecuaciones especiales. Para CCP la inercia a usar es el 25% de la del tubo.
$Sp = \frac{1}{12}\frac{E \cdot t^3}{D^3}$	Esta expresión funciona para tuberías con espesor de pared constante porque *I=t3/12*. D es el diámetro medio de la tubería, se obtiene como el diámetro interno (DN) más el espesor (t) o como el diámetro externo (Bc) menos el espesor (t).
$Sp = \frac{1}{12}\frac{E}{\left(\frac{Bc}{t}-1\right)^3}$	Esta expresión es función del diámetro externo, Bc, y del espesor de la pared, t. Es muy útil en tuberías rígidas y semirrígidas para las que ambas variables son conocidas.
$Sp = \frac{1}{12}\frac{E}{(RDE-1)^3}$	El valor RDE, relación diámetro-espesor, es el reportado en tuberías plásticas a presión.
$Sp = 0.018625 \cdot PS$	El valor de PS es el reportado en las tuberías con espesor de pared variable o también llamadas estructurales.

Fuente: NS – 035 EAAB, 2019

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 12-14 Módulo de elasticidad según material de tubería

MATERIAL		E(kN/m^2)	E (psi)
CCP	Concreto cilíndrico de acero	27.579.029	4.000.000
DIP	Hierro dúctil	170.000.000	24.656.415
PVC	Cloruro de polivinilo	2.757.903	400.000
SP	Acero	206.842.719	30.000.000
PE	Polietileno	882.599	128.054

Fuente: NS – 035 EAAB, 2019

- **Verificación pandeo**

Finalmente, para establecer la condición límite por pandeo de la tubería se debe considerar la siguiente expresión.

$$\gamma_w h_w + R_w \frac{W_D}{B_c} + \frac{W_L}{B_c} \leq q_a$$

Donde,

γ_w = Peso específico del agua

W_D = Carga muestra sobre la tubería

W_L =Carga viva sobre la tubería

Para los análisis de pandeo se suministra el cociente en porcentaje entre la presión actuante de pandeo sobre la presión admisible de pandeo, la obtención de un 100% indica que la tubería falla.

12.5.2.3 Rotura de pared

Este límite se alcanza cuando los esfuerzos de la pared de la tubería llegan al estado de fluencia en material dúctil. Para establecer dicho límite, se emplea la expresión del esfuerzo a compresión del anillo de la tubería.

$$\sigma_c = \frac{W_T B_c}{2A}$$

Donde,

WT= Carga total sobre la tubería

A= Área de la sección transversal

Según lo establecido en la norma EAAB, para el cloruro de polivinilo (PVC), el esfuerzo máximo a compresión debe ser menor a 67500 kN/m^2.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Con el propósito de identificar las capas o estratos de depósitos que subyacen en el sitio destinado para el proyecto, así como determinar las propiedades físico - mecánicas del subsuelo, definir recomendaciones particulares de diseño de las obras en contacto con el suelo y su proceso constructivo más apropiado, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras y basados en la geología de la zona, se definió el programa de exploración del subsuelo y para estudios AVR necesarios.

De acuerdo con lo anterior, en el presente capítulo se describen los trabajos de exploración directa propuestos, indicando la ubicación de los sondeos, cantidad de perforaciones, profundidad mínima alcanzada en cada sondeo, tipo de muestras recuperadas, entre otros.

13.1 Número de sondeos y profundidad

Con el fin de caracterizar las condiciones del subsuelo para el diseño y la construcción de las estructuras que conforman la PTAR, se plantea un programa de exploración geotécnica compuesto por siete (7) sondeos distribuidos estratégicamente en el área del proyecto, de acuerdo con la localización y tipología estructural de cada unidad funcional. Los sondeos alcanzan profundidades entre 4.0 y 10.0 metros, definidas en función de las cargas esperadas, el tipo de estructura y la estratigrafía preliminar, cumpliendo con los lineamientos establecidos en la NSR-10 para edificaciones y estructuras especiales. Por otro lado, para las diferentes estaciones de bombeo de agua residual se proyectan sondeos con profundidades de 6.0 a 7.0 metros, para las redes correspondientes a la línea de impulsión y el alcantarillado proyectado, se propone la ejecución de nueve (9) sondeos a una profundidad de 4.0 metros. La exploración contempla avances manuales y mecánicos, garantizando la adecuada recuperación de muestras representativas para la identificación y clasificación de los materiales del suebsuelo. Los puntos de investigación se ubican en zonas correspondientes a estructuras clave o de mayor alteración de esfuerzos iniciales del subsuelo, permitiendo evaluar la capacidad portante, deformabilidad, nivel de aguas freáticas y los parámetros geotécnicos necesarios para el diseño de cimentaciones, conforme a los criterios de seguridad y desempeño exigidos por la normativa vigente.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

En la siguiente tabla, se presentan las características de los sondeos propuestos, mientras que, en la siguiente ilustración se presenta un esquema en planta de la ubicación de los puntos de exploración.

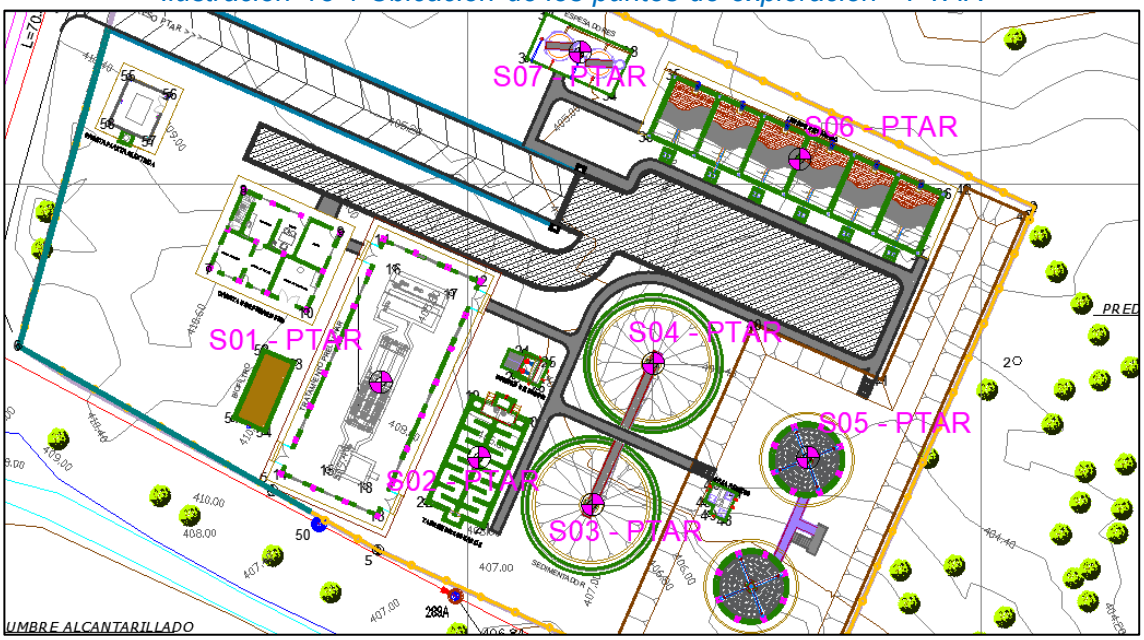
Tabla 13-1 Características de los sondeos

ID Sondeo	Profundidad (m)	Tipo de avance	Descripción
S01-PTAR	4.0	Manual	Tratamiento preliminar
S02-PTAR	6.0	Manual	Tanque de cloración
S03-PTAR	10.0	Mecánico	Sedimentador
S04-PTAR	6.0	Manual	Sedimentador
S05-PTAR	8.0	Mecánico	Filtro percolador
S06-PTAR	8.0	Mecánico	Lechos de secado
S07-PTAR	5.0	Manual	Espesadores
S08-E BC	7.0	Mecánico	EBAR Boca Canoas
S09-E BC	7.0	Mecánico	EBAR Boca Canoas
S10-E C	6.0	Manual	EBAR Chicago
S11-E F	6.0	Manual	EBAR Fatima
S12-E F	6.0	Manual	EBAR Fatima
S13-Alc	4.0	Manual	Alcantarillado
S14-Alc	4.0	Manual	Alcantarillado
S15-Alc	4.0	Manual	Alcantarillado
S16-Imp	4.0	Manual	Impulsión Fatima
S16-Imp	4.0	Manual	Impulsión Fatima
S16-Imp	4.0	Manual	Impulsión Fatima
S16-Imp	4.0	Manual	Impulsión Fatima
S16-Imp	4.0	Manual	Impulsión Fatima
S16-Imp	4.0	Manual	Impulsión Fatima

Fuente: Propia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 13-1 Ubicación de los puntos de exploración - PTAR



Fuente: Propia

13.2 Ensayos de laboratorio

13.2.1 LÍMITES DE ATTERBERG

Este ensayo permite determinar los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado semilíquido o viscoso. El límite entre los estados sólido y semisólido se denomina límite de retracción, el límite entre los estados semisólido y plástico se llama límite plástico y el límite entre los estados plástico y semilíquido, límite líquido. Así de este modo, un suelo de grano fino puede pasar de un estado de consistencia a otro en función del contenido de humedad.

El ensayo de límites de Atterberg permite una rápida caracterización del suelo puesto que son ensayos muy rápidos de realizar en laboratorio y no es necesario la toma de muestras inalteradas para su determinación. En Colombia, la realización de este ensayo se rige por la norma Invias INV-E-125-13 y INV-E-126-13.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13.2.2 GRANULOMETRÍA

Este ensayo permite establecer la distribución de los tamaños de las partículas de un material térreo por medio de tamizado. El método de determinación granulométrico más sencillo es haciendo pasar las partículas de suelo por una serie de mallas o tamices de distintos anchos de entramado que actúan como filtros de los granos y por medio del cual se puede medir los tamaños que se retienen en cada tamiz.

El análisis granulométrico de los suelos es uno de los ensayos más básicos y sencillos para caracterizar un suelo, pero no por ello menos importante. De hecho, con este ensayo se pueden inferir de manera aproximada algunas características geotécnicas principales del suelo como por ejemplo la capacidad portante, deformabilidad o permeabilidad. En Colombia se rige por la norma Invias INV-E-123-13.

La clasificación de los materiales encontrados se realizó mediante los límites de Atterberg y la composición granulométrica de los materiales muestreados.

13.2.3 HUMEDAD NATURAL

La humedad natural es una relación gravimétrica definida como la relación existente entre el peso del agua y el peso de los sólidos en un volumen dado de suelo. En la mayoría de los casos, la humedad natural es expresada en porcentaje.

La humedad natural es una propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los sueles en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. En Colombia, la norma que rige este ensayo es la norma Invias INV-E-122-13.

13.2.4 PESO UNITARIO TOTAL

El peso unitario total se define como el peso del suelo por unidad de volumen. Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. Es un dato de entrada de gran relevancia para algunos de los cálculos de análisis geotécnicos como el cálculo de capacidad portante y el análisis de asentamientos. Para la realización de este ensayo se suele seguir la norma ASTM D2937-71.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13.2.5 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

El método de "pérdida por ignición" para la determinación del contenido orgánico es más aplicable a aquellos materiales identificados como turbas, lodos orgánicos y suelos que contengan materia vegetal relativamente no descompuesta ni deteriorada o materiales de plantas frescas como madera, raíces, pasto o materiales carbonáceos como lignito, carbón, etc. Este método sirve para determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en tales materiales y proporciona una estimación válida del contenido orgánico. En Colombia, la norma que rige este ensayo es la norma Invias INV-E-121-13.

13.2.6 CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD)

Este ensayo se realiza con el fin de conocer la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, empleando el método de corte directo. Los resultados del ensayo son aplicables en situaciones de campo, en las cuales ha ocurrido la consolidación completa bajo la sobrecarga existente y se produce lentamente la falla, así que el exceso de las presiones de poros se disipa. El ensayo también es útil para la determinación en el material de la máxima resistencia al corte y de la resistencia residual a lo largo de planos conocidos de baja resistencia. En Colombia, la norma que rige este ensayo es la norma Invias INV-E-154-13.

13.2.7 CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

Este ensayo se utiliza para determinar la rata y la magnitud de la consolidación de muestras de suelos cuando se confinan lateralmente y se drenan axialmente mientras se someten a incrementos controlados de esfuerzo vertical. En Colombia, la norma que rige este ensayo es la norma Invias INV-E-151-13.

13.2.8 COMPRESIÓN INCONFINADA

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia a la compresión inconfinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas o remoldeadas, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia o deformación controladas. Este ensayo se emplea únicamente para suelos cohesivos, ya que en un suelo carente de cohesión no puede formarse

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

una probeta sin confinamiento lateral. En Colombia, la norma que rige este ensayo es la norma Invias INV-E-152-13.

13.2.9 ENSAYOS DE CAMPO

Según la naturaleza del suelo encontrado en la etapa de exploración se llevarán a cabo los siguientes ensayos: Determinación de la resistencia de los suelos mediante el ensayo de penetración estándar – SPT. De acuerdo con el tipo de estructuras a diseñar, las profundidades requeridas de cimentación y la estimación de los suelos que se podrían identificar en la zona, para el desarrollo de la presente consultoría geotécnica, se plantea la ejecución de exploración directa mediante sondeos a percusión con ensayos de SPT o Veleta según aplique de acuerdo con el tipo de suelo que se identifique en el avance de la perforación.

A las muestras extraídas de los suelos se les realizarán diferentes ensayos de caracterización y resistencia para establecer los parámetros geomecánicos que gobiernan el comportamiento del suelo de cimentación. En la siguiente tabla se proponen los ensayos a ejecutar y la cantidad respectiva.

Tabla 13-2 Cantidad de ensayos a ejecutar

Ensayo	Norma	Cantidad
Humedad natural	INV-E-122-13	58
Límites de Atterberg	INV-E-125-13 y INV-E-126-13	58
Peso unitario	ASTM D2937-71	46
Compresión Inconfinada	INV-E-152-13	15
Corte directo CD	INV-E-154-13	4
Consolidación Unidimensional	INV E-151-13	4
Expansión	INV E-120-13	3
Contenido de materia orgánica	ASTM D2974	4
Compresión simple en roca	ASTM D7012	2
Total, de ensayos por ejecutar		252

Fuente: Estudio de referencia

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

14 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

La campaña de prospección geotécnica se desarrollará de manera secuencial y coordinada, garantizando la correcta obtención de información de campo y de laboratorio necesaria para la caracterización del subsuelo y la posterior formulación de recomendaciones geotécnicas para el proyecto.

El cronograma propuesto contempla las actividades previas, la ejecución de los trabajos de campo, los ensayos de laboratorio y la integración e interpretación de resultados, considerando las condiciones logísticas del sitio, la accesibilidad a los puntos de exploración y los tiempos usuales requeridos para cada actividad, conforme a la experiencia en proyectos de características similares.

Actividades preliminares

Previo al inicio de los trabajos de campo, se desarrollarán actividades de preparación que incluyen la revisión final de la localización de los puntos de exploración, la coordinación con la interventoría y el contratante, la verificación de accesos, así como la movilización de equipos y personal técnico al área de estudio. Estas actividades permitirán garantizar una ejecución ordenada y eficiente de la campaña.

Duración estimada: **2 días calendario**.

Ejecución de exploración geotécnica en campo

La fase de campo comprende la ejecución de los sondeos geotécnicos a percusión con ensayo SPT, la toma de muestras alteradas y, cuando sea posible, inalteradas, así como el registro estratigráfico detallado de cada punto de exploración. Las actividades se realizarán conforme a las profundidades y cantidades definidas en la propuesta de investigación del subsuelo.

De manera paralela, se llevará a cabo el reconocimiento geotécnico complementario en las áreas de implantación de las estructuras y a lo largo de los tramos de redes proyectadas, con el fin de verificar las condiciones superficiales, pendientes, drenajes y posibles condicionantes geotécnicos locales.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Duración estimada: **11 a 15 días calendario**, dependiendo del número final de sondeos, la profundidad alcanzada y las condiciones operativas del terreno.

Transporte y preparación de muestras

Una vez finalizados los trabajos de campo, las muestras obtenidas serán debidamente rotuladas, preservadas y transportadas al laboratorio geotécnico para la ejecución de los ensayos correspondientes. En esta etapa se realizará también la selección y preparación de muestras para cada tipo de ensayo, conforme a las normas técnicas aplicables.

Duración estimada: **1 día calendario**.

Ejecución de ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio incluirán, entre otros, límites de Atterberg, granulometría, humedad natural, peso unitario, contenido de materia orgánica, ensayos de resistencia al corte (corte directo consolidado drenado), consolidación unidimensional y compresión inconfinada, de acuerdo con la programación definida y la disponibilidad de muestras representativas.

La ejecución de estos ensayos se realizará conforme a las normas INVIAS y ASTM vigentes, garantizando la trazabilidad y calidad de los resultados obtenidos.

Duración estimada: **11 a 15 días calendario**, dependiendo del tipo y cantidad de ensayos programados.

Análisis, interpretación e integración de resultados

Con los resultados de campo y laboratorio, se procederá al análisis e interpretación de la información geotécnica, incluyendo la definición de perfiles estratigráficos, la estimación de parámetros físicos y mecánicos de los materiales, la evaluación de condiciones de cimentación, estabilidad y comportamiento del suelo, así como la verificación de los criterios establecidos en la normativa vigente.

Duración estimada: **5 a 7 días calendario**.

Elaboración del informe geotécnico

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Finalmente, se realizará la consolidación de la información obtenida en el informe geotécnico, incorporando los resultados de la campaña de prospección, el análisis técnico correspondiente y las recomendaciones geotécnicas para el diseño y la construcción de las obras proyectadas.

Duración estimada: **5 días calendario**.

Duración total estimada

Considerando la secuencia de actividades descrita, la duración total estimada de la campaña de prospección geotécnica, desde el inicio de las actividades preliminares hasta la entrega del informe final, es del orden de **35 a 45 días calendario**, sujeta a ajustes derivados de condiciones climáticas, accesibilidad al sitio y requerimientos particulares del proyecto.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

15 CONCLUSIONES Y PRINCIPALES OBSERVACIONES

El presente diagnóstico geotécnico permitió realizar una evaluación integral del medio físico, geológico, geomorfológico y geotécnico del área de influencia del proyecto de alcantarillado y de la futura Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio de Apulo, Cundinamarca. Los resultados obtenidos constituyen una base técnica de referencia para la formulación del programa de investigaciones de campo y laboratorio, y para la toma de decisiones en las etapas posteriores de diseño.

A continuación, se resumen las conclusiones y observaciones más relevantes:

- El municipio de Apulo se ubica en una zona de transición entre el valle del río Bogotá y la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, donde predominan formaciones sedimentarias del Cretácico y depósitos aluviales cuaternarios.
- En el área del proyecto se reconocen principalmente materiales aluviales recientes, constituidos por gravas, arenas y limos, con intercalaciones arcillosas en sectores de menor energía hidráulica.
- Desde el punto de vista geomorfológico, el terreno presenta superficies de terraza fluvial ligeramente onduladas, con pendientes moderadas hacia los cauces del río Apulo y del río Bogotá.
- Se identificaron evidencias de procesos erosivos localizados y socavación marginal en algunos tramos del río Apulo, especialmente cerca del predio destinado a la PTAR, lo que sugiere la necesidad de protección y control de márgenes en las etapas constructivas.
- El reconocimiento visual indica la presencia de una capa superficial de material orgánico o de relleno reciente, de espesor variable entre 0,3 y 1,0 m, sobre depósitos finos limosos o arcillosos con contenido de humedad moderado.
- En sectores bajos y próximos al cauce se observan condiciones de saturación temporal, lo cual sugiere un nivel freático somero y variable según la época del año.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- El terreno presenta condiciones generales de estabilidad; sin embargo, se registran pequeñas irregularidades topográficas producto de rellenos y movimientos de tierra anteriores. Estos materiales deberán verificarse en campo para confirmar su grado de compactación y su idoneidad como soporte estructural.
- No se identificaron procesos activos de deslizamiento o fallas superficiales, aunque existen zonas donde las pendientes y la saturación podrían favorecer fenómenos de erosión o reptación en caso de excavaciones profundas.
- Durante la visita de campo se corroboró la existencia de vertimientos directos de aguas residuales domésticas al río Apulo y, finalmente, al río Bogotá, sin tratamiento previo.
- Los puntos de vertimiento se localizan en márgenes inestables o con erosión incipiente, lo que genera riesgo de socavación y pérdida de material en los taludes ribereños.
- La futura implementación de interceptores y de la PTAR contribuirá significativamente a reducir el impacto ambiental y los riesgos geotécnicos asociados a la saturación y erosión del terreno.
- El predio destinado a la PTAR presenta condiciones topográficas favorables para la implantación, con áreas planas y pendientes suaves; sin embargo, se identificó la presencia de terraplenes o rellenos artificiales que deben ser caracterizados en la fase de exploración geotécnica.
- Se observaron zonas con evidencia de erosión marginal por acción del río Apulo, lo cual reduce el área útil del lote y podría requerir obras de contención o reconfiguración del terreno.
- La accesibilidad al predio es adecuada, y las condiciones logísticas permiten ejecutar futuras campañas de sondeo, muestreo y construcción sin restricciones mayores.
- Los principales riesgos identificados corresponden a:
    - Erosión fluvial y socavación lateral en las márgenes del río Apulo.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Presencia de rellenos heterogéneos o suelos blandos que pueden generar asentamientos diferenciales.
- Posible nivel freático elevado, especialmente durante la temporada de lluvias.
- Procesos de saturación temporal en zonas bajas, con pérdida de capacidad portante y reducción de la resistencia al corte.

- Estos factores deberán evaluarse mediante investigaciones geotécnicas detalladas (sondeos, ensayos in situ y de laboratorio) antes de definir cualquier diseño estructural o cimentación.
- El programa de exploración geotécnica para el área de la PTAR, conformado por siete (7) sondeos con profundidades comprendidas entre 4.0 metros y 10.0 metros y ejecutados mediante métodos manuales y mecánicos, se considera adecuado y suficiente para caracterizar las condiciones estratigráficas y geomecánicas del subsuelo en las zonas donde se implantarán las estructuras. La distribución espacial de los sondeos, asociada a las diferentes unidades funcionales de la planta, permite evaluar de manera representativa la variabilidad de los materiales, presencia de niveles freáticos y el comportamiento esperado del terreno frente a las cargas de diseño.
- El programa de exploración geotécnica para las estaciones de bombeo se encuentra conformado por la ejecución de cinco (5) sondeos con profundidades entre 6.0 a 7.0 metros.
- En cuanto a las redes proyectadas, se propone la ejecución de nueve (9) sondeos a una profundidad de 4.0 metros.
- El programa de ensayos de laboratorio propuesto, que contempla un total de 252 determinaciones entre ensayos de identificación, clasificación y caracterización mecánica de los suelos, resulta consistente con la magnitud y complejidad del proyecto. La ejecución de ensayos de contenido de agua natural, límites de Atterberg, peso unitario, compresión inconfinada, corte directo, consolidación unidimensional,

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

expansión, contenido de materia orgánica y compresión simple en roca, se realizarán conforme a las normas INV y ASTM vigentes, permitiendo definir de manera confiable los parámetros físicos y mecánicos requeridos para los análisis geotécnicos.

15.1 Recomendaciones para la siguiente fase

- Realizar una campaña de investigación geotécnica detallada, que incluya sondeos con SPT en sectores representativos y ensayos de laboratorio para clasificación y resistencia de los materiales.
- Evaluar el comportamiento hidráulico y la estabilidad de márgenes fluviales, mediante análisis complementarios de socavación, erosión y control de drenaje.
- Incorporar los resultados de campo en un modelo geotécnico del sitio, que permita definir con precisión los parámetros de diseño para cimentaciones, estructuras enterradas, taludes y obras complementarias.
- Implementar medidas de manejo y control del agua subterránea durante la construcción, tales como drenajes temporales o bombeos controlados.
- Considerar la realización de un monitoreo geotécnico básico (niveles freáticos, movimientos superficiales y control de asentamientos) durante la etapa de obra, para validar el comportamiento del terreno frente a las cargas inducidas.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

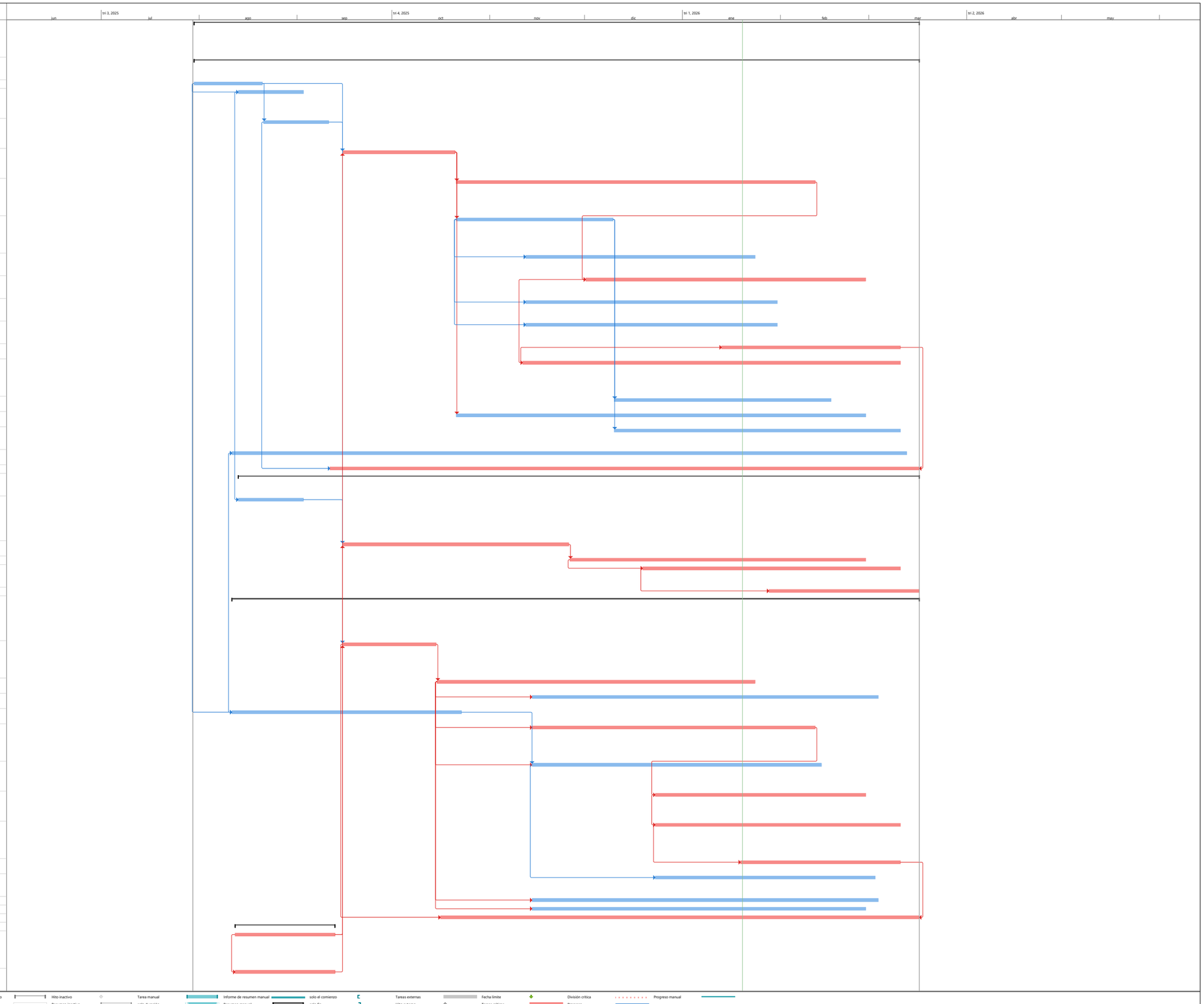
16 BIBLIOGRAFÍA

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. (2025). *Términos de referencia del Convenio de Asociación No. CAR-CONV-INT-1602-2025 y Contrato de Consultoría No. CAR-CM-2857-2025.* Bogotá, D.C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT. (2017). *Resolución 0330 de 2017 – Por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).* Diario Oficial de la República de Colombia, No. 50.240.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT. (2019). *Resolución 0661 de 2019 – Por la cual se aclaran y complementan aspectos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).*
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT. (2021). *Resolución 0799 de 2021 – Por la cual se modifica y adiciona la Resolución 0330 de 2017.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Guía técnica para la formulación de proyectos de saneamiento básico y tratamiento de aguas residuales municipales.* Bogotá, D.C.
- Instituto Nacional de Vías – INVIAS. (2018). *Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras – Serie INV-E.* Bogotá, D.C.
- American Society for Testing and Materials – ASTM International. (Vigente). *Annual Book of ASTM Standards.* Secciones D422, D4318, D698, D1883, D2166, D2435, entre otras aplicables a suelos y materiales geotécnicos.
- Ministerio de Transporte – INVIAS. (2014). *Cartilla Colombiana de Puentes CCP-14.* Bogotá, D.C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT. (2010). *Decreto 926 de 2010 – Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10.*
- Servicio Geológico Colombiano – SGC. (2015). *Mapa Geológico de Colombia 1:500.000.* Bogotá, D.C.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2014). *Cartografía básica y modelos digitales de elevación del municipio de Apulo, Cundinamarca.* Bogotá, D.C.

- AquaPlanet S.A.S. (2023). *Informe de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado y Vertimientos del Municipio de Apulo – Fase I.* Documento técnico entregado a la CAR.
- Google Earth Pro. (2024). *Imágenes satelitales del municipio de Apulo (Cundinamarca), coordenadas 4°31' N – 74°35' O.*
- Servicio Geológico Colombiano – SGC. (2017). *Atlas de Amenazas Geológicas de Colombia.* Bogotá, D.C.
- Geotechnical S.A.S. (2017). Estudio de suelos y recomendaciones para la construcción de placa para una PTAP, ubicado en la vereda Naranjal, Charcolargo y Salcedo, municipio de Apulo, en el departamento de Cundinamarca.
- Geotechnical S.A.S. (2017). Estudio de suelos, recomendaciones y diseño de dos tanques y un paso elevado, ubicado en el municipio de Apulo en el departamento de Cundinamarca.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		**ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN Nº CAR-CONV-INT-1602-2025**	**155 días**	**mié 30/07/25**	**lun 16/03/26**
2		**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**	**155 días**	**mié 30/07/25**	**lun 16/03/26**
3		Recopilación y análisis de información existente	14 días	mié 30/07/25	mié 20/08/25
4		Caracterizaciones de los vertimientos existentes a los largo del río Bogota de acuerdo con los parámetros de la resolución 0631 y objetivos de calidad de la fuente receptora	14 días	mié 13/08/25	mar 2/09/25
5		Diagnostico general del sistema y definición de los parámetros de diseño para los diseños del sistema de tratamiento de aguas residuales, incluye estudio y ensayos de patología en estructuras existentes.	15 días	jue 21/08/25	mié 10/09/25
6		Dimencionamiento, evaluación y definición de las alternativas de tratamiento tenido en cuenta eficiencias, costos de inversión, impacto ambiental y costos de operación.	25 días	lun 15/09/25	lun 20/10/25
7		Estudio de suelos para el area del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.	76 días	mar 21/10/25	mié 11/02/26
8		Diseños hidráulicos de la alternativa seleccionada del tratamiento preliminar, secundario y manejo de lodos primeros y secundarios con sus respectivas memorias de calculo y planos. Incluye diseños hidrosanitarios de las casetas y demas estructuras necesar	34 días	mar 21/10/25	mar 9/12/25
9		Diseños arquitectonicos de las obras de urbanismo de la PTAR y de las edificaciones necesarias para la operación de la PTAR (casetas)	48 días	mié 12/11/25	vie 23/01/26
10		Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos	61 días	lun 1/12/25	vie 27/02/26
11		Diseños eléctricos, control y automatización de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos	53 días	mié 12/11/25	vie 30/01/26
12		Diseños Mecánicos de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos	53 días	mié 12/11/25	vie 30/01/26
13		Elaboración de especificaciones técnicas de construcción del sistema de tratamiento	41 días	mar 13/01/26	mar 10/03/26
14		Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento	81 días	mar 11/11/25	mar 10/03/26
15		Elaboración del manual de arranque, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistema diseñados	45 días	mié 10/12/25	lun 16/02/26
16		Inventario y aprovechamiento forestal para el área del proyecto, incluye informe	88 días	mar 21/10/25	vie 27/02/26
17		Estudio de lineamientos plan de calidad y componente de seguridad y salud en el trabajo (HSEQ), del contratista de obra	61 días	mié 10/12/25	mar 10/03/26
18		Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto	146 días	lun 11/08/25	jue 12/03/26
19		Socialización del proyecto ante la comuniadad	126 días	jue 11/09/25	lun 16/03/26
20		**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**	**146 días**	**mié 13/08/25**	**lun 16/03/26**
21		Estudios complementarios a las caracterizaciones realizadas a los diseños de la PTAR, estudios hidrobiológicos aguas arriba y abajo de la fuente receptora de acuerdo con los parámetros de la resolución 0631 de 2015, 0330 de 2017 y 0959 de 2018 y objetivo	14 días	mié 13/08/25	mar 2/09/25
22		Modelación del vertimiento de la fuente receptora de acuerdo a la resolución 0959 de mayo de 2018	49 días	lun 15/09/25	mar 25/11/25
23		Evaluación Ambiental del vertimiento	64 días	mié 26/11/25	vie 27/02/26
24		Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento, conforme a lo establecido en el artículo 44 del Decreto 3930 de 2010 y la resolución 1514 de 2012	55 días	vie 19/12/25	mar 10/03/26
25		Socialización del proyecto ante la comuniadad	34 días	mié 28/01/26	lun 16/03/26
26		**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**	**148 días**	**lun 11/08/25**	**lun 16/03/26**
27		Informe de diagnostico hidráulico red de alcantarillado. Incluye recolección de información secundaria para el diagnostico, determinación de caudales, modelación hidráulica, validación de criterios hidráulicos y definición de necesidades.	21 días	lun 15/09/25	mar 14/10/25
28		Informe de análisis y selección de alternativas red de alcantarillado.	67 días	mié 15/10/25	vie 23/01/26
29		Informe de identificación predial (información secundaria y certificado de tradición y libertad).	73 días	vie 14/11/25	mar 3/03/26
30		Informe de estudio hidrológico e hidraulico de las fuentes superficiales a intervenir	51 días	lun 11/08/25	mié 22/10/25
31		Estudio de suelos para el interceptor, camaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo	59 días	vie 14/11/25	mié 11/02/26
32		Diseño hidráulico del interceptor incluye camaras de alivio, estaciones de bombeo entre otras estructuras necesarias para el interceptor incluye memorias de cálculo, informe y planos	61 días	vie 14/11/25	vie 13/02/26
33		Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)	46 días	mar 23/12/25	vie 27/02/26
34		Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento	53 días	mar 23/12/25	mar 10/03/26
35		Elaboración de especificaciones técnicas de construcción	37 días	lun 19/01/26	mar 10/03/26
36		Plan de manejo de tránsito, diseño geometrico de las vias internas de la PTAR y diseño de la estructura de pavimento	47 días	mar 23/12/25	lun 2/03/26
37		Plan de manejo ambiental	73 días	vie 14/11/25	mar 3/03/26
38		Inventario forestal	71 días	vie 14/11/25	vie 27/02/26
39		Socialización del proyecto ante la comuniadad	102 días	jue 16/10/25	lun 16/03/26
40		**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y TOPO BATIMETRÍA.**	**23 días**	**mar 12/08/25**	**vie 12/09/25**
41		Topografía altimetrica y planimetrica para la PTAR y Interceptor, incluye catastro de redes de la infraestructura existente, levantamiento de los nuevo corredores para expansión de redes y demas elementos necesarios para la ejecución del proyecto	23 días	mar 12/08/25	vie 12/09/25
42		Topobatimetría para fuentes hidricas las cuales implican pasos de tuberias y para el Rio Bogota en el futuro punto de vertimiento de la PTAR	23 días	mar 12/08/25	vie 12/09/25



Bogotá D.C., enero 14 de 2026

AQP- APU – 0033

Ingeniero
JOSÉ ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ
R/L y director Interventoría
CAR-CM-2858-2025

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR

Fondo Para Las Inversiones Ambientales en la Cuenca Del Río Bogotá - FIAB

ING. MANUEL ANDRÉS GONZÁLEZ MALAGÓN

Supervisor del contrato

Referencia: CONTRATO CAR-CM-2857-2025. "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-1602-2025"

ASUNTO SOLICITUD DE PRORROGA

Cordial saludo ingeniero;

En atención al estado actual de ejecución del Contrato de Consultoría No. CAR-CM-2857-2025, a las entregas parciales y definitivas realizadas a la fecha, y a la programación de las actividades técnicas pendientes, en especial aquellas asociadas a los trabajos de campo y laboratorio del componente geotécnico, nos permitimos exponer a continuación las circunstancias técnicas y operativas que requieren ajustes al cronograma inicialmente aprobado, las cuales inciden directamente en la ruta crítica del proyecto y en el desarrollo secuencial de los productos contractuales.

En lo referente al componente de geotecnia, es importante señalar que, con ocasión de la temporada de fin de año, los laboratorios de suelos certificados con los cuales se tenía adelantado proceso administrativo suspendieron la prestación de sus servicios durante el periodo comprendido entre el 19 de diciembre de 2025 y el 13 de enero de 2026. Esta situación, ajena al control de la consultoría, generó retrasos en la ejecución de los sondeos y

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531
Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ensayos de laboratorio y en la obtención de sus resultados, los cuales constituyen un insumo técnico indispensable para el desarrollo de la fase de diseño, ocasionando el consecuente desplazamiento de las actividades dependientes dentro del cronograma contractual. Lo anterior se puede constatar en el comunicado emitido por el laboratorio de suelo y se presenta a continuación como un anexo:

- ESS-0397-01-AQU.PDF

Adicionalmente, una vez se cuente con los resultados definitivos del estudio geotécnico, resulta técnicamente indispensable reprogramar en el tiempo la ejecución de los productos que dependen directamente de dicho componente, dada su relación lógica, secuencial y técnica. Esta reprogramación es necesaria para garantizar la coherencia de los diseños, el cumplimiento integral del objeto contractual y la calidad técnica de los estudios, evitando reprocesos o ajustes posteriores.

De acuerdo a lo anterior, esto ha generado que los productos relacionados a continuación, presente afectaciones en sus tiempos de ejecución.

ITEM	DESCRIPCION DE LOS ALCANCES Y PRODUCTOS
	PRODUCTOS PTAR
1.7	Diseños arquitectonicos de las obras de urbanismo de la PTAR y de las edificaciones necesarias para la operación de la PTAR (casetas)
1.8	Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos
1.11	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción del sistema de tratamiento
1.12	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
1.16	Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto
	PRODUCTOS PGRMV
2.4	Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento, conforme a lo establecido en el artículo 44 del Decreto 3930 de 2010 y la resolución 1514 de 2012
	PRODUCTOS INTERCEPTORES
3.7	Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)
	OTROS ESTUDIOS
3.8	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
3.9	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción
3.10	Plan de manejo de tránsito, diseño geometrico de las vias internas de la PTAR y diseño de la estructura de pavimento

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531
Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

En atención a lo anterior, y con el fin de asegurar una ejecución técnica adecuada del contrato, se presenta a continuación la reprogramación de tiempos requerida para la elaboración y entrega de los diferentes productos contractuales.

ITEM	DESCRIPCION DE LOS ALCANCES	INICIO PROGRA.	FINAL PROGRA.	FINAL REPRO.
1.PRODUCTOS PTAR				
1.1	Recopilación y análisis de información existente	mié 30/07/25	mié 20/08/25	mié 20/08/25
1.2	Caracterizaciones de los vertimientos existentes a los largo del rio Bogota de acuerdo con los parámetros de la resolución 0631 y objetivos de calidad de la fuente receptora	mié 13/08/25	mar 2/09/25	mar 2/09/25
1.3	Diagnostico general del sistema y definición de los parámetros de diseño para los diseños del sistema de tratamiento de aguas residuales, incluye estudio y ensayos de patología en estructuras existentes.	jue 21/08/25	mié 10/09/25	mié 10/09/25
1.4	Dimensionamiento, evaluación y definición de las alternativas de tratamiento tenido en cuenta eficiencias, costos de inversión, impacto ambiental y costos de operación.	lun 15/09/25	lun 20/10/25	lun 20/10/25
1.5	Estudio de suelos para el area del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.	mar 21/10/25	vie 28/11/25	Mie 11/02/26
1.6	Diseños hidráulicos de la alternativa seleccionada del tratamiento preliminar, secundario y manejo de lodos primeros y secundarios con sus respectivas memorias de calculo y planos. Incluye diseños hidrosanitarios de las casetas y demas estructuras necesarias presentes en el proyecto de la PTAR	mar 21/10/25	mar 9/12/25	mar 9/12/25
1.7	Diseños arquitectonicos de las obras de urbanismo de la PTAR y de las edificaciones necesarias para la operación de la PTAR (casetas)	mié 12/11/25	mié 3/12/25	Vie 23/12/25
1.8	Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos	lun 1/12/25	lun 22/12/25	Vie 27/02/26
1.9	Diseños eléctricos, control y automatización de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos	mié 12/11/25	mié 3/12/25	vier 30/01/26
1.10	Diseños Mecánicos de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos	mié 12/11/25	mié 3/12/25	vier 30/01/26

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531
Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ITEM	DESCRIPCION DE LOS ALCANCES	INICIO PROGRA.	FINAL PROGRA.	FINAL REPRO.
1.11	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción del sistema de tratamiento	mar 13/01/26	jue 29/01/26	mar 10/03/26
1.12	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento	mar 11/11/25	vie 9/01/26	mar 10/03/26
1.13	Elaboración del manual de arranque, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistema diseñados	mié 10/12/25	mié 31/12/25	Lun 16/02/26
1.14	Inventario y aprovechamiento forestal para el área del proyecto, incluye informe	mar 21/10/25	jue 11/12/25	vir 27/02/26
1.15	Estudio de lineamientos plan de calidad y componente de seguridad y salud en el trabajo (HSEQ), del contratista de obra	mié 10/12/25	jue 8/01/26	mar 10/03/26
1.16	Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto	lun 11/08/25	mié 3/12/25	jue 12/03/26
1.17	Socialización del proyecto ante la comuniadad	jue 11/09/25	jue 29/01/26	Sab 14/03/26
2. PRODUCTOS PGRMV				
2.1	Estudios complementarios a las caracterizaciones realizadas a los diseños de la PTAR, estudios hidrobiológicos aguas arriba y abajo de la fuente receptora de acuerdo con los parámetros de la resolución 0631 de 2015, 0330 de 2017 y 0959 de 2018 y objetivos de calidad de la fuente receptora	mié 13/08/25	mar 2/09/25	mar 2/09/25
2.2	Modelación del vertimiento de la fuente receptora de acuerdo a la resolución 0959 de mayo de 2018	lun 15/09/25	mar 25/11/25	mar 25/11/25
2.3	Evaluación Ambiental del vertimiento	mié 26/11/25	jue 18/12/25	vier 27/02/26
2.4	Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento, conforme a lo establecido en el artículo 44 del Decreto 3930 de 2010 y la resolución 1514 de 2012	vie 19/12/25	mar 27/01/26	Mar 10 /03/26
2.5	Socialización del proyecto ante la comuniadad	mié 28/01/26	jue 29/01/26	Sab 14/03/26
3.PRODUCTOS INTERCEPTORES				
3	**DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE REDES PRINCIPALES DE ALCANTARILLADO**			
3.1	Informe de diagnostico hidráulico red de alcantarillado. Incluye recolección de información secundaria para el diagnostico, determinación de caudales, modelación hidráulica, validación de criterios hidráulicos y definición de necesidades.	lun 15/09/25	mar 14/10/25	mar 14/11/25
3.2	Informe de análisis y selección de alternativas red de alcantarillado.	mié 15/10/25	jue 13/11/25	vier 23/01/26

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531
Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ITEM	DESCRIPCION DE LOS ALCANCES	INICIO PROGRA.	FINAL PROGRA.	FINAL REPRO.
3.3	Informe de identificación predial (información secundaria y certificado de tradición y libertad).	vie 14/11/25	mar 16/12/25	Mar 03 /03/26
3.4	Informe de estudio hidrológico e hidraulico de las fuentes superficiales a intervenir	lun 11/08/25	mié 22/10/25	mié 22/10/25
3.5	Estudio de suelos para el interceptor, camaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo, registro fotográfico, ensayos de laboratorio, perfil estratigráfico, recomendaciones para la instalación de la tubería (talud y estructura de cimentación).	vie 14/11/25	lun 22/12/25	Mie 11/02/26
3.6	Diseño hidráulico del interceptor incluye camaras de alivio, estaciones de bombeo entre otras estructuras necesarias para el interceptor incluye memorias de cálculo, informe y planos	vie 14/11/25	lun 22/12/25	vier 13/02/26
3.7	Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)	mar 23/12/25	jue 8/01/26	Vie 27/02/26
3.8	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento	mar 23/12/25	vie 16/01/26	mar 10/03/26
3.9	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción	lun 19/01/26	jue 29/01/26	mar 10/03/26
3.10	Plan de manejo de tránsito, diseño geometrico de las vias internas de la PTAR y diseño de la estructura de pavimento	mar 23/12/25	mié 21/01/26	lun 2/03/26
3.11	Plan de manejo ambiental	vie 14/11/25	lun 29/12/25	mar 3/03/26
3.12	Inventario forestal	vie 14/11/25	mar 30/12/25	vir 27/02/26
3.13	Socialización del proyecto ante la comuniadad	jue 16/10/25	jue 29/01/26	Sab 14/03/26
4	**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y TOPO BATIMETRÍA.**			
4.1	Topografía altimetrica y planimetrica para la PTAR y Interceptor, incluye catastro de redes de la infraestructura existente, levantamiento de los nuevo corredores para expansión de redes y demas elementos necesarios para la ejecución del proyecto	mar 12/08/25	vie 12/09/25	vie 12/09/25

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531
Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ITEM	DESCRIPCION DE LOS ALCANCES	INICIO PROGRA.	FINAL PROGRA.	FINAL REPRO.
4.2	Topobatimetría para fuentes hidricas las cuales implican pasos de tuberias y para el Río Bogota en el futuro punto de vertimiento de la PTAR	mar 12/08/25	vie 12/09/25	vie 12/09/25

Con fundamento en dicha reprogramación, se evidencia que los plazos necesarios para la correcta ejecución de las actividades superan los tiempos inicialmente pactados. En consecuencia, de manera respetuosa solicitamos la concesión de una prórroga por un término de cuarenta y cinco (45) días calendario adicionales a los seis (6) meses de ejecución inicialmente establecidos, manteniendo como fecha de inicio contractual la correspondiente al acta de inicio suscrita el 30 de julio de 2025, y extendiendo la fecha de finalización del contrato hasta el 16 de marzo de 2026. Lo anterior permitirá culminar el contrato de manera técnica, segura y conforme a los objetivos, metas institucionales e intereses misionales de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Finalmente, AQUAPLANET INGENIERÍA S.A.S. BIC reitera su plena disposición para continuar avanzando de manera diligente en la ejecución del proyecto y para articular esfuerzos con la Interventoría y la Entidad Contratante, orientados a garantizar un cumplimiento integral y satisfactorio del objeto contractual.

Quedamos atentos a una pronta respuesta.

Cordialmente;



MANUEL SALAZAR CUEVAS.
Director de la consultoría de diseños.
Mail: gerenciatecnica@aquaplanetsas.com

Bogotá 15 de enero de 2026

AB-CTO-CAR-CM-2858-2025-050

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL - CAR
Atn. Fondo para las Inversiones Ambientales en la Cuenca del Río Bogotá – FIAB
Dirección de Infraestructura Ambiental - DIA

Asunto: SOLICITUD DE PRORROGA CONTRATO CAR-CM-2857-2025 Y ADICIÓN Y PRORROGA CONTRATO CAR-CM-2858-2025

Ref.: Contrato No. CAR-CM-2857-2025: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO CON LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CARCONV-INT-1602-2025".

Cordial Saludo:

En el marco del Contrato de Interventoría No. CAR-CM-2858-2025, y en cumplimiento de las obligaciones establecidas contractualmente, esta Interventoría se permite informar a la Entidad el estado actual de ejecución del Contrato de Consultoría No. CAR-CM-2857-2025, así como emitir concepto técnico frente a la solicitud de prórroga presentada por el contratista consultor.

De conformidad con el seguimiento técnico y administrativo efectuado, especialmente lo relacionado al seguimiento del Plan de Trabajo Aprobado: se deja constancia que a la fecha el consultor ha dado cumplimiento a las entregas parciales UNO y DOS, los cuales fueron presentados y evaluados conforme a lo establecido contractualmente, en concordancia con lo dispuesto en la Cláusula Quinta (Plazo de ejecución) y al Plan Detallado de Trabajo. Actualmente, el equipo consultor se encuentra en proceso de estructuración y consolidación de la entrega Parcial TRES. No obstante lo anterior, del análisis comparativo entre lo programado y lo efectivamente ejecutado, esta Interventoría evidencia un atraso significativo en la entrega de productos, atribuible principalmente a retrasos en actividades correspondientes a la ruta crítica del proyecto, relacionadas con la ejecución de los estudios de suelos y geotecnia, actividades que, por su naturaleza técnica, condicionan directamente el avance de los diseños estructurales, constructivos y la formulación de presupuestos de obra, conforme al alcance definido en el Anexo Técnico del contrato de consultoría.

Respecto a la entrega Parcial 3 se tenía programado la entrega de los siguientes productos para el mes de diciembre de 2025:

ITEM	PRODUCTO
PRODUCTO 1	**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 1.5	Estudio de suelos para el area del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.
PRODUCTO 1.6	Diseños hidráulicos de la alternativa seleccionada del tratamiento preliminar, secundario y manejo de lodos primeros y secundarios con sus respectivas memorias de calculo y planos. Incluye diseños hidrosanitarios de las casetas y demas estructuras necesar
PRODUCTO 1.7	Diseños arquitectonicos de las obras de urbanismo de la PTAR y de las edificaciones necesarias para la operación de la PTAR (casetas)
PRODUCTO 1.8	Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.9	Diseños eléctricos, control y automatización de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.10	Diseños Mecánicos de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.13	Elaboración del manual de arranque, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistema diseñados
PRODUCTO 1.14	Inventario y aprovechamiento forestal para el área del proyecto, incluye informe
PRODUCTO 1.16	Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto
PRODUCTO 2	**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 2.3	Evaluación Ambiental del vertimiento
PRODUCTO 3	**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**
PRODUCTO 3.3	Informe de identificación predial (información secundaria y certificado de tradición y libertad).
PRODUCTO 3.5	Estudio de suelos para el interceptor, camaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo
PRODUCTO 3.6	Diseño hidráulico del interceptor incluye camaras de alivio, estaciones de bombeo entre otras estructuras necesarias para el interceptor incluye memorias de cálculo, informe y planos
PRODUCTO 3.7	Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)
PRODUCTO 3.10	Plan de manejo de tránsito, diseño geometrico de las vias internas de la PTAR y diseño de la estructura de pavimento
PRODUCTO 3.11	Plan de manejo ambiental
PRODUCTO 3.12	Inventario forestal

En desarrollo del seguimiento contractual, esta Interventoría deja constancia que mediante comunicación radicada el once (11) de diciembre de 2025, el subcontratista encargado de los estudios de suelos informó formalmente al consultor que el laboratorio no prestaría servicio de recepción de muestras ni realizaría entrega de resultados durante el periodo comprendido entre el diecinueve (19) de diciembre de 2025 y el doce (12) de enero de 2026, ambas fechas inclusive, con ocasión del cierre operativo de fin de año. Dicha situación, debidamente informada y soportada, constituye una circunstancia externa y ajena al control del consultor, que impacta directamente la ejecución de las actividades correspondientes a los estudios geotécnicos, los cuales hacen parte integral de la ruta crítica del proyecto. Dicho hecho afectó la ejecución de los sondeos y ensayos de laboratorio y la obtención de sus resultados, los cuales constituyen un insumo técnico indispensable para el desarrollo de los diseños definitivos, generando el desplazamiento de las actividades dependientes dentro del cronograma contractual.

No obstante lo anterior, se resalta que el equipo consultor adelantó las actividades técnicas previas que no dependían de los resultados de laboratorio. En este sentido, el quince (15) de diciembre de 2025 se presentó la segunda versión del análisis de alternativas, en la cual quedó plenamente definida y configurada la implantación de las unidades que conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR proyectada. En la misma fecha, el consultor presentó el respectivo Plan de Exploración de Suelos, documento técnico que establece la localización, profundidad y número de sondeos requeridos conforme a la normativa vigente, dejando preparados los insumos necesarios para la ejecución inmediata de las actividades de campo una vez se restablecieran los servicios de laboratorio.

Así mismo, en el Comité de Seguimiento realizado el quince (15) de diciembre de 2025, el consultor socializó ante la Interventoría la segunda versión del análisis de alternativas, presentó formalmente el Plan de Exploración de Suelos e informó de manera expresa la imposibilidad técnica de ejecutar las actividades de suelos durante el mes de diciembre de 2025, como consecuencia directa de la suspensión temporal de los servicios del laboratorio certificado. Esta situación fue conocida y verificada por la Interventoría, quedando consignada en el marco del seguimiento contractual como un hecho sobreviniente no imputable al contratista.

Es así que de la entrega parcial 3 programada para el mes de diciembre de 2025, se tienen los siguientes productos que dependen directamente de los estudios de suelos, actividades que no han podido ser ejecutadas:

ITEM	PRODUCTO
PRODUCTO 1	**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

PRODUCTO 1.5	Estudio de suelos para el area del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.
PRODUCTO 1.8	Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de calculo y planos
PRODUCTO 1.16	Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto
PRODUCTO 2	**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 3	**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**
PRODUCTO 3.5	Estudio de suelos para el interceptor, camaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo
PRODUCTO 3.7	Diseños estructurales del interceptor como camaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, carcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)

Así mismo, para la Entrega Parcial No. 4, programada para el mes de enero de 2026, se tienen los siguientes productos cuya ejecución presenta retraso, como consecuencia directa de la no ejecución de los estudios de suelos y geotecnia, los cuales constituyen una actividad de la ruta crítica y condicionan el desarrollo de los diseños y productos asociados :

ITEM	PRODUCTO
PRODUCTO 1	**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 1.11	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción del sistema de tratamiento
PRODUCTO 1.12	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
PRODUCTO 2	**ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**
PRODUCTO 3	**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND**
PRODUCTO 3.8	Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
PRODUCTO 3.9	Elaboración de especificaciones técnicas de construcción

Una vez finalizado el periodo de suspensión informado por el laboratorio, el doce (12) de enero de 2026 se llevó a cabo el Comité de Seguimiento del proyecto, en el cual se revisó el estado de las actividades pendientes y se estableció la reactivación de los estudios de suelos y geotecnia, permitiendo dar continuidad a las actividades dependientes de la ruta crítica. Este encadenamiento técnico evidencia que el retraso presentado obedece a una restricción temporal objetiva y plenamente identificada, que imposibilitó la ejecución secuencial de los productos asociados a los diseños estructurales, presupuestales y de riesgos, sin que ello implique negligencia o incumplimiento por parte del consultor.

Lo anterior se enmarca en lo previsto en la Cláusula Décima Novena (Caso fortuito y fuerza mayor) de la minuta contractual del Contrato de Consultoría, por cuanto se trata de circunstancias no imputables al contratista y que inciden de manera directa en los plazos de ejecución del proyecto, así como en el principio de planeación y ejecución responsable del contrato estatal, orientado a garantizar la calidad técnica, coherencia y consistencia de los productos a entregar. En este sentido, y teniendo en cuenta que la ejecución secuencial de las actividades que conforman la ruta crítica del proyecto no permite su desarrollo en paralelo sin comprometer la integralidad técnica de los diseños, esta Interventoría considera técnicamente justificada, razonable y necesaria la solicitud de prórroga presentada por el contratista consultor. En consecuencia, se estima procedente la modificación del plazo de ejecución del Contrato por un término de uno punto cinco (1.5) meses, para un plazo total de siete punto cinco (7.5) meses, teniendo en cuenta que, conforme al acta de inicio, la fecha de terminación inicialmente programada correspondía al día veintinueve (29) de enero de 2026, la cual se proyecta ampliar hasta el día dieciséis (16) de marzo de 2026. Así mismo, se deja constancia de que se hace entrega de la reprogramación de actividades del Contrato de Consultoría No. CAR-CM-2858-2025, en la cual se evidencia que todas las actividades que componen el proyecto finalizan el dieciséis (16) de marzo de 2026, garantizando el cumplimiento integral del objeto contractual.

Se proyecta la siguiente información contractual

CONTRATO No.	CAR-CM-2857-2025
OBJETO	ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-16022025".
CONTRATISTA	AQUAPLANET INGENIERÍA S.A.S BIC R/L MARÍA ISABEL LÓPEZ HERMOSA
LOCALIZACIÓN	APULO CUNDINAMARCA
VALOR	$ 1.544.597.91,00
PLAZO INICIAL	6 MESES
FECHA ACTA DE INICIO	30 DE JULIO DE 2025
FECHA DE TERMINACION INICIAL	29 DE ENERO DE 2026
PRORROGA N° 01	(1.5) MESES

FECHA DE TERMINACION SEGÚN PRORROGA N° 01	16 DE MARZO DE 2026

Así mismo, y considerando que el Contrato de Interventoría No. CAR-CM-2858-2025 se encuentra directamente asociado al plazo del contrato de consultoría, esta Interventoría, en ejercicio de sus funciones y con fundamento en la Cláusula Quinta (Plazo de ejecución) de la minuta del contrato de Interventoría, solicita a la Entidad la concesión de una prórroga por un término igual al de la consultoría de mes y medio (1.5 meses), en los mismos términos de la prórroga solicitada por el consultor, sin modificación del valor contractual.

La ampliación del plazo permitirá a esta Interventoría continuar ejerciendo de manera integral, oportuna y eficaz sus funciones de seguimiento y control, garantizando que los productos finales se entreguen con el nivel de detalle, calidad técnica y cumplimiento normativo exigidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.

Así mismo, y en concordancia con la prórroga solicitada para el Contrato de Consultoría, esta Interventoría informa que el mayor plazo de ejecución requerido implica una ampliación efectiva del período de prestación de los servicios de interventoría, lo cual genera la necesidad de reconocer económicamente dicho tiempo adicional, de conformidad con las condiciones técnicas, administrativas y financieras inicialmente ofertadas. En este sentido, y teniendo en cuenta el Anexo de la Propuesta Económica presentada por la Interventoría, se solicita la adición presupuestal al Contrato de Interventoría No. CAR-CM-2858-2025 por un valor de CUARENTA Y CUATRO MILLONES CIENTO NOVENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS ($44.194.338) M/CTE, correspondiente al reconocimiento del mayor plazo de ejecución derivado de la prórroga solicitada, sin que ello implique modificación del alcance contractual originalmente pactado.

PROPUESTA ECONOMICA ADICIÓN N° 01							
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**CANTIDAD (A)**	**MESES (B)**	**% DEDICACIÓN (C)**	**VALOR MENSUAL (D)**	**F.M. (E)**	**VALOR TOTAL (A x B x C x D x E)**
A. PERSONAL							
1	DIRECTOR DE INTERVENTORÍA	1	1.5	20%	12,037,650	2.24	8,089,301
2	INGENIERO HIDRAULICO	1	1.5	25%	9,411,250	2.24	7,905,450
3	INGENIERO ESTRUCTURAL	1	1.5	15%	9,411,250	2.24	4,743,270
4	INGENIERO GEOTECNISTA	1	1.5	15%	9,411,250	2.24	4,743,270
5	INGENIERO ELECTROMECANICO	1	1.5	15%	9,411,250	2.24	4,743,270
6	PROFESIONAL HSEQ	1	0	22%	9,411,250	2.24	-
7	TOPOGRAFO	1	0	26%	4,486,750	2.24	-
						TOTAL A. COSTOS DE PERSONAL	**30,224,561**
B. OTROS COSTOS DIRECTOS							
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD (A)**	**MESES (B)**	**% DEDICACION (C)**	**VALOR UNITARIO (D)**	**VALOR TOTAL (A x B x C x D)**
1	Alquiler de vehículo menor a 2000cc modelo 2020 en adelante, (Incluye conductor y todo costo asociado)	MES	1	1.5	50%	9,218,050	6,913,538
						TOTAL B. OTROS COSTOS DIRECTOS	**6,913,538**
						TOTAL (A+B)	**37,138,099**
						IVA **19%**	**7,056,239**
						TOTAL PROPUESTA ECONOMICA	**44,194,338**

Se proyecta la siguiente información contractual del contrato de interventoría:

CONTRATO No.	CAR-CM-2858-2025
OBJETO	INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y AMBIENTAL PARA EL CONTRATO CUYO OBJETO CORRESPONDE A "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CARCONV-INT-1602-2025
CONTRATISTA	JOSE ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ
LOCALIZACIÓN	APULO CUNDINAMARCA
VALOR	$ 185.405.975,00
PLAZO INICIAL	6 MESES
FECHA ACTA DE INICIO	30 DE JULIO DE 2025
FECHA DE TERMINACION INICIAL	29 DE ENERO DE 2026
PRORROGA N° 01	(1.5) MESES

FECHA DE TERMINACION SEGÚN PRORROGA N° 01	16 DE MARZO DE 2026
ADICIÓN N° 01	$44.194.338
VALOR DEL CONTRATO SEGÚN ADICIÓN N° 01	$229.600.313

Cordialmente,

JOSÉ ALEJANDRO BALLÉN SUÁREZ
Interventor
Contrato de Interventoría CAR-CM-2858-2025

Anexos:

- Solicitud de Prorroga CTO CAR-CM-2857-2025
- Comunicación subcontratista suelos
- Plan de Exploración de Suelos
- Reprogramación Contrato CAR-CM-2857-2025

REGISTRO PROYECTO BANCO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DEINVERSIÓN BPPI - CAR

FECHA	29 de enero de 2026		
NÚMERO REGISTRO DE PROYECTO	**2024140200048**		
NOMBRE DEL PROYECTO	ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS, DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA.		
TIPO DE PROYECTO	Cofinanciación	**RADICADO SIDCAR**	20261007960
PROYECTO ACTUALIZADO	**X**	**FASE PROYECTO**	Factibilidad
PROYECTO NUEVO			

CADENA DE VALOR		
PRODUCTOS	**ACTIVIDADES**	**COSTO**
3205024 Estudios de preinversión	Realizar la topografía altimetrica y planimetrica para la PTAR y Interceptor, incluye catastro de redes de la infraestructura existente, levantamiento de los nuevos corredores para expansión de redes y demás elementos necesarios para la ejecución del proyecto	$ 44,354,114
	Realizar la topobatimetría para fuentes hídricas las cuales implican pasos de tuberías y para el Río Bogotá en el futuro punto de vertimiento de la PTAR	$ 22,782,725
	Elaborar estudios y diseños del Interceptor de Alcantarillado de aguas residuales de la Carrera 4, desde la calle 9 hasta la calle 5 y continúa paralelo al Rio Bogotá 350 m, hasta llegar a la Carrera 6 por la calle 3 en el municipio de Apulo - departamento de Cundinamarca	$ 372,141,465
	Elaborar estudios y diseños para la construcción de la Planta de Tratamiento de agua residual (PTAR) en el municipio de Apulo, departamento de Cundinamarca.	$ 923,725,060

	Ajuste y/o modificación del Plan de gestión del riesgo y manejo de vertimientos (PGRMV) del Municipio de Apulo, Departamento de Cundinamarca.	$ 182,087,853
	Realizar el seguimiento y control del proyecto (interventoría)	$ 229.605.284

	ACTIVIDAD PAC	ACTIVIDAD BPPI	FUENTE DE RECURSOS	VALOR	VIGENCIA
03.Infraestructura ambiental para el recurso hídrico	03.3.1 Desarrollar proyectos para el fortalecimiento en infraestructura en saneamiento básico asociado al manejo de aguas residuales contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos de calidad de las fuentes hídricas del Territorio CAR	Realizar la topografía altimetrica y planimetrica para la PTAR y Interceptor, incluye catastro de redes de la infraestructura existente, levantamiento de los nuevos corredores para expansión de redes y demás elementos necesarios para la ejecución del proyecto	21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 44.354.114	2025
		Realizar la topobatimetría para fuentes hídricas las cuales implican pasos de tuberías y para el Río Bogotá en el futuro punto de vertimiento de la PTAR	21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 22.782.725	2025
		Elaborar estudios y diseños del Interceptor de Alcantarillado de aguas residuales de la Carrera 4, desde la calle 9 hasta la calle 5 y continúa paralelo al Rio Bogotá 350 m, hasta llegar a la Carrera 6 por la calle 3 en el municipio de Apulo - departamento de Cundinamarca	21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 372.141.465	2025
		Elaborar estudios y diseños para la construcción de la Planta de Tratamiento de agua residual (PTAR) en el municipio de Apulo, departamento de Cundinamarca.	21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 893.725.060	2025
			Recursos Propios del Municipio	$ 30.000.000	2025
		Ajuste y/o modificación del Plan de gestión del riesgo y manejo de	21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 182.087.853	2025

		vertimientos (PGRMV) del Municipio de Apulo, Departamento de Cundinamarca.			
		Realizar el seguimiento y control del proyecto (interventoría)	21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 185.410.946	2025
			21 TASAS RETRIBUTIVAS	$ 44.194.338	2026
TIEMPO			DIECINUEVE (19) MESES		
VALOR EN LETRAS Y NUMEROS			MIL SETECIENTOS SETENTA Y CUATRO MILLONES SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL QUINIENTOS UN PESOS ($ 1.774.696.501)		

Proyecto actualizado por **JOSÉ IGNACIO SANTOYA CHAPARRO** en su calidad de **Alcalde del Municipio de Apulo.**

Se procede a actualizar el presente proyecto en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión CAR, el cual fue viabilizado por la Dirección Técnica de Infraestructura Ambiental y la Oficina Asesora de Planeación.

Observaciones: La Alcaldía del Municipio de Apulo es responsable de la veracidad técnica, metodológica, jurídica y financiera de la información que soporta el proyecto objeto de actualización, así como de la formulación, presentación y viabilización técnica y financiera de este. Además de ser responsable de la adecuada ejecución de los recursos fijados para la realización del objeto del presente en el marco del proyecto y las actividades en mención, para lo cual debe cumplir con los requisitos de la norma LEGAL VIGENTE, igualmente debe contribuir a los resultados tangibles, específicos y verificables tanto en productos como en tiempo y deben aportar de manera directa al cumplimiento de las metas del plan de acción cuatrienal PAC "2024 2027", es por esta razón que las obligaciones del contrato deben guardar precisión con los productos contractuales y los productos que se pretenden lograr.

La Dirección Técnica de Infraestructura Ambiental es la responsable de la veracidad técnica y presupuestal y la Oficina Asesora de Planeación la verificación metodológica, financiera y jurídica.

LUCIA OBANDO VEGA
Jefe Oficina Asesora de Planeación

Elaboró: Pilar Vanessa Salas Correa

Revisó: Carlos Arturo Mahecha

Revisó: Rusvel Jainer Nieto Molina

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA FONDO PARA LAS INVERSIONES AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTA-FIAB DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL -DIA	Hoja 1 de 3 Fecha: 15 12 2025 DD MM AA Contrato o convenio No.: Convenio1602 de 2025 y contratos derivados ACTA No: 2

A.11. FORMATO ACTA DE REUNIÓN

CONCEPTO O TEMA DE LA REUNION:

Mesa Comité Técnico # 6 CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1602-2025 y contratos derivados.

ORIGEN DE LA CONVOCATORIA

Oficio Correo	x	Correo electrónico		Otro medio	
Oficio fax		Vía telefónica			

Nombre de los Asistentes	Entidad	No. Tel. de Asistentes	Correo electrónico

ORDEN DEL DIA			
TEMAS PROPUESTOS (P) - TEMAS TRATADOS (T)	**P**	**T**	**OBSERVACIONES**
Seguimiento técnico y administrativo del Convenio 1602 del 2025	x	x	Se realizó la verificación del avance general del contrato frente al Plan de Trabajo aprobado, evaluando el cumplimiento de actividades programadas y el estado actual de ejecución del proyecto.

Revisión de Entregas Parciales No 1, No 2 y No 3	x	x	Se dejó constancia del cumplimiento de las Entregas Parciales acorde al Plan de Trabajo y el pazo de ejecucion, por consiguinete se rectifica la aprobacion de la parcial No 1 y No 2 por parte del Consultor, así como del avance en la estructuración de la Entrega Parcial TRES, conforme a los plazos y condiciones contractuales.
Observaciones de las Alternativas de la PTAR	x	x	Durante la sesión, el Consultor presentó la versión ajustada del Informe de Alternativas de la PTAR de Apulo, en la cual se incorporaron las observaciones de la Interventoría y la Supervisión, fortaleciendo la consistencia técnica, metodológica y normativa del diseño. Los ajustes incluyeron la precisión de la metodología para la definición de constituyentes de entrada, la alineación de los parámetros del sistema de tratamiento con la normativa ambiental vigente, y la articulación con el modelo de calidad del vertimiento para la adecuada selección de niveles de tratamiento y trenes tecnológicos. Se deja constancia que el Consultor informó en este comité que, mediante comunicación del once (11) de diciembre de 2025, el subcontratista encargado de los estudios de suelos notificó que el laboratorio no prestará servicios de recepción de muestras ni entregará resultados durante el periodo comprendido entre el diecinueve (19) de diciembre de 2025 y el doce (12) de enero de 2026, ambas fechas inclusive, con ocasión del cierre operativo de fin de año En consecuencia, la Interventoría deja consignado que la imposibilidad temporal de ejecutar las actividades de suelos constituye un hecho sobreviniente no imputable al contratista.
Revisión del Cronograma de trabajo presentado por la Consultoría y Avalado por la Interventoría	x	x	La Supervisión del Contrato requiere de manera expresa al Consultor y a la Interventoría para que, en el marco de sus competencias contractuales, realicen una revisión integral y detallada del cumplimiento del Plan de Trabajo aprobado y del cronograma de ejecución, contrastando lo programado con lo efectivamente ejecutado, con el fin de identificar desviaciones, establecer medidas de ajuste y adoptar de manera inmediata las acciones técnicas, administrativas y contractuales necesarias que permitan garantizar la continuidad del proyecto y el cumplimiento oportuno e integral del objeto contractual, sin detrimento de la calidad, coherencia y conformidad normativa de los productos a entregar.

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA FONDO PARA LAS INVERSIONES AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTA-FIAB DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA AMBIENTAL -DIA	Hoja 1 de 3 Fecha: 15 12 2025 DD MM AA Contrato o convenio No.: Convenio1602 de 2025 y contratos derivados ACTA No: 2

TAREAS O COMPROMISOS A REALIZAR:

Tareas o compromisos programados	Responsable/Institución	Programada en reunión	Cumplir antes del	Observaciones
Realizar comité de seguimiento	Interventoría Apoyo a la Supervisión	13/01/2026		
Coordinar con laboratorio programación del plan de exploración	Contratista Consultor		15/01/2026	
Revisión de ejecución de Plan de Trabajo, plan de contingencia o requerimiento de prórroga	Interventoría		13/01/2026	

PROXIMA REUNIÓN :
Fecha: 13 de enero de 2025
Hora: 3:00 pm
Lugar: SEDE CENTRAL CAR- SALA RÍO BOGOTA
Temas a tratar:_____

Para constancia de lo anterior, firman la presente acta los que en ella intervinieron a los 15 días del mes de Diciembre de 2025.

Firma y nombre de los participantes : Se anexa listado de asistencia participantes CAR

Original: Carpeta del Contrato.
!ra. Copia: Dirección respectiva.
2da. Copia: Supervisión o Interventor CAR.
3ra. Copia:Contratista

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA C.A.R.

CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL No. 26601630

EL SUSCRITO REPONSABLE DE PRESUPUESTO

CERTIFICA:

Que en el presupuesto de gastos de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, para la vigencia fiscal del 2026 Existe un saldo disponible y no comprometido de $44,194,338, que tiene por objeto : Adición 1 al convenio No. 1602 de 2025 cuyo objeto es: Aunar esfuerzos entre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR y El Municipio de Apulo, para ejecutar el proyecto denominado: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INTERCEPTORES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DEL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA."

Solicitado por: 54073 - BPPI - 2024140200048 El 29/01/2026 Válido hasta el 31/12/2026

Código	Imputación	Vigencia	Valor
Area: 27602 DIA	Dirección Técnica de Infraestructura Ambiental		
2-3-3203-88-3103-21-0301-0083329-2.3.2.0	SERVICIOS PRESTADOS A LAS EMPRESAS Y SERVICIOS DE PRODUCCIÓN - OTROS SERVICIOS DE INGENIERIA EN PROYECTOS N C P (368)	2026	$ 44,194,338
		Total	$ **44,194,338**

El presente Certificado se expide con fundamento en la solicitud anexa que forma parte integral del mismo, formulada por el funcionario competente de nivel directivo o asesor y en todo caso es válido para asumir compromisos cuyo plazo de ejecución no exceda la vigencia fiscal en curso. Certificado expedido en BOGOTA D.C. a los 29 días del mes de Enero de 2026.

(PTO) HERNANDO BENAVIDES
PROFESIONAL ESPECIALIZADO PRESUPUESTO
VoBo en SIDCAR

GABRIEL ALEJANDRO ALVAREZ SIERRA
DIRECTOR FINANCIERO
VoBo en SIDCAR

CONTRALORÍA
GENERAL DE LA REPÚBLICA

LA CONTRALORÍA DELEGADA PARA RESPONSABILIDAD FISCAL , INTERVENCIÓN JUDICIAL Y COBRO COACTIVO

CERTIFICA:

Que una vez consultado el Sistema de Información del Boletín de Responsables Fiscales 'SIBOR', hoy miércoles 28 de enero de 2026, a las 15:23:07, el número de identificación, relacionado a continuación, NO SE ENCUENTRA REPORTADO COMO RESPONSABLE FISCAL.

Tipo Documento	Cédula de Ciudadanía
No. Identificación	80037996
Código de Verificación	80037996260128152307

Esta Certificación es válida en todo el Territorio Nacional, siempre y cuando el tipo y número consignados en el respectivo documento de identificación, coincidan con los aquí registrados.

De conformidad con el Decreto 2150 de 1995 y la Resolución 220 del 5 de octubre de 2004, la firma mecánica aquí plasmada tiene plena validez para todos los efectos legales.

HERNÁN GUILLERMO JOJOA SANTACRUZ
Contralor Delegado

Generó: WEB

PROCURADURIA GENERAL DE LA NACION

CERTIFICADO DE ANTECEDENTES

CERTIFICADO ORDINARIO No. 290209304

PIB
15:35:55

Bogotá DC, 28 de enero del 2026

La PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN certifica que una vez consultado el Sistema de Información de Registro de Sanciones e Inhabilidades (SIRI), el(la) señor(a) JOSE ALEJANDRO BALLEN SUAREZ identificado(a) con Cédula de ciudadanía número 80037996:

NO REGISTRA SANCIONES NI INHABILIDADES VIGENTES

ADVERTENCIA: La certificación de antecedentes contiene las anotaciones de las sanciones o inhabilidades que se encuentren vigentes. Cuando se trate de nombramiento o posesión en cargos que exijan para su desempeño ausencia de antecedentes, se certificarán todas las anotaciones que figuren en el registro. Anterior, de acuerdo a los incisos 3o. y 4o. del artículo 238 Ley 1952 de 2019.

NOTA: El certificado de antecedentes disciplinarios es un documento que contiene las anotaciones e inhabilidades generadas por sanciones penales, disciplinarias, inhabilidades que se deriven de las relaciones contractuales con el estado, de los fallos con responsabilidad fiscal, de las decisiones de pérdida de investidura y de las condenas proferidas contra servidores, ex servidores públicos y particulares que desempeñen funciones públicas en ejercicio de la acción de repetición o llamamiento en garantía. **Este documento tiene efectos para acceder al sector público, en los términos que establezca la Constitución Politica y la ley particular o demás disposiciones vigentes.** El Sistema SIRI reporta como antecedentes solamente las sanciones con debida ejecutoria recibidas de las autoridades nacionales colombianas. En caso de nombramiento o suscripción de contratos con el Estado, es responsabilidad de la Entidad, validar la información de antecedentes del aspirante en la página web: https://www.procuraduria.gov.co/Pages/certificado-antecedentes.aspx

Carlos William Rodríguez Millán
Jefe División de Relacionamiento Con El Ciudadano (C)

ATENCIÓN :
ESTE CERTIFICADO CONSTA DE 01 HOJA(S), SOLO ES VALIDO EN SU TOTALIDAD. VERIFIQUE QUE EL NUMERO DEL CERTIFICADO SEA EL MISMO EN TODAS LAS HOJAS.

POLICÍA NACIONAL
DE COLOMBIA

Consulta en línea de Antecedentes Penales y Requerimientos Judiciales

La Policía Nacional de Colombia informa:
Que siendo las 03:37:17 PM horas del 28/01/2026, el ciudadano identificado con:
Cédula de Ciudadanía Nº **80037996**
Apellidos y Nombres: **BALLEN SUAREZ JOSE ALEJANDRO**

NO TIENE ASUNTOS PENDIENTES CON LAS AUTORIDADES JUDICIALES
de conformidad con lo establecido en el artículo 248 de la Constitución Política de Colombia.

En cumplimiento de la Sentencia SU-458 del 21 de junio de 2012, proferida por la Honorable Corte Constitucional, la leyenda "NO TIENE ASUNTOS PENDIENTES CON LAS AUTORIDADES JUDICIALES" aplica para todas aquellas personas que no registran antecedentes y para quienes la autoridad judicial competente haya decretado la extinción de la condena o la prescripción de la pena.

Esta consulta es válida siempre y cuando el número de identificación y nombres, correspondan con el documento de identidad registrado y solo aplica para el territorio colombiano de acuerdo a lo establecido en el ordenamiento constitucional.

Si tiene alguna duda con el resultado, consulte las **preguntas frecuentes** o acérquese a las instalaciones de la **Policía Nacional** más cercanas.

DIJIN

Dirección: Avenida El Dorado # 75 – 25 barrio Modelia, Bogotá D.C.
Atención administrativa: Lunes a Viernes 8:00 am a 12:00 pm y 2:00 pm a 5:00 pm
Línea de atención al ciudadano: 5159700 ext. 30552 (Bogotá)
Resto del país: 018000 910 112
E-mail: dijin.araic-atc@policia.gov.co

Presidencia de la República

Ministerio de Defensa Nacional

Portal Único de Contratación

GOV.CO

Todos los derechos reservados.

Policía Nacional de Colombia

(Default.aspx)

Portal de Servicios al Ciudadano PSC

Sistema Registro Nacional de Medidas Correctivas RNMC

Consulta Ciudadano

La Policía Nacional de Colombia informa:

Que a la fecha, 28/01/2026 03:38:15 p. m. el ciudadano con Cédula de Ciudadanía Nº. **80037996** y Nombre: **JOSE ALEJANDRO BALLEN SUAREZ.**

NO TIENE MEDIDAS CORRECTIVAS PENDIENTES POR CUMPLIR.

De conformidad con la Ley 1801 de 2016 "Por la cual se expide el Código Nacional de Seguridad y Convivencia Ciudadana". Registro interno de validación No. **133708009** . La persona interesada podrá verificar la autenticidad del presente documento a través de la página web institucional digitando https://www.policia.gov.co, menú ciudadanos/ consulta medidas correctivas, con el documento de identidad y la fecha de expedición del mismo. Esta consulta es válida siempre y cuando el número de cédula corresponda con el documento de identidad suministrado.

Nueva Busqueda | Imprimir

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES - MINTIC

CERTIFICA QUE

Una vez consultada la base de datos de deudores alimentarios morosos **REDAM**, el(la) ciudadano(a) con número de identificación CC 80037996 **NO SE ENCUENTRA INSCRITO EN EL REGISTRO DE DEUDORES ALIMENTARIOS MOROSOS**

Esta certificación es válida en todo el Territorio Nacional, siempre y cuando el tipo y número consignados en el respectivo documento de identificación, coincidan con los aquí registrados.

Se expide en Bogotá el 29/01/2026 09:21 AM

Código Verificación: **QV6SCFHNE5**

Válida hasta: **29/04/2026**

Dirección de Gobierno Digital

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES - MINTIC

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA **Subdireccion General de Adminitracion del FIAB e infraestructura Ambiental**	Hoja 1 de 3 Fecha: 23 01 2026 DD MM AA Contrato o convenio No. / Contrato No. 2858 del 2025 ACTA No:

A.11. FORMATO ACTA DE REUNIÓN

CONCEPTO O TEMA DE LA REUNION:

Adición y prorroga de los contratos 2857 y 2858 de2025, derivados del convenio 1602 de 2025.

ORIGEN DE LA CONVOCATORIA

Oficio Correo ☐ Oficio fax ☐ Correo electrónico ☐ Vía telefóncia ☐ Otro medio ☐ _____

Nombre de los Asistentes	Entidad	No. Tel. de Asistentes	Correo electrónico
Manuel Andres Gonzalez Malagon	SGFIA		mgonzalezm@car.gov.co
Yacir Antonio Ramirez Luengas	DIA		yramirezl@car.gov.co
Adriana Marcela Gonzalez	DFIAB		agonzalezm@car.gov.co
Simon Antonio Buitrago Moya	DFIAB		sbuitragom@car.gov.co
Hugo Alejandro Rodriguez Herrera	DIA		hrodriguezh@car.gov.co
Jose Alejandro Ballen Suarez	Interventoria		alejandro.ballen@hotmail.com

ORDEN DEL DIA			
TEMAS PROPUESTOS (P) - TEMAS TRATADOS (T)	**P**	**T**	**OBSERVACIONES**
Prorroga contrato consultoría N. 2857 de 2025			
Prorroga contrato interventoría N. 2858 de 2025			

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA **Subdireccion General de Adminitracion del FIAB e infraestructura Ambiental** Continuación del acta de reunión	Hoja 1 de 3 Fecha: 2 3 0 1 2 0 2 6 DD MM AA Contrato o convenio No. / Contrato No. 2858 del 2025 ACTA No:

TAREAS O COMPROMISOS A REALIZAR:

Atendiendo la solicitud presentada por la inteventoría mediante radicado CAR No. 20261004992 del 20/01/2026, en la cual se solicita la prorroga del contrato de 2857 de 2025 y adición y prorroga del contrato 2858 de 2025, las partes acuerdan las siguientes consideraciones para proceder con el trámite ante la Dirección de Gestión Contractual - DGC de la Corporacion.

1. La solicitud de prorroga, planteada por 1,5 meses o su equivalente a un (1) mes y quince (15) días calendario, inciaria el 30/01/2026 hasta el 15/03/2026, lo anterior a razón que en los calculos realizados en el oficio de motivación presentado por la interventoría terminaba el 16/03/2026.
2. Las actividades pendientes por adelantar por el personal de la consultoría bajo la supervisión y acompañamiento de la interventoría corresponden a:

PRODUCTO
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EN EL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.
Estudio de suelos para el área del proyecto (PTAR) en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye ensayos de campo y laboratorio.
Diseños arquitectónicos de las obras de urbanismo de la PTAR y de las edificaciones necesarias para la operación de la PTAR (casetas)
Diseños estructurales de todas las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas memorias de cálculo y planos
Diseños eléctricos, control y automatización de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de cálculo y planos
Diseños Mecánicos de todas las unidades del sistema de tratamiento con sus respectivas memorias de cálculo y planos
Elaboración de especificaciones técnicas de construcción del sistema de tratamiento
Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
Elaboración del manual de arranque, puesta en marcha, operación y mantenimiento de los sistemas diseñados
Inventario y aprovechamiento forestal para el área del proyecto, incluye informe
Estudio de lineamientos plan de calidad y componente de seguridad y salud en el trabajo (HSEQ), del contratista de obra
Estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos (AVR), aplica para todo el proyecto
Socialización del proyecto ante la comunidad

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL INTERCEPTOR DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CARRERA 4, DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 5 Y CONTINÚA PARALELO AL RIO BOGOTÁ 350 M, HASTA LLEGAR A LA CARRERA 6 POR LA CALLE 3 EN EL MUNICIPIO DE APULO - DEPARTAMENTO DE CUND
Informe de análisis y selección de alternativas red de alcantarillado.
Informe de identificación predial (información secundaria y certificado de tradición y libertad).
Estudio de suelos para el interceptor, cámaras de alivio y estación de bombeo en base a las recomendaciones de las normas existentes que apliquen para el estudio y definición de la profundidad y numero de sondeos necesarios, incluye localización de sondeo
Diseño hidráulico del interceptor incluye cámaras de alivio, estaciones de bombeo entre otras estructuras necesarias para el interceptor incluye memorias de cálculo, informe y planos
Diseños estructurales del interceptor como cámaras de alivio, estaciones de bombeo, pozos de inspección, cárcamos de protección y obras de protección (Incluye memorias de cálculo y planos)
Elaboración de memorias de cantidades de obra, Apu's, Estudio de mercado, presupuestos de obra, presupuesto de interventoría, programación de obra y plan financiero de la obra para la ejecución de la obra del sistema de tratamiento
Elaboración de especificaciones técnicas de construcción
Plan de manejo de tránsito, diseño geométrico de las vías internas de la PTAR y diseño de la estructura de pavimento
Plan de manejo ambiental
Inventario forestal
Socialización del proyecto ante la comunidad

ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PGRMV) DEL MUNICIPIO DE APULO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.
Estudios complementarios a las caracterizaciones realizadas a los diseños de la PTAR, estudios hidrobiológicos aguas arriba y abajo de la fuente receptora de acuerdo con los parámetros de la resolución 0631 de 2015, 0330 de 2017 y 0959 de 2018 y objetivo
Modelación del vertimiento de la fuente receptora de acuerdo con la resolución 0959 de mayo de 2018
Evaluación Ambiental del vertimiento
Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento, conforme a lo establecido en el artículo 44 del Decreto 3930 de 2010 y la resolución 1514 de 2012
Socialización del proyecto ante la comunidad

Dichas actividades serán supervisadas y avaladas por el sguiente personal de interventoría:

1. Director de Interventoría: Con la dedicación planteada, el profesional coordinará y dirigirá la correcta ejecución del contrato de interventoría hasta su terminación y liquidación.
2. Ingeniero Hidráulico: Con la dedicación planteada, el profesional validará el producto de la consultoría, correspondiente al sistema hidráulico respecto a la perdida de carga necesaria para el funcionamiento correcto de cada uno de los procesos que la componen.
3. Ingeniero Estructural: Con la dedicación planteada, el profesional validará el producto de la consultoría, entre ellos el predimensionamiento de las estructuras, el avaluó de las cargas gravitacionales, avaluó de cargas sísmicas, cargas impulsivas y convectivas avaluó de empuje de tierras, chequeo del modelo matemático, revisión de los sobresfuerzos de los elementos, cálculos de los aceros de refuerzos, cumplimiento del capítulo C.23 de la NSR 10, revisión de concordancia de los planos estructurales versus lo indicados en los planos de memoria de cálculo de diseño.
4. Ingeniero Geotecnista: Con la dedicación planteada del profesional validará el producto de la consultoría para la cimentación del sistema de tratamiento, con lo cual se definirán la capacidad admisible del suelo, los parámetros sísmicos, parámetros de empuje del suelo y los diseños de las excavaciones.
5. Ingeniero Electromecánico: Con la dedicación planteada, el profesional validará el producto de la consultoría, referente al correcto diseño y funcionamiento de los componentes electromecánicos necesarios para el tratamiento de las aguas.
6. Alquiler de vehículo menor a 2000 cc modelo 2020 en adelante (incluye conductor y todo costo asociado) Insumo necesario para realizar el cierre y validación en campo de los productos de la consultoría.

El interventor manifiesta que validados los costos de personal e insumos, no es posible ejecutar el tiempo de prorroga sin adición presupuestal, razón por la cual solicita a la supervisión CAR, considerar la adición presupuestal atendiendo la dedicación de profesionales y uso de recursos que se encuentran detallados en el contrato de interventoría No. 2858 de 2025.

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA **Subdireccion General de Adminitracion del FIAB e infraestructura Ambiental** Continuación del acta de reunión	Hoja 3 de 3 Fecha: 23 / 01 / 2026 (DD / MM / AA) Contrato o convenio No. — Contrato No. 2858 del 2025 ACTA No:

TAREAS O COMPROMISOS A REALIZAR:

Tareas o compromisos programados	Responsable/Institución	Programada en reunión	Cumplir antes del	Observaciones
N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

PROXIMA REUNIÓN :
Fecha: __ N.A
Hora: ___ N.A
Lugar:___ N.A
Temas a tratar:____ N.A

Para constancia de lo anterior, firman la presente acta los que en ella intervinieron a los 23 días del mes de enero de 2026 .

Firma y nombre de los participantes :

Manuel Andres Gonzalez Malagon

Yacir Antonio Ramirez Luengas

Adriana Marcela Gonzalez

Simon Antonio Buitrago Moya

Hugo Alejandro Rodriguez Herrera

Jose Alejandro Ballen Suarez

Original: Carpeta del Contrato.
!ra. Copia: Dirección respectiva.
2da. Copia: Supervisión o Interventor CAR.
3ra. Copia:Contratista