


	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

TABLA DE CONTENIDO

4	DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	6
4.2	AGUAS SUBTERRÁNEAS	6
4.2.1	Solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas	6
4.2.1.1	Ubicación y extensión de los predios a explorar	11
4.2.1.2	Superficie de los sitios de exploración y términos	12
4.2.1.3	Hidrología superficial y climatología	12
4.2.1.4	Cartografía geológica superficial	15
4.2.1.5	Información hidrogeológica a partir de registros de pozo	16
4.2.1.6	Prospección geofísica	18
4.2.1.6.1	Modelo de capas geoelectricas	21
4.2.1.6.2	Perfiles hidrogeológicos – geoelectricos	25
4.2.1.7	Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas	35
4.2.1.7.1	PB-03 (Pozo P-257 – La Esmeralda)	39
4.2.1.7.2	PB-04 (Pozo P-232 – Acueducto Rionegro)	42
4.2.1.7.3	PB-13 (Pozo Indico 3)	45
4.2.1.8	Características fisicoquímicas del agua subterránea en los niveles a explorar	53
4.2.1.9	Características hidrogeológicas de la zona – Modelo hidrogeológico conceptual	56
4.2.1.10	Compilación de datos sobre necesidad de agua existente y requerida	60
4.2.1.11	Caudal, volumen de agua requerido, régimen de explotación y uso	61
4.2.1.12	Método de perforación y características técnicas de los pozos	62
4.2.1.12.1	Sistema de perforación	62
4.2.1.12.2	Especificaciones del equipo de perforación, nombre, número de inscripción de la empresa perforadora	64
4.2.1.12.3	Características técnicas y diseño preliminar de los pozos	64
4.2.1.13	Plan de trabajo general y cronograma de obras	65
4.2.1.13.1	Movimiento de equipos, herramientas, materiales y personal	65
4.2.1.13.2	Instalación de equipos y demarcación de área	66
4.2.1.13.3	Perforación y descripción litológica	66
4.2.1.13.4	Registros físicos	66

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5 CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	
---	---	---

4.2.1.13.5	Ampliación de los pozos	66
4.2.1.13.6	Revestimiento y engravillado	66
4.2.1.13.7	Limpieza y desarrollo de los pozos	66
4.2.1.13.8	Instalación de los sellos sanitarios, base de concreto, tuberías de medición de niveles y nivelación topográfica	67
4.2.1.13.9	Pruebas de bombeo	67
4.2.1.13.10	Toma de muestra de agua	67
4.2.1.13.11	Elaboración y entrega de informe final	68
4.2.1.14	Presupuesto por pozo	68
4.2.1.15	Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso	69
4.2.2	Solicitud de permiso de concesión de aguas subterráneas	73
4.2.2.1	Estudios de exploración hidrogeológica realizados en el acuífero a captar	79
4.2.2.2	Fuente de agua a concesionar	80
4.2.2.3	Volumen, caudal, usos y régimen de explotación	80
4.2.2.4	Término por el cual se solicita el permiso de concesión	81
4.2.2.5	Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento	81
4.2.2.6	Diagnóstico sanitario en los alrededores de los pozos	81
4.2.2.7	Medidas y acciones a implementar para evitar pérdidas de agua y una inadecuada disposición de sobrantes / Manejo, uso y ahorro eficiente del agua	82
4.2.2.8	Medidas de protección y mantenimiento de los pozos y el sistema de captación	82
4.2.2.9	Medidas para cierre y sellado del pozo	82
4.2.2.10	Servidumbre para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.2-1	Información requerida para solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas según la normatividad vigente del Decreto 1076 del 2015, TR HI-TER-1-03 del 2010, Metodología general del 2018 y numeral que la presenta	8
Tabla 4.2-2	Coordenadas del pozo exploratorio de agua Indico 3 y su pozo de observación	17
Tabla 4.2-3	Coordenadas, rumbo y AB/2 de los SEV	19



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5	
	CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	



Tabla 4.2-4	Zonas de resistividad	22
Tabla 4.2-5	Permeabilidad de acuerdo a la conductividad hidráulica	36
Tabla 4.2-6	Coefficiente de almacenamiento de acuerdo con el tipo de acuífero	36
Tabla 4.2-7	Transmisividad, capacidad específica, productividad del acuífero y caudal esperado en pozos	37
Tabla 4.2-8	Coordenadas y características de los pozos con prueba de bombeo que captan los niveles de interés exploratorio de agua subterránea	38
Tabla 4.2-9	Parámetros hidráulicos obtenidos de la Prueba de bombeo PB-03 La Esmeralda.	41
Tabla 4.2-10	Parámetros hidráulicos obtenidos de la Prueba de bombeo PB-04 Acueducto Rionegro.	45
Tabla 4.2-11	Parámetros hidráulicos obtenidos de la Prueba de bombeo PB-13 Indico 3	51
Tabla 4.2-12	Resumen resultados pruebas de bombeo PB-01 a PB-07	52
Tabla 4.2-13	Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua subterránea acuífero Formación guayabo Superior y comparación con las normas de calidad	54
Tabla 4.2-14	Caudal para uso doméstico e industrial requerido para la concesión de agua subterránea	62
Tabla 4.2-16	Cronograma estimado de actividades para la perforación de un pozo exploratorio de agua de 130 m de profundidad	68
Tabla 4.2-17	Presupuesto estimado para la perforación de un pozo de agua subterránea de 130 m de profundidad	69
Tabla 4.2-18	Resumen de puntos de agua subterránea inventariados	72
Tabla 4.2-19	Información requerida para solicitud de permiso de concesión de aguas subterráneas según la normatividad vigente del Decreto 1076 del 2015, TR HI-TER-1-03 del 2010, Metodología general del 2018 y numeral que la presenta	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.2-1	Localización de las plataformas existentes	11
Figura 4.2-2	Drenajes y cuerpos de agua superficiales en Bloque CPO5 y su Área de Influencia	13
Figura 4.2-3	Valores mensuales multianuales de precipitación en la estación Cabuyaro (35100020)	14
Figura 4.2-4	Valores mensuales de temperatura media para la estación Huerta Grande (35095110)	14
Figura 4.2-5	Cartografía geológica superficial en el Bloque CPO-5 y su Área de Influencia	16

Figura 4.2-6	Ubicación del pozo exploratorio de agua Indico 3 y su pozo de observación	17
Figura 4.2-7	Depósitos Cuaternarios y Formación Guayabo Miembro Superior en el pozo de observación Indico 3	18
Figura 4.2-8	Localización de los SEV y perfiles hidrogeológicos geoeléctricos	21
Figura 4.2-9	Perfil A-A'	26
Figura 4.2-10	Perfil B-B'	27
Figura 4.2-11	Perfil C-C'	29
Figura 4.2-12	Perfil D-D'	30
Figura 4.2-13	Perfil E-E'	31
Figura 4.2-14	Perfil F-F'	32
Figura 4.2-15	Perfil G-G'	33
Figura 4.2-16	Perfil H-H'	34
Figura 4.2-17	Perfil I-I'	35
Figura 4.2-18	Localización de pozos con pruebas de bombeo en los niveles acuíferos solicitados en exploración	38
Figura 4.2-19	Niveles dinámicos en la prueba de bombeo-recuperación de PB-03 (Pozo-P-257 – La Esmeralda)	39
Figura 4.2-20	Curvas tiempo / abatimiento y derivativa para la prueba PB-03 (Pozo P-257 – La Esmeralda)	40
Figura 4.2-21	Ajuste de las curvas tiempo / abatimiento y tiempo/recuperación para las pruebas de bombeo PB-03 (Pozo P-257 Predio La Esmeralda)	41
Figura 4.2-22	Niveles dinámicos en la prueba de bombeo-recuperación de PB-04 (Pozo P-232- Acueducto de Rionegro).	42
Figura 4.2-23	Curvas tiempo / abatimiento y derivativa para la prueba PB-04. (Pozo P-232- Acueducto de Rionegro)	43
Figura 4.2-24	Ajuste de las curvas tiempo / abatimiento y tiempo/recuperación para la prueba de bombeo PB-04 (Pozo P-232- Acueducto de Rionegro)	44
Figura 4.2-25	Curva tiempo / abatimiento para el bombeo y recuperación de la PB-07 en el pozo de bombeo Indico 3	46
Figura 4.2-26	Gráfico abatimiento (s) vs tiempo de bombeo (t) en el pozo de bombeo Indico 3	46
Figura 4.2-27	Gráfico abatimiento (s) vs t/r^2 en el pozo de bombeo Indico 3	47
Figura 4.2-28	Gráfico de recuperación abatimiento residual (s) vs t/t' en el pozo de bombeo Indico 3	48

Figura 4.2-29	Curva tiempo / abatimiento para el bombeo y recuperación de la PB-07 en el pozo de observación Indico 3	49
Figura 4.2-30	Gráfico abatimiento (s) vs tiempo de bombeo (t) en el pozo de observación Indico 3	49
Figura 4.2-31	Gráfico abatimiento (s) vs t/r^2 en el pozo de observación Indico 3	50
Figura 4.2-32	Gráfico de recuperación abatimiento residual (s) vs t/t' en el pozo de observación Indico 3	51
Figura 4.2-33	Modelo hidrogeológico conceptual Bloque CPO-5 y su Área de Influencia	60
Figura 4.2-34	Distribución porcentual del agua subterránea en Colombia	61
Figura 4.2-35	Esquema de perforación por rotación con circulación directa de lodos	63
Figura 4.2-36	Diseño esquemático de los pozos exploratorios	65
Figura 4.2-37	Cono de abatimiento en acuíferos libres (1) y confinados (2)	70
Figura 4.2-38	Radio de influencia estimado para el pozo Indico 3	71
Figura 4.2-39	Localización de los puntos de agua subterránea en el Bloque CPO-5 y su Área de Influencia	72

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

4.2.1 Solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas



La Resolución 0600 del 31 de julio de 2012 del proyecto de Área de Perforación Exploratoria Bloque CPO-5; en el Artículo Cuarto, numeral 2, otorgó permiso de exploración de aguas subterráneas a través de la perforación de cinco (5) pozos, ubicados en las 15 plataformas multipozo autorizadas a construir, en consecuencia, ONGC VIDESH LIMITED SUCURSAL COLOMBIA - ONGC- VL, construyó los pozos exploratorios: Sol 1, Mariposa 1, Indico 1X, Lotto-1 y Kamal-1, con profundidades entre 40 y 66 m que captan el acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial.

De los pozos exploratorios perforados, los pozos Mariposa 1 e Indico 1X se localizan dentro del Área de Producción Gangotri, que anteriormente hacía parte del Bloque CPO-5; los pozos Lotto-1 y Sol 1, actualmente se encuentran fuera del polígono que define el Bloque CPO-5 en la presente modificación y se encuentran en proceso de abandono. Finalmente, el pozo Kamal-1 se ubica dentro del área de evaluación y cuenta con permiso de concesión autorizado bajo resolución 0521 del 27 de mayo de 2014.

Por lo tanto, ONGC VL solicita mantener la concesión de aguas subterráneas en el pozo Kamal-1, así como la ampliación del caudal autorizado, pasando de 3 L/s durante 12 horas por día, a 5 L/s durante 18 horas/día. Así mismo, se solicita actualizar el sistema de referencia de las coordenadas a Origen Único Nacional de acuerdo con la actualización de la cartografía.

Adicionalmente se solicita a la autoridad ambiental para la fase de Desarrollo del Bloque CPO-5, permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas a través de la perforación de 25 pozos, que tendrán profundidades de hasta 130 m con filtros por debajo de los 30 m, captando la parte basal del acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial y horizontes someros del Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior, sin aprovechar los niveles someros usados por la comunidad, que se abastece mediante aljibes y pozos que alcanzan profundidades que en general no sobrepasan los 30 m.

Los pozos se planean utilizar como fuente de abastecimiento de agua para uso industrial y doméstico, se prevé un pozo por cada dos plataformas, ubicados en alguna de las 10 plataformas existentes o 40 plataformas a construir, las cuales a su vez se localizarán en áreas definidas según la zonificación de manejo ambiental. Dicha concesión tendrá un caudal de 5 L/s por pozo, para uso doméstico e industrial, que será aprovechado durante 18 horas al día, para un total de 324 m³/día por pozo. La ubicación final de los pozos se realizará de acuerdo con el avance y necesidades del Proyecto y estará sujeta la zonificación de manejo ambiental y las áreas de interés que sean definidas.

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

La información de soporte proviene de la evaluación hidrogeológica realizada en el presente estudio (ver **capítulo 3, numeral 3.2.7 Hidrogeología**), cuyo análisis e integración, permitió hacer la caracterización hidrogeológica y determinar niveles acuíferos favorables para el almacenamiento de agua subterránea y los usos y usuarios del mismo en el Bloque CPO5 y su Área de Influencia, concluyendo que existe una buena oferta de este recurso hídrico en niveles arenosos y conglomeráticos de los Depósitos de Llanura Aluvial y la Formación Guayabo Miembro Superior.

La presente solicitud se realiza de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Resolución 1058 del 07 de octubre de 2021 expedida por el MADS¹, en la cual se adopta el Formato Único Nacional de solicitud de permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas, con base en el Decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS², que estipula "*Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que deseen explorar en búsqueda de aguas subterráneas, deberán presentar solicitud de permiso y suministrar información*". Igualmente, se tiene en cuenta lo requerido en los términos de referencia HI-TER-1-03 de 2010³, Numeral 4.2 y la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, 2018 en el numeral 6.2⁴, en relación con los permisos de exploración de agua subterránea.

En la **Tabla 4.2-1** se presenta la relación de la información requerida en la normatividad mencionada previamente, y el ítem respectivo donde se halla la información de soporte. En el documento **FUN Prospección y Exploración del Anexo 4.2_Agua_Subterránea** se adjunta el Formato Único Nacional – FUN de solicitud de prospección y exploración de aguas subterráneas.

¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 1058 de 07 de octubre de 2021. "Por la cual se modifica parcialmente la resolución 2202 del 29 de diciembre de 2005 y se adoptan otras determinaciones" Hoja No. 1-2 y Anexos.

² MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto Número 1076 de mayo de 2015. . "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible" Libro 2. Régimen Reglamentario del Sector Ambiente, Parte 2. Reglamentaciones, Título 3. Aguas no marítimas, Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua. Sección 16. Art. 2.2.3.2.16.4, al Art. 2.2.3.2.16.5, Art. 2.2.3.2.16.6., Art. 2.2.3.2.16.9., Art. 2.2.3.2.16.10. Hoja No. 326-331.

³ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Términos de referencia sector hidrocarburos. Estudio de Impacto Ambiental proyectos de explotación de hidrocarburos HI-TER-1-03. Bogotá D.C., 2010. P. 29.

⁴ MINAMBIENTE - ANLA. Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. 2018. pp. 168 – 169.

Tabla 4.2-1 Información requerida para solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas según la normatividad vigente del Decreto 1076 del 2015, TR HI-TER-1-03 del 2010, Metodología general del 2018 y numeral que la presenta

Norma	Términos	Información solicitada	Numeral donde se presenta la información
Decreto 1076 de 2015. Libro 2. Régimen Reglamentario del Sector Ambiente, Parte 2. Reglamentaciones, Título 3. Aguas no marítimas, Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua, Sección 16. Régimen de ciertas categorías especiales de agua	Art. 2.2.3.2.16.5 <i>Requisitos para la obtención del permiso.</i> "Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que deseen explorar en búsqueda de aguas subterráneas, deberán presentar solicitud de permiso... y suministrar además la siguiente información..." (Decreto 1541 de 1978, art. 147).	a. Ubicación y extensión del predio o predios a explorar, indicando si son propios ajenos o baldíos.	4.2.1.1 Ubicación y extensión de los predios a explorar
		b. Nombre y número de inscripción de la empresa perforadora y relación y especificaciones del equipo que va a usar en las perforaciones.	4.2.1.12.2 Especificaciones del equipo de perforación, nombre, número de inscripción de la empresa perforadora
		c. Sistema de perforación a emplear y plan de trabajo.	4.2.1.1 Ubicación y extensión de los predios a explorar 4.2.1.13 Plan de trabajo general y cronograma de obras
		d. Características hidrogeológicas de la zona si fueren conocidas.	4.2.1.9 Características hidrogeológicas de la zona – Modelo hidrogeológico conceptual
		e. Relación de los otros aprovechamientos de aguas subterráneas existente dentro del área que determine la Autoridad Ambiental competente.	4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso
		f. Superficie para la cual se solicita el permiso y término de este.	4.2.1.2 Superficie de los sitios de exploración y términos
		g. Los demás datos que el peticionario o la autoridad ambiental competente consideren pertinentes.	No aplica
	Art. 2.2.3.2.16.6. <i>Anexos solicitud de permiso.</i> Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas deberán acompañar a la solicitud (Decreto 1541 de 1978, art. 148).	a. Certificado del Registro de Instrumentos Públicos y Privados sobre el registro del inmueble o la prueba adecuada de la posesión de tenencia.	Se allegarán en los PMA específicos
		b. Los documentos que acrediten a la personería o identificación del solicitante.	
		c. Autorización escrita con la firma autenticada del propietario o propietarios de los fundos donde se van a realizar las exploraciones si se tratare de predios ajenos.	
	Art. 2.2.3.2.16.9. <i>Exploración y aspectos a considerar.</i> En el proceso de exploración se contemplarán los siguientes aspectos para efectos del informe a que se refiere el art 2.2.3.2.16.10 de este decreto. (Decreto 1541 de 1978, Art. 151).	1. Cartografía geológica superficial.	4.2.1.4 Cartografía geológica superficial
		2. Hidrología superficial.	4.2.1.3 Hidrología superficial y climatología
		3. Prospección geofísica.	4.2.1.6 Prospección geofísica
		4. Perforación de pozos exploratorios.	4.2.1.12 Método de perforación y características técnicas de los pozos
5. Ensayo de bombeo.		4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas	
6. Análisis fisicoquímico de las aguas.		4.2.1.8 Características fisicoquímicas del agua subterránea en los niveles a explorar	
7. Compilación de datos sobre necesidad de agua existente y requerida.		4.2.1.10 Compilación de datos sobre necesidad de agua existente y requerida	

Norma	Términos	Información solicitada	Numeral donde se presenta la información
Decreto 1076 de 2015. Libro 2. Régimen Reglamentario del Sector Ambiente, Parte 2. Reglamentaciones, Título 3. Aguas no marítimas, Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua, Sección 16. Régimen de ciertas categorías especiales de agua	Art. 2.2.3.2.16.10. <i>Informe del permisionario</i> . Al término de todo permiso de exploración de aguas subterráneas, el permisionario tiene un plazo de sesenta (60) días hábiles para entregar a la autoridad ambiental competente por cada perforado un informe que debe contener, cuando menos los siguientes puntos. (Decreto 1541 de 1978, art. 152).	a. Ubicación del pozo perforado y de otros que existan dentro del área de exploración o próximos a esta. La ubicación se hará por coordenadas geográficas con base a WGS84 y siempre que sea posible con coordenadas planas origen Oeste "Magna Sirgas" con base en cartas del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".	No aplica para la presente evaluación. Se allegará 60 días hábiles después de realizada la perforación exploratoria a la autoridad ambiental competente, sin embargo, se presenta de forma preliminar en numeral el 4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso se relacionan los puntos de agua subterránea inventariados en el AI Físico-biótica.
		b. Descripción de la perforación y copia de los estudios geofísicos, si se hubieren hecho.	No aplica para la presente evaluación. Se allegará 60 días hábiles después de realizada la perforación exploratoria a la autoridad ambiental competente.
		c. Profundidad y método de perforación.	
		d. Perfil estratigráfico de todos los pozos perforados, tengan o no agua, descripción y análisis de las formaciones geológicas, espesor, composición, permeabilidad, almacenaje y rendimiento real del pozo si fuera productivo y técnicas empleadas en las distintas fases. EL titular del permiso deberá entregar, cuando la entidad lo exija muestras de cada formación geológica atravesada, indicando la cota del nivel superior e inferior a que corresponde.	
Art. 2.2.3.2.16.10. <i>Informe del permisionario</i> . Al término de todo permiso de exploración de aguas subterráneas, el permisionario tiene un plazo de sesenta (60) días hábiles para entregar a la autoridad ambiental competente por cada perforado un informe que debe contener, cuando menos los siguientes puntos. (Decreto 1541 de 1978, art. 152).	e. Nivelación de cota del pozo, con relación a las bases altimétricas establecidas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", niveles estáticos de agua contemporáneos a la prueba en la red de pozos de observación, y sobre los demás parámetros hidráulicos debidamente calculados.	No aplica para la presente evaluación. Se allegará 60 días hábiles después de realizada la perforación exploratoria a la autoridad ambiental competente	
	f. Calidad de las aguas; análisis físico –químico y bacteriológico.	No aplica.	
	g. Otros datos que la Autoridad Ambiental competente considere convenientes		
TR HI-TER-1-03 Numeral 4. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recurso naturales.	Numeral 4.2 Aguas Subterráneas. Con base en la caracterización hidrogeológica del área de influencia directa del proyecto, para la exploración de aguas subterráneas se debe presentar.	El estudio geoelectrico del área donde se pretende hacer la exploración, georreferenciando la ubicación de los posibles pozos.	4.2.1.6 Prospección geofísica
		Los puntos de agua subterránea adyacentes y posibles conflictos por el uso de dichas aguas.	4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso
		El método de perforación y características técnicas del pozo	4.2.1.12 Método de perforación y características técnicas de los pozos
		Volumen de agua requerido.	4.2.1.11 Caudal, volumen de agua requerido, régimen de explotación y uso



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5



CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Norma	Términos	Información solicitada	Numeral donde se presenta la información
<p>MINAMBIENTE – ANLA Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales III. Especificaciones técnicas del Estudio de Impacto Ambiental y del Plan de Manejo Ambiental</p> <p>Numeral 6. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales</p>	<p>Numeral 6.2 Aguas Subterráneas. Con base en la caracterización hidrogeológica, para la exploración de agua subterránea se debe presentar:</p>	Localización georreferenciada de los polígonos en los que se propone ubicar los sitios propuestos para realizar las perforaciones exploratorias, presentando la cartografía a la escala que establezcan los respectivos términos de referencia genéricos, o a una más detallada si el análisis lo requiere, señalando los predios en los que se localizan y la propiedad de los mismos (propios, ajenos o baldíos).	4.2.1.1 Ubicación y extensión de los predios a explorar
		Inventario de puntos de agua subterránea del área donde se proyecta realizar la exploración diligenciando el Formulario Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea.	4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso
		Estudio geofísico empleado para determinar la localización de los pozos exploratorios, con la ubicación y la interpretación de los sondeos eléctricos verticales (u otros métodos geofísicos) y los perfiles geológico-geofísicos realizados. Se deben adjuntar los datos de campo.	4.2.1.6 Prospección geofísica
		Localización georreferenciada de los sitios propuestos para realizar las perforaciones exploratorias en cartografía con la escala que definan los términos de referencia genéricos o más detallada, de ser necesario.	4.2.1.1 Ubicación y extensión de los predios a explorar
		Descripción del sistema de perforación a emplear, señalando las especificaciones del equipo, características técnicas, manejo ambiental, registros físicos del pozo y diseño preliminar del mismo (profundidad, diámetro, material de entubado, ubicación tentativa de filtros, tubería ciega y sello sanitario).	4.2.1.12 Método de perforación y características técnicas de los pozos
		Análisis de los posibles conflictos por la disponibilidad y usos del recurso, de acuerdo con la caracterización hidrogeológica del área que se presenta en la línea base abiótica (p. e. inventario de los puntos de agua subterránea).	4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso
		Cronograma de obras y presupuesto estimado	4.2.1.13 Plan de trabajo general y cronograma de obras 4.2.1.14 Presupuesto por pozo
		Caudal requerido.	4.2.1.11 Caudal, volumen de agua requerido, régimen de explotación y uso
Formulario Único Nacional de Solicitud de Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas debidamente diligenciado, o aquel que lo modifique, sustituya o derogue.	Anexo 4.2_Agua_Subterránea / FUN Prospección y Exploración		

Fuente: GessiG S.A.S., 2025 con información de Decreto 1076 de 2015, TR HI-TER-1-03, 2010 y MINAMBIENTE – ANLA, 2018

4.2.1.1 Ubicación y extensión de los predios a explorar

De acuerdo con el avance y necesidades del proyecto se estima un (1) pozo de agua subterránea por cada dos (2) plataformas, en consecuencia los 25 pozos exploratorios de agua subterránea se ubicarán en alguna de las 10 plataformas existentes: Kamal, Lark, Alca, Cante Flamenco, Cante Flamenco 2, Cisne – Perico – Halcón (CPH), Apterix, Alondra, Predestinación A y Garuda (ver **Figura 4.2-1**) o alguna de las 40 plataformas a construir que tendrán un área de hasta 8 Ha y cuya localización se realizará dentro del Bloque CPO-5, teniendo en cuenta los resultados de la zonificación de manejo ambiental. Cuando se establezca la ubicación definitiva de los pozos de agua, la información relacionada con el nombre del predio, el certificado de tradición y libertad de estos y el permiso del propietario, se allegará en los PMA específicos.

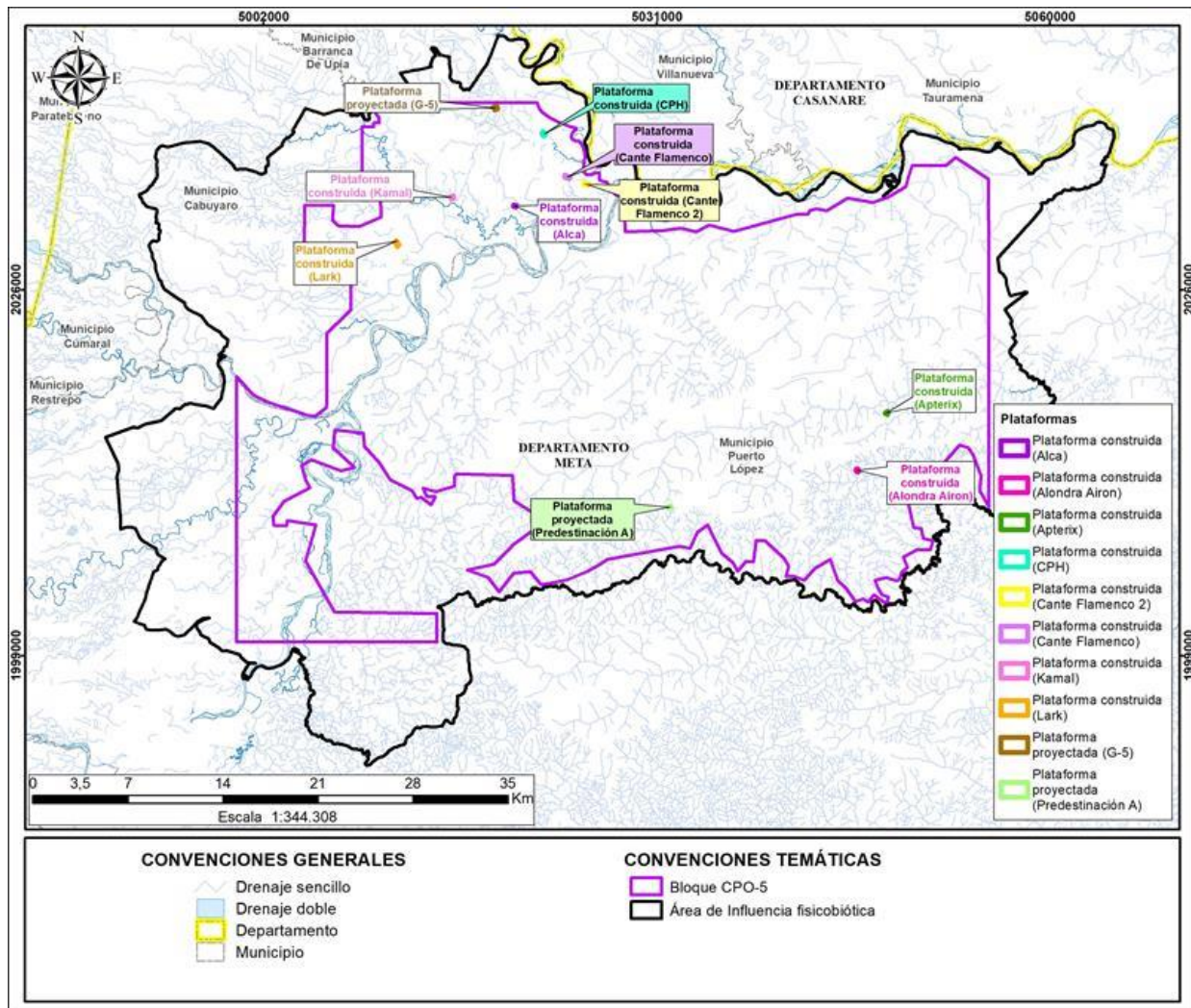




Figura 4.2-1 Localización de las plataformas existentes

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

4.2.1.2 Superficie de los sitios de exploración y términos

Los sitios donde se proyecta perforar los pozos exploratorios para abastecimiento de agua subterránea quedarán ubicados dentro de los límites que definan las plataformas existentes o a construir y una vez se defina su localización y diseño, se precisará la coordenada de los pozos exploratorios.

Se estima que la zona donde se realizará el proceso de la perforación de los pozos de agua subterránea no ocupará un área mayor de 250 m². En esta área se instalará el equipo de perforación, piscinas, canales de sedimentación y se almacenarán los materiales.

Se solicita para la exploración de agua subterránea, el tiempo que dure el proyecto; no obstante, las labores de perforación y construcción de los pozos exploratorios durarán aproximadamente 20 días.

4.2.1.3 Hidrología superficial y climatología

El Bloque CPO-5 y su Área de Influencia se localizan en el área hidrográfica del río Orinoco, en la zona hidrográfica del río Meta. El principal drenaje de la zona corresponde al río Meta, que discurre hacia el costado centro occidental de la misma; otros drenajes importantes corresponden a los ríos Metica, Negro, Humea, Cabuyarito y Upía los cuales exhiben un patrón de drenaje meándrico.

Al occidente del área de evaluación se distingue un patrón de drenaje subdendrítico controlado por la litología y la pendiente del terreno predominantemente plana con drenajes incisos como el caño Yarico, El Boral y Chocho que fluyen con dirección hacia el oriente. Hacia los sectores central y oriental del Área de Influencia los drenajes menores describen un patrón de drenaje dendrítico, siendo más denso en la franja sur, destacándose los caños Emma y Yurimena. Hacia el noroccidente se observa un patrón de drenaje rectangular, de origen antropogénico, debido a la creación de canales de riego para el desarrollo agrícola de la región (Ver **Figura 4.2-2**). La información detallada del componente de hidrología se presenta en el **Capítulo 3. numeral 3.2.4_Hidrología**.

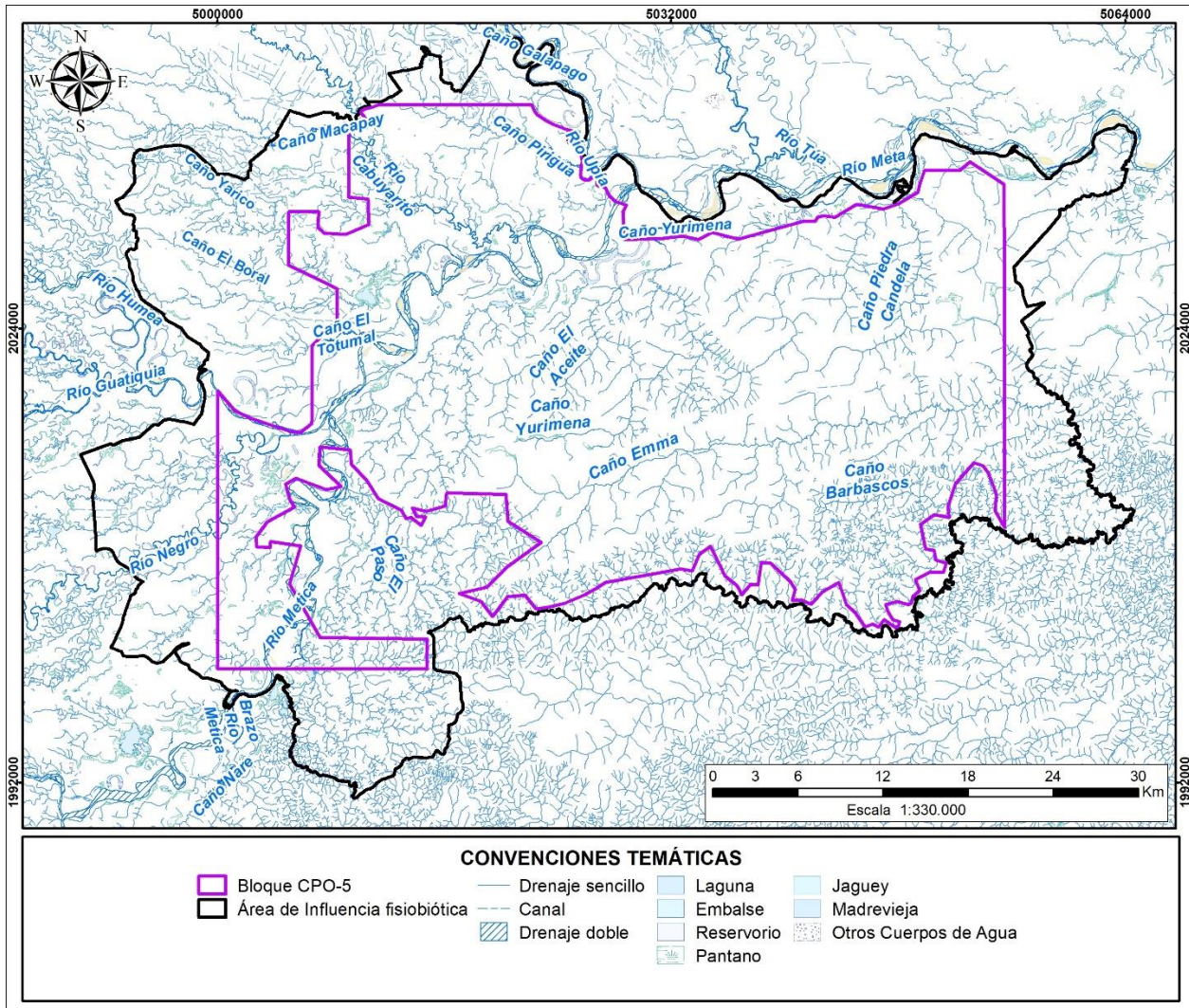


Figura 4.2-2 Drenajes y cuerpos de agua superficiales en Bloque CPO5 y su Área de Influencia

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

El régimen pluviométrico se ha establecido como monomodal, caracterizado por un periodo seco entre diciembre y marzo y uno lluvioso entre mayo y noviembre. A nivel mensual se puede observar que los picos de precipitación más alta se dan en los meses de mayo y junio llegando a un máximo de 353,98 mm/mes, al contrario, los niveles más bajos se presentan en los meses de diciembre y enero con un mínimo de 21,18 mm/mes. La precipitación media anual es de 2.392 mm/año. En la **Figura 4.2-3** se muestran los valores medios mensuales multianuales de precipitación.

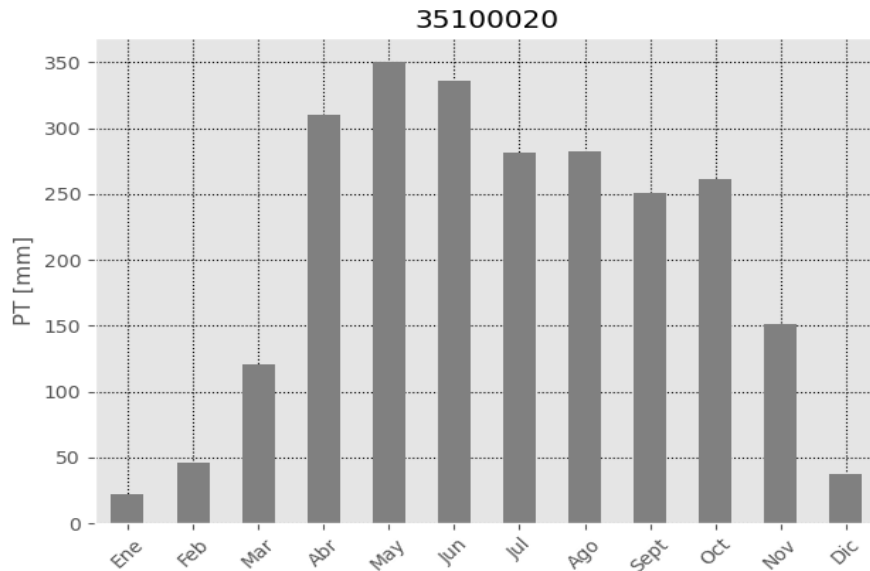


Figura 4.2-3 Valores mensuales multianuales de precipitación en la estación Cabuyaro (35100020)

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

La temperatura varía en un rango de 24 a 27 °C, con promedio de 25,82 °C. Los valores más altos se identifican en los primeros meses, con un máximo de 27,56°C en el mes de febrero, el menor valor se registra en julio con 24,35°C. En la **Figura 4.2-4** se muestran los valores medios mensuales multianuales de temperatura.

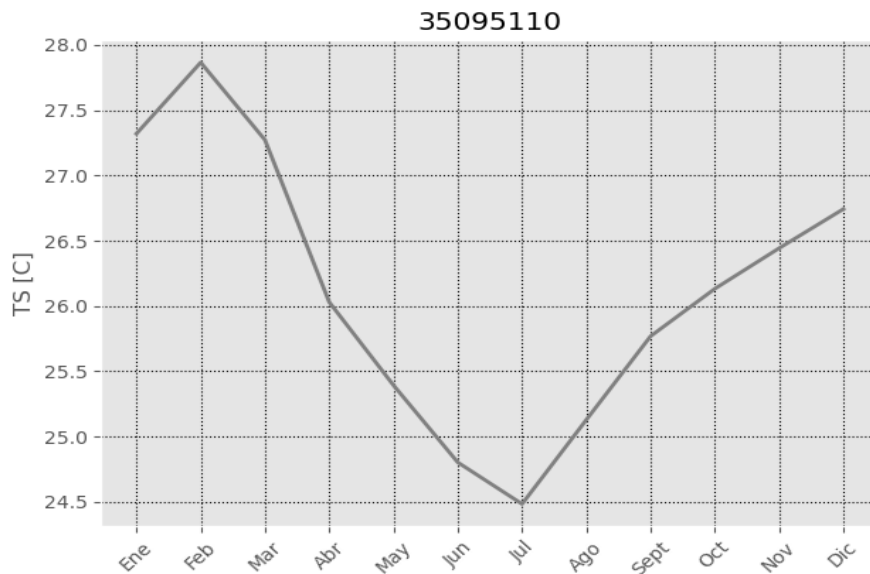




Figura 4.2-4 Valores mensuales de temperatura media para la estación Huerta Grande (35095110)

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

Los valores de evaporación real (ETR) más altos se presentan en los meses de diciembre y marzo llegando a un valor máximo de 167,3 mm, por el contrario, los valores más bajos de ETR se identifican en los meses enero y febrero, alcanzando valores de 35,12 mm.

De acuerdo con la clasificación climática Caldas-Lang, se estableció que el Bloque CPO-5 se encuentra en un clima Cálido semihúmedo. La información detallada de los componentes de climatología e hidrología se presentan en el **Capítulo 3.2 Caracterización del medio abiótico numeral 3.2.9_Atmósfera.**

4.2.1.4 Cartografía geológica superficial

El Bloque CPO-5 y su Área de Influencia se localiza al costado suroccidental de la Cuenca Sedimentaria de los Llanos Orientales. Esta cuenca es de tipo antepaís (foreland basin), cuya evolución está estrechamente relacionada con el desarrollo de la margen convergente occidental de Sur América y especialmente con el levantamiento de la Cordillera Oriental durante el Mioceno – Plioceno.

La Cuenca Sedimentaria de los Llanos Orientales está conformada por una gruesa secuencia monoclinial de rocas sedimentarias que buzcan suavemente hacia el oeste, con una variación entre 1 y 5 grados de este a oeste, siendo más espesa hacia el occidente y acunándose gradualmente hacia el oriente sobre el Escudo Guyanés. El basamento conformado por rocas Paleozóicas y Jurásicas es suprayacido por unidades Cretácias de origen marino que incluyen las formaciones: Une, Gachetá y Guadalupe; sobre las cuales se encuentra la secuencia Cenozoica representada por las formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, León y Guayabo; las cuales han sido depositadas en un ambiente predominantemente continental. Esta secuencia es cubierta por espesos sedimentos cuaternarios, no consolidados, los cuales se han formado por la dinámica fluvial.

Estructuralmente la margen occidental de la cuenca de los Llanos Orientales está deformada por plegamientos y fallas inversas de bajo ángulo; la deformación se atenúa hacia el oriente en donde los estratos en cambio se encuentran afectados por fallas normales de alta inclinación las cuales afectan desde a las rocas del basamento hasta el Paleógeno.

En el área de evaluación se hallan en superficie rocas sedimentarias de edad Neógena, correspondientes a la Formación Guayabo Miembro Superior, la cual aflora hacia los sectores central y oriental, estando subdividida en dos: Formación Guayabo Miembro Superior – intervalo arenoso (N2-Sc-ar) y Formación Guayabo Miembro Superior - intervalo arcilloso (N2-Sc-arc) conformando un relieve de montículos y lomas. Por otro lado, el sector occidental del Área de Influencia se caracteriza por tener relieves planos, asociados al afloramiento sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial, correspondientes a los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-Ila), Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-Ili) y Depósitos Aluviales Recientes (Q2-alr), los cuales cubren discordantemente la Formación Guayabo Miembro Superior. En la **Figura 4.2-5** se muestra la distribución de las unidades geológicas aflorantes en el área de

influencia y las características geológicas se describen con detalle en el **Capítulo 3.1 Numeral 3.2.1_Geología**.

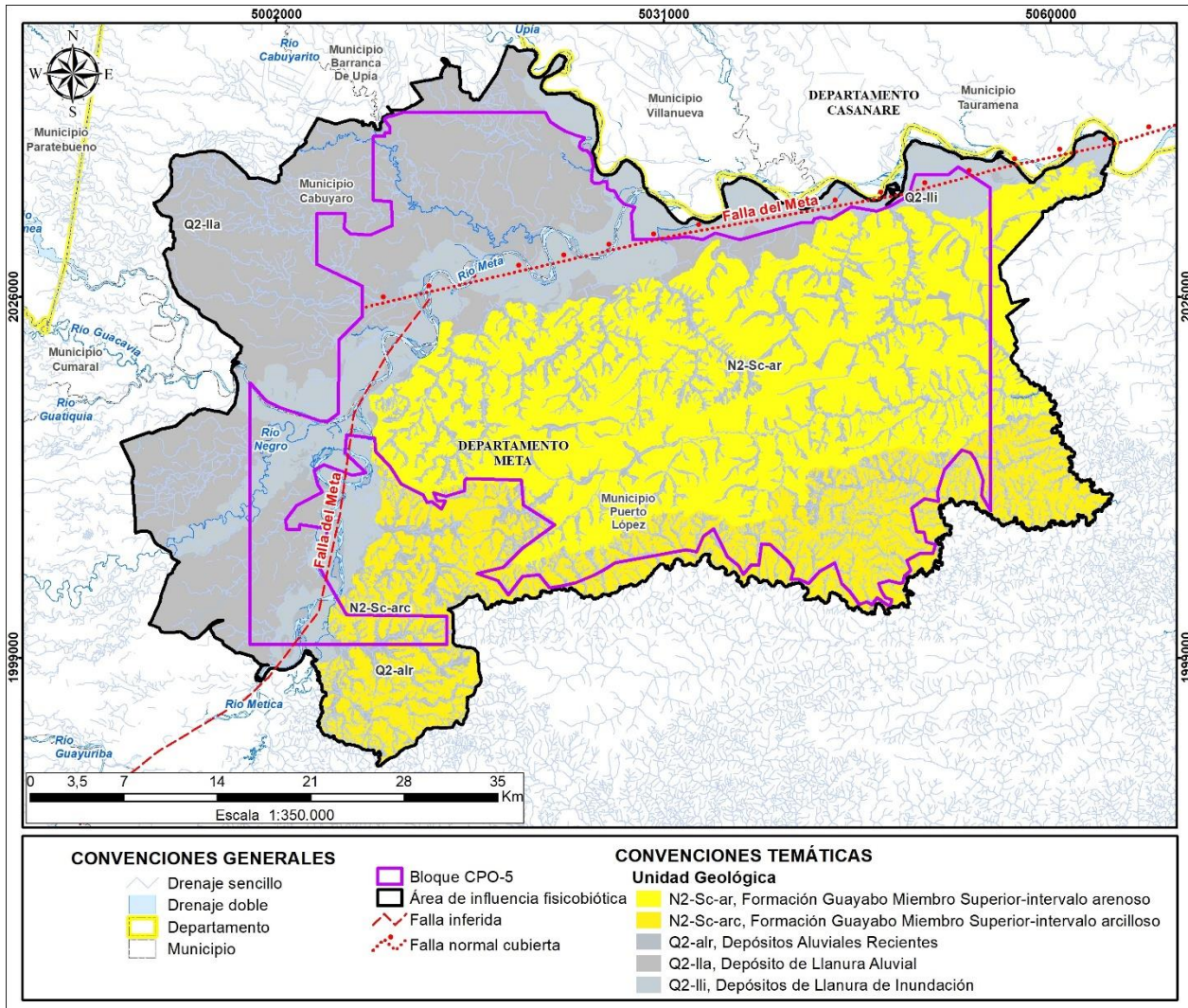


Figura 4.2-5 Cartografía geológica superficial en el Bloque CPO-5 y su Área de Influencia

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.5 Información hidrogeológica a partir de registros de pozo

En el AP Gangotri, adyacente al Bloque CPO-5 hacia el occidente, ONGC VIDESH LIMITED SUCURSAL COLOMBIANA perforó y construyó el pozo exploratorio de agua subterránea Indico 3 y su pozo de observación ubicado a 8 m (ver **Tabla 4.2-2** y **Figura 4.2-6**); estos tienen 130 m de profundidad con filtros ubicados a partir de 54 m.

Tabla 4.2-2 Coordenadas del pozo exploratorio de agua Indico 3 y su pozo de observación

ID	Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional		Vereda	Predio
	Este	Norte		
Pozo Indico 3	5004508,33	2026645,82	EL VERGEL	Plataforma Índico 3
Pozo de Obs Indico 3	5004512,24	2026643,28		

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

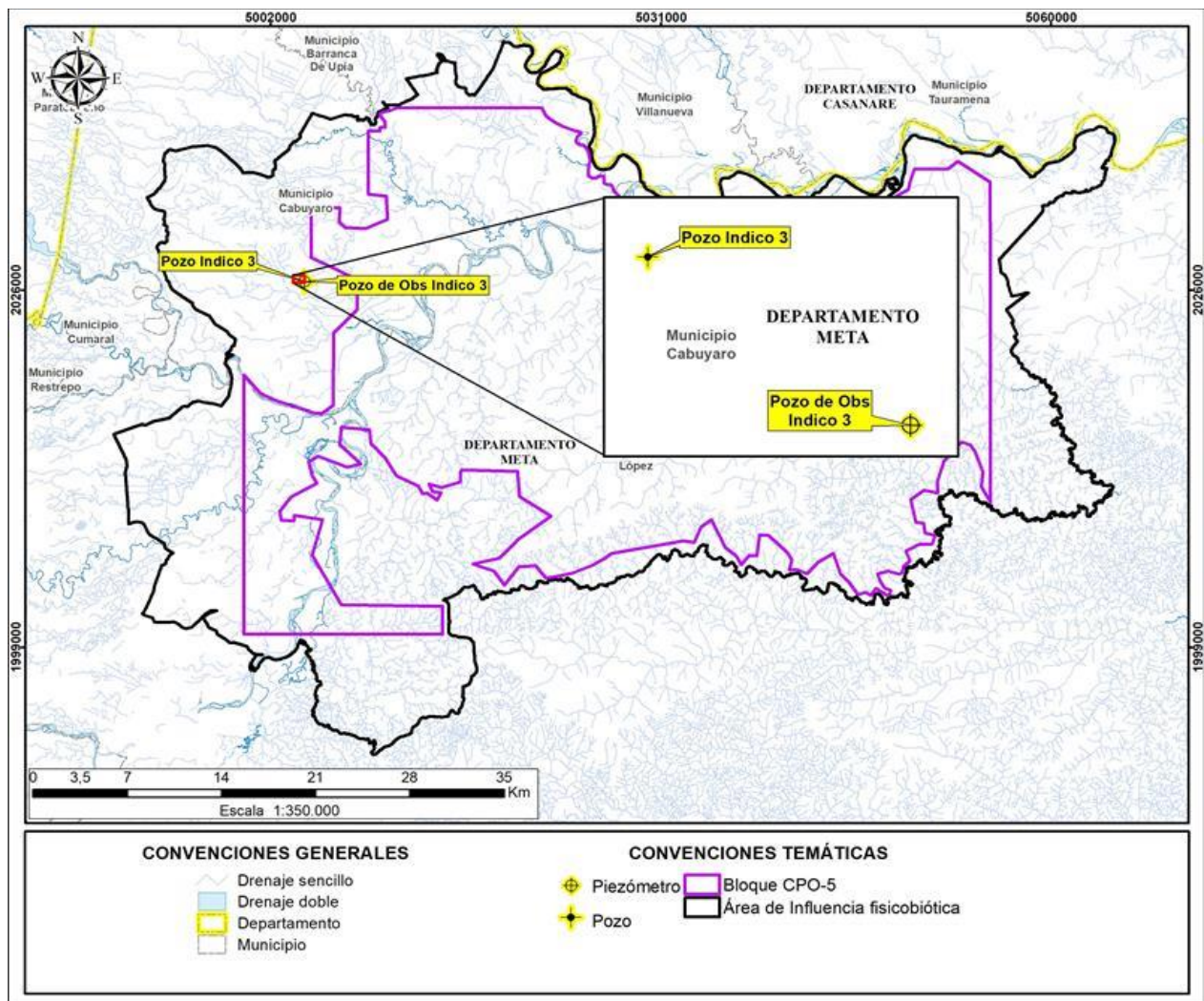


Figura 4.2-6 Ubicación del pozo exploratorio de agua Indico 3 y su pozo de observación

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

El pozo de observación Indico 3 cuenta con registros de Resistividad, Gamma Ray y SP (ver **Figura 4.2-7**), en los cuales es posible diferenciar claramente el contacto entre los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-Ila) y la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc) a 68 m de profundidad donde se evidencia una reducción en la resistividad.

Los Depósitos cuaternarios muestran una predominancia de niveles arenosos y gravosos saturados con agua dulce, que tienen resistividades entre 670 y 990 Ohm/m; por otro lado, la Formación Guayabo Miembro Superior tiene intercalaciones de arcillolitas y areniscas saturadas con agua dulce, estas últimas con resistividades entre 170 y 220 Ohm/m. Esta información se usó para calibrar la interpretación de la prospección geofísica.

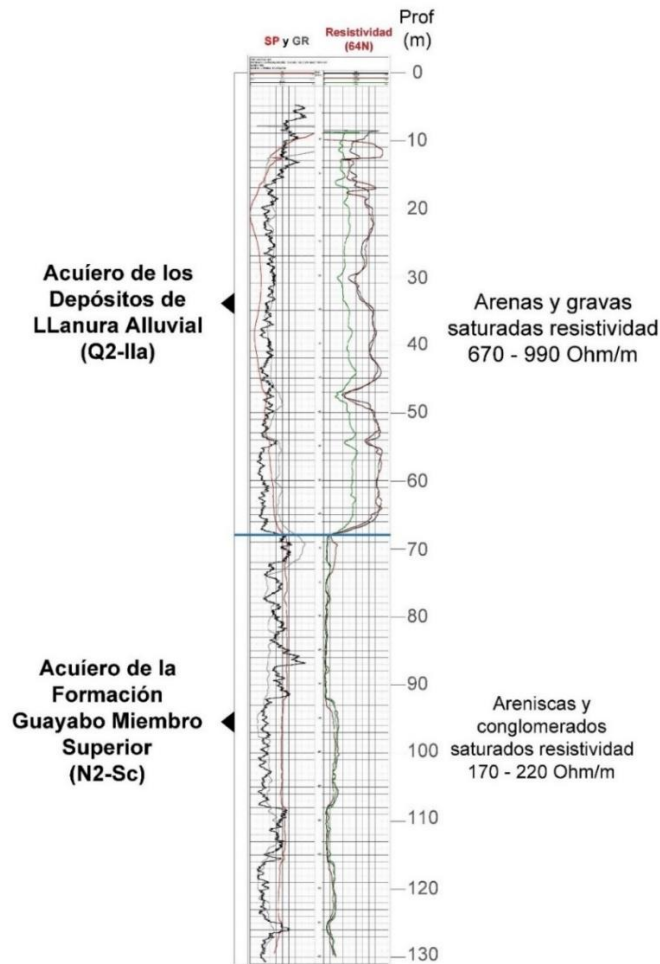




Figura 4.2-7 Depósitos Cuaternarios y Formación Guayabo Miembro Superior en el pozo de observación Indico 3

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.6 Prospección geofísica

La aplicación de los métodos de prospección geoelectrica ayuda a conocer la distribución de los materiales en el subsuelo (geometría y extensión) y la calidad de los fluidos contenidos en ellos. Los sondeos eléctricos verticales (SEV) realizados para la caracterización hidrogeológica, ayudan a conocer la distribución de los materiales acuíferos con información confiable hasta alrededor de 250 m de profundidad.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5	
	CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	

En el Bloque CPO-5 y su Área de Influencia, se realizaron 25 Sondeos Eléctricos Verticales - SEV, con una configuración electródica tipo Schlumberger y separación media de electrodos de corriente (AB/2) entre 500 y 750 m, para obtener información interpretable, correlacionable y confiable con las diferentes capas geoelectricas que conforman el subsuelo hasta aproximadamente 250 m de profundidad, no obstante, se puede interpretar con menor grado de precisión a niveles más profundos. Adicionalmente, se recopiló información secundaria de cuatro (4) SEV realizados como parte del EIA Gangotri, 2019⁵, que cuentan con AB/2 entre 300 y 500 m, alcanzando una profundidad de investigación de aproximadamente 150 m, los cuales complementan el modelo geofísico del presente estudio, siendo consistentes con los valores de resistividad, espesores y profundidades definidos. En el documento **3.2-7b_Prosp_geofisica_SEV** del **Anexo 3.2-7_Hidrogeologia** se presentan los datos de campo y los modelos de capas o estratificación geoelectrica de cada SEV.

En la **Tabla 4.2-3** se presentan las coordenadas de los centros de medición y algunas características de la ejecución de los mismos; en la **Figura 4.2-8** se observa su localización.

Tabla 4.2-3 Coordenadas, rumbo y AB/2 de los SEV

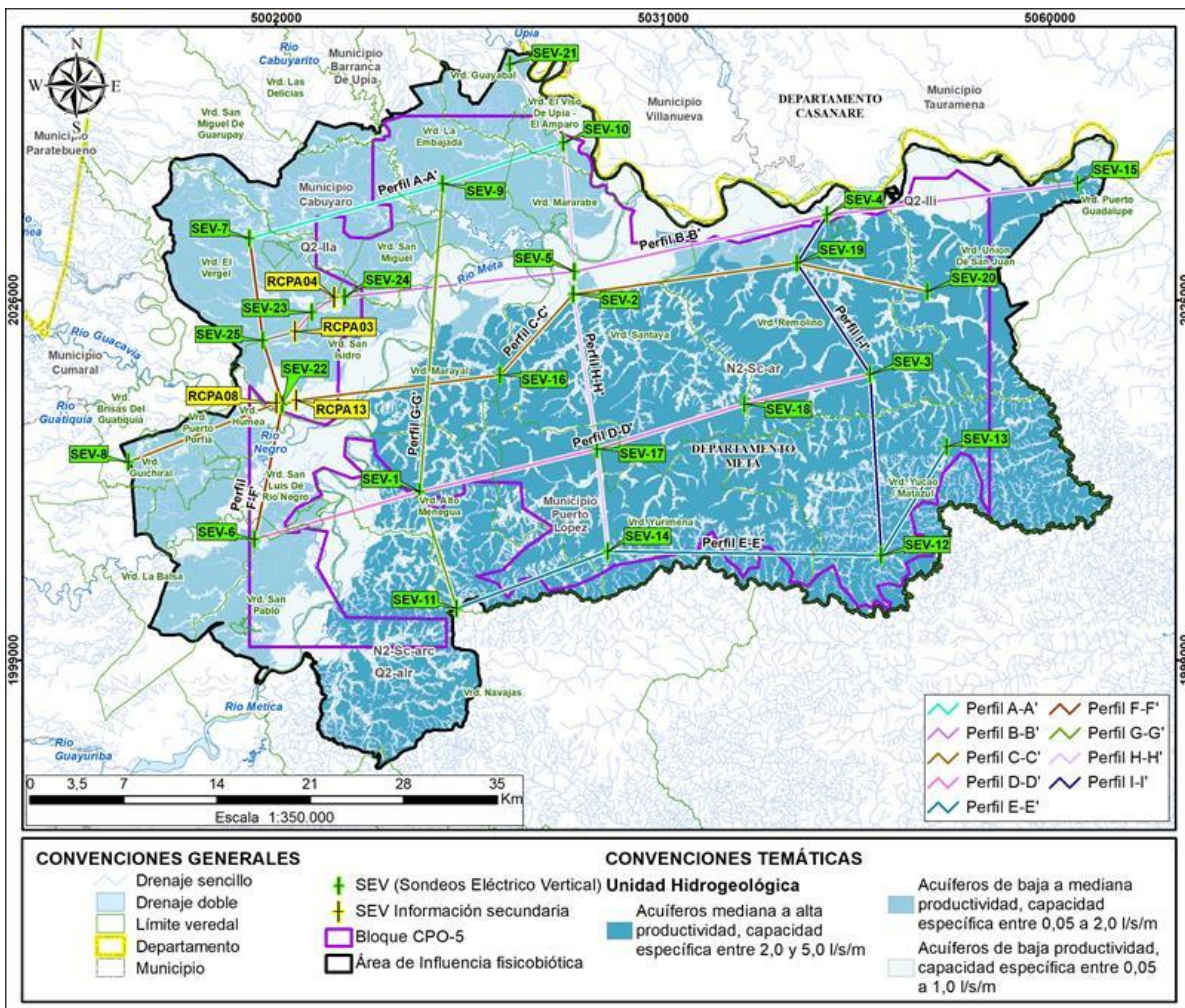
SEV	Vereda	Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional		Rumbo	AB/2 (m)	Cota (msnm)
		Este	Norte			
SEV-1	ALTO MENEGUA	5012781,09	2011646,71	290	750	250
SEV-2	SANTA ROSA	5024282,23	2026455,10	28	750	173
SEV-3	REMOLINO	5046538,00	2020442,31	263	750	214
SEV-4	REMOLINO	5043314,76	2032385,09	351	700	170
SEV-5	LA BANQUETA	5024359,39	2028145,67	32	750	172
SEV-6	ALTO MENEGUA	5000377,23	2008076,92	261	750	194
SEV-7	MORICHERALO	5000017,00	2030627,00	96	500	196
SEV-8	GUICHIRAL	4990946,95	2013867,13	347	750	200
SEV-9	LA EMBAJADA	5014493,00	2034718,00	165	700	185
SEV-10	EL VISO DE UPIÁ	5023530,00	2037820,00	331	750	183
SEV-11	NAVAJAS	5015545,19	2002896,21	253	750	256
SEV-12	YUCAO - MATAZUL	5047366,22	2006862,96	130	750	208
SEV-13	YUCAO - MATAZUL	5052276,80	2015009,19	53	750	238
SEV-14	JAPONESES	5026883,87	2007163,87	335	750	258
SEV-15	PUERTO GUADALUPE	5062103,61	2034750,35	295	750	187
SEV-16	SANTAYA	5018803,66	2020387,71	17	750	209
SEV-17	JAPONESES / COSTA RICA	5026038,37	2014853,89	270	750	232
SEV-18	YURIMENA	5037109,19	2018216,86	265	750	229
SEV-19	REMOLINO	5041053,68	2028770,81	264	750	191
SEV-20	REMOLINO	5050816,59	2026676,63	36	750	207

⁵CPA Ingeniería S.A.S., 2019, para ONGC Videsh Limited sucursal Colombia Estudio de impacto ambiental para el área de producción Gangotri.

SEV	Vereda	Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional		Rumbo	AB/2 (m)	Cota (msnm)
		Este	Norte			
SEV-21	GUAYABAL	5019524,00	2043687,00	63	750	185
SEV-22	SAN ISIDRO	5002468,00	2018190,00	102	750	186
SEV-23	SAN ISIDRO	5004690,00	2025084,00	44	750	183
SEV-24	SAN ISIDRO	5007131,00	2026239,00	116	750	186
SEV-25	ROSA BLANCA / LOS PISCOS	5001005,00	2022977,00	84	600	186
RCPA03*	EL VERGEL	5003431,08	2023643,81	090	300	190
RCPA04*	EL VERGEL	5006387,73	2026221,15	040	300	191
RCPA08*	SAN ISIDRO	5002053,07	2018283,98	290	500	185
RCPA13*	SAN ISIDRO	5003532,90	2018497,75	035	300	182

*SEV de información secundaria EIA Gangotri, 2019

Fuente: Gessig S.A.S., 2025 y CPA Ingeniería S.A.S., 2019





	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

Figura 4.2-8 Localización de los SEV y perfiles hidrogeológicos geoelectricos

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.6.1 Modelo de capas geoelectricas

Con los sondeos procesados se establecieron relaciones entre los puntos de observación, mediante la elaboración de nueve (9) perfiles hidrogeológicos – geoelectricos denominados desde el Perfil-A-A’ hasta I-I’, con el fin de determinar la distribución de la resistividad bajo los centros de medición hasta alrededor de 250 m de profundidad.

Se registraron los depósitos cuaternarios que afloran principalmente al norte y noroeste del Área de Influencia, y la Formación Guayabo Miembro Superior que yace debajo del Cuaternario y aflora en el sector oriental y suroriental de la misma. En los SEV no se muestra ninguna diferenciación entre la Formación Guayabo Miembro Superior – intervalo arenoso (N2-Sc-ar) y el intervalo arcilloso (N2-Sc-ar) en relación con los valores de resistividad eléctrica y se deduce que la diferencia en su representación cartográfica puede estar dada por el afloramiento de unos niveles con predominios fino granulares por un lado y arenosos por otro, lo que marcaría la diferencia en la textura del terreno y que por tal motivo se hizo la diferenciación cartográfica basado en sensores remotos, ya que en general las capas son continuas y posiblemente y se mantienen constantes dentro del área evaluada. Por lo tanto, en el modelo de capas geoelectricas, no se realizó su diferenciación.




Las resistividades reales obtenidas en la interpretación de los SEV mostraron valores muy altos respecto a las resistividades típicas de la corteza terrestre; en el sitio se registraron algunos valores atípicos por encima de 1.000 Ohm/m no solo para niveles donde se interpreta la zona no saturada, sino en zonas saturadas. Estos valores altos no solo se presentan en el área de evaluación, sino en varios sitios de la cuenca de los Llanos Orientales tanto en el departamento del Meta como del Casanare, esto lo han evidenciado algunos estudios hidrogeológicos elaborados por entidades oficiales, como el INGEOMINAS (ahora SGC), en el antiguo INSFOPAL, donde incluso la respuesta del terreno muestra valores de resistividad aún mayores.

Con base en estas resistividades eléctricas, la distribución de las unidades geológicas y la posible ubicación de la tabla de agua, para el Bloque CPO-5 y su Área de Influencia se correlacionaron las diferentes capas geoelectricas agrupadas en nueve (9) zonas de resistividad, como se resume en la **Tabla 4.2-4**.



Tabla 4.2-4 Zonas de resistividad

Zona de resistividad	Rango de resistividad representativo (Ohm/m)	Valores de resistividad puntuales (Ohm/m)	Espesor (m)	Prof. techo (m)	Correlación Hidrogeológica	Unidad Litoestratigráfica
Z1A	121 - 4.177	14.435	5,32 – 22,15	Superficie	Materiales heterogéneos arenas y gravas saturadas a parcialmente saturadas	Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa)
Z1B	104 - 7.093	-	2,09 – 11,4	Superficie	Arenas con contenido ocasional de limos y gravas, saturados a parcialmente saturados	Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi)
Z2	75 - 920	-	18 - 137	5,32 – 43,77	Arenas saturadas con intercalaciones de limos y arcillas	Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa)
Z2A	1.100 – 6.051	-	15,8 – 81,4	10,68 – 27,55	Gravas y arenas gravosas saturadas	Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa)
Z3	123 - 7.835	18.040	5,83 – 24,20	Superficie	Areniscas, conglomerados y materiales arcillo-limosos secos a parcialmente saturados	Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)
Z4	42,10 - 266	665	73,4 – 97,9	10,10 – 180,77	Limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas saturadas	Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)
Z4A	283 - 991	42,1	10,6 - 158	5,83 – 130,6	Areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas	Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)
Z4B	1.149 - 7.569	-	22,4 – 64,7	8 - 102	Conglomerados y areniscas saturadas, con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas	Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)
Z5	120 - 905	-	Indeterminado	63,23 – 174,78	Areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas	Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)

LEYENDA

	Niveles parcialmente saturados (incluye la zona no saturada)
	Niveles predominantemente acuíferos, con menores niveles confinantes
	Niveles de predominantemente de materiales confinantes con menores niveles acuíferos

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p>CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

A continuación, se describen las diferentes zonas de resistividad:

➤ *Zona de resistividad Z1A*

Comprende una de las zonas más superficiales en el sector del noroccidental del Área de Influencia, no es continua en toda el área de evaluación. Responde usualmente a resistividades entre 121 y 4.177 Ohm/m con un valor puntual de 14.435 Ohm/m. Se correlaciona con materiales heterogéneos de arenas y gravas saturadas a parcialmente saturadas de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa); dado que los aljibes que se encuentran sobre esta unidad tienen nivel del agua somero <10 m de profundidad, se interpreta que dichos materiales están saturados a parcialmente saturados, estando los mayores valores de resistividad asociados a la zona no saturada. Su espesor oscila entre 5,32 y 22,15 m. Se considera con moderado potencial hidrogeológico, aunque estaría limitada por su poco espesor y extensión y es aprovechado por la comunidad a través captaciones someras.

➤ *Zona de resistividad Z1B*

Comprende una de las zonas más superficiales, se localiza hacia el sector occidental y centro occidental del Área de Influencia, presenta resistividades entre 104 y 7.093 Ohm/m, correlacionados con arenas con contenido ocasional de limo y gravas de los Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi), dado que los aljibes que captan esta unidad tienen niveles estáticos <3 m de profundidad, se interpreta que dichos materiales se encuentran saturados a parcialmente saturados, estando los mayores valores de resistividad asociados a la zona no saturada. Su espesor oscila entre 2,09 y 11,4 m. Se considera de moderado a bajo potencial hidrogeológico debido a su poco espesor y limitada continuidad lateral. Es aprovechada por la comunidad a través de captaciones someras.

➤ *Zona de resistividad Z2*

Se extiende hacia el costado occidental y noroccidental del Área de Influencia, respondiendo a resistividades en general moderadas a altas entre 75 y 920 Ohm/m, siendo predominantes los valores superiores a 100 Ohm/m correlacionados con arenas saturadas de agua dulce con intercalaciones de limos y arcillas de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa). El techo se encuentra a profundidades entre 5,32 y 43,77 m, estando más profunda hacia el sector occidental; presenta espesores entre 18 y 137 m. Es aprovechado por la comunidad mediante algunos pozos, que captan solo los horizontes más someros. Debido a su espesor, resistividades y continuidad lateral, constituye una zona de buen potencial hidrogeológico.

➤ *Zona de resistividad Z2A*

Se halla de forma puntual a manera de lentes dentro de la zona Z2, con valores de resistividad atípicamente altos entre 1.100 y 6.051 Ohm/m, correlacionados con gravas y arenas gravosas saturadas. El techo se encuentra a profundidades de entre 10,68 y 27,55 m y su espesor es de 15,8 a 81,4 m. Es aprovechada por algunas captaciones someras del área.

En conjunto las zonas de resistividad Z1A, Z2 y Z2A se correlacionan con el acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa), con un espesor total entre 18 y 180,7 m, siendo más delgada hacia el oriente, y con un promedio de 93 m que es coherente con el espesor evidenciado para

esta unidad en el registro del pozo de agua Indico-3 (68 m). Si bien los SEV muestran algunos espesores mayores esto se debe a que se encuentran distribuidos a lo largo del área de influencia teniendo más cobertura espacial, y respondiendo a las variaciones de espesor de la unidad, igualmente pueden deberse a que la prospección geoelectrica es un método indirecto para obtener información del subsuelo, en el cual se adquiere información a mayor escala, mientras que los registros de pozo, corresponden a mediciones más detalladas, realizadas directamente sobre las unidades geológicas, por lo cual pueden haber algunas variaciones.

La Formación Guayabo Miembro Superior está representada por las zonas de resistividad Z3, Z4, Z4A, Z4B y Z5, con resistividades en general entre muy altas a moderadas como se describe a continuación:

➤ *Zona de resistividad Z3*



Corresponde al nivel más superficial de la Formación Guayabo Miembro Superior, se ubica hacia el centro y oriente del Área de Influencia. Responde a valores moderados a muy altos de resistividad que usualmente varían entre 123 y 7.835 Ohm/m llegando a alcanzar puntualmente un valor de 18.040 Ohm/m. Esta zona se correlaciona con areniscas, conglomerados y materiales arcillo-limosos saturados a parcialmente saturados, los valores mayores de resistividad corresponden a materiales gruesos de la zona no saturada y los valores menores e intermedios al primer nivel saturado que alimenta la surgencia de algunos manantiales y de donde captan aljibes y pozos someros de la comunidad lo que muestra que puede haber niveles saturados muy cerca de la superficie. Su espesor varía entre 5,83 y 24,20 m.

➤ *Zona de resistividad Z4*

Infrayace a la zona de resistividad Z3 y Z2 al norte y noroccidente del AI, responde a valores de resistividad entre 42,10 y 266 Ohm/m, puntualmente presenta un valor de 665 Ohm/m correlacionables con niveles de limolitas y arcillolitas intercaladas con niveles de areniscas saturadas de la Formación Guayabo Miembro Superior. Su techo se ubica entre 10,10 y 180,77 m de profundidad, estando más profunda hacia el sector occidental del AI, donde infrayace los Depósitos de Llanura Aluvial correlacionados con la zona Z2; su espesor varía entre 73,4 y 97,2 m. Es aprovechado por la comunidad mediante algunos pozos, que captan solo los horizontes más someros. Debido a su espesor, resistividades y continuidad lateral, constituye una zona de buen potencial hidrogeológico.

➤ *Zona de resistividad Z4A*

Esta zona se presenta a manera de lentes dentro de la zona Z4 hacia el noroccidente del Área de Influencia, o como variaciones laterales de la misma hacia el oriente. Responde a resistividades que usualmente se encuentran entre 283 y 991 Ohm/m, puntualmente presenta un valor bajo de 42,1 Ohm/m, se correlaciona con areniscas saturadas de agua dulce con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas de la Formación Guayabo Miembro Superior. El techo se encuentra a profundidades entre 5,83 y 130,6 m de profundidad, siendo más somero hacia el oriente del Área de Influencia. Presenta espesor variable entre 10,6 y 158 m. Es aprovechado por la comunidad mediante algunos pozos, que captan solo los horizontes más someros. Debido a su espesor, resistividades y continuidad lateral, constituye una zona buen potencial hidrogeológico.

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

➤ *Zona de resistividad Z4B*

Se presenta hacia el sector central y sur del Área de Influencia infrayaciendo la zona Z4A y como una variación lateral de la zona Z4, también como lentes dentro de la zona Z4 al occidente del AI. Responde a resistividades altas entre 1.149 y 7.569 Ohm/m correlacionadas con conglomerados y areniscas saturadas con agua dulce con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas de la Formación Guayabo Miembro Superior. La profundidad del techo se encuentra entre 8 y 102 m siendo más somera hacia el oriente y profundizándose al occidente. Su espesor oscila entre 22,4 y 64,7 m. Esta zona es aprovechada por la comunidad mediante algunos pozos, que captan solo los horizontes más someros. Debido a sus resistividades, espesor y continuidad constituye una zona con buen potencial hidrogeológico.

➤ *Zona de resistividad Z5*

Se halla hacia el sector central y sur del Área de Influencia, infrayaciendo las zonas de resistividad Z4, Z4A y Z4B, responde a resistividades medias entre 120 y 905 Ohm/m, correlacionables con areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas de la Formación Guayabo Miembro Superior. Su techo se ubica a profundidades variables entre 63,23 y 174,78 m de profundidad y su espesor es desconocido pues es una de las últimas capas identificadas por el método geofísico, no existen captaciones que aprovechen esta zona, debido a sus resistividades y extensión constituye una zona con buen potencial hidrogeológico.

Los horizontes acuíferos objeto de solicitud de exploración de agua subterránea de se hallan asociados a la parte basal de los Depósitos de Llanura Aluvial en las zonas de resistividad Z2 y Z2A y los niveles someros del Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior en las zonas de resistividad Z4, Z4A y Z4B.

4.2.1.6.2 Perfiles hidrogeológicos – geoelectricos

Se elaboraron nueve (9) perfiles geoelectricos; cinco (5) en sentido SW-NE identificados desde perfil A-A' hasta E-E' y cuatro (4) perfiles transversales, es decir sentido N-S identificados desde perfil F-F' hasta el I-I' cuya ubicación se muestra junto con los SEV en la **Figura 4.2-8**.

A continuación, se describen los perfiles con dirección aproximada SW-NE.

➤ *Perfil A-A'*

El perfil A-A' (ver **Figura 4.2-9**) se ubica hacia el sector más noroccidental del Área de Influencia, correlaciona los SEV-7, SEV-9 y SEV-10 en sentido SW-NE y tiene una longitud de 24,5 km. En este perfil se relacionan las unidades de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa), correlacionada con las zonas de resistividad Z1, Z2 y Z2A, los cuales cubren a la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc) representada por las zonas de resistividad Z4 y Z4A. Las zonas de mayor potencial hidrogeológico son la zona Z2, que es continua a lo largo del perfil alcanzando un espesor de 137 m en el SEV-9 al centro del mismo y la zona Z4 que se presenta en la mayor parte del perfil siendo más somera al NE y profundizándose al SW. Las zonas Z2A y Z4A conforman lentes de mayor resistividad dentro de las zonas Z2 y Z4 respectivamente, por lo cual no son

continuas. Solo las zonas Z1, Z2 y Z2A son aprovechadas en sus niveles más someros mediante pozos y aljibes.

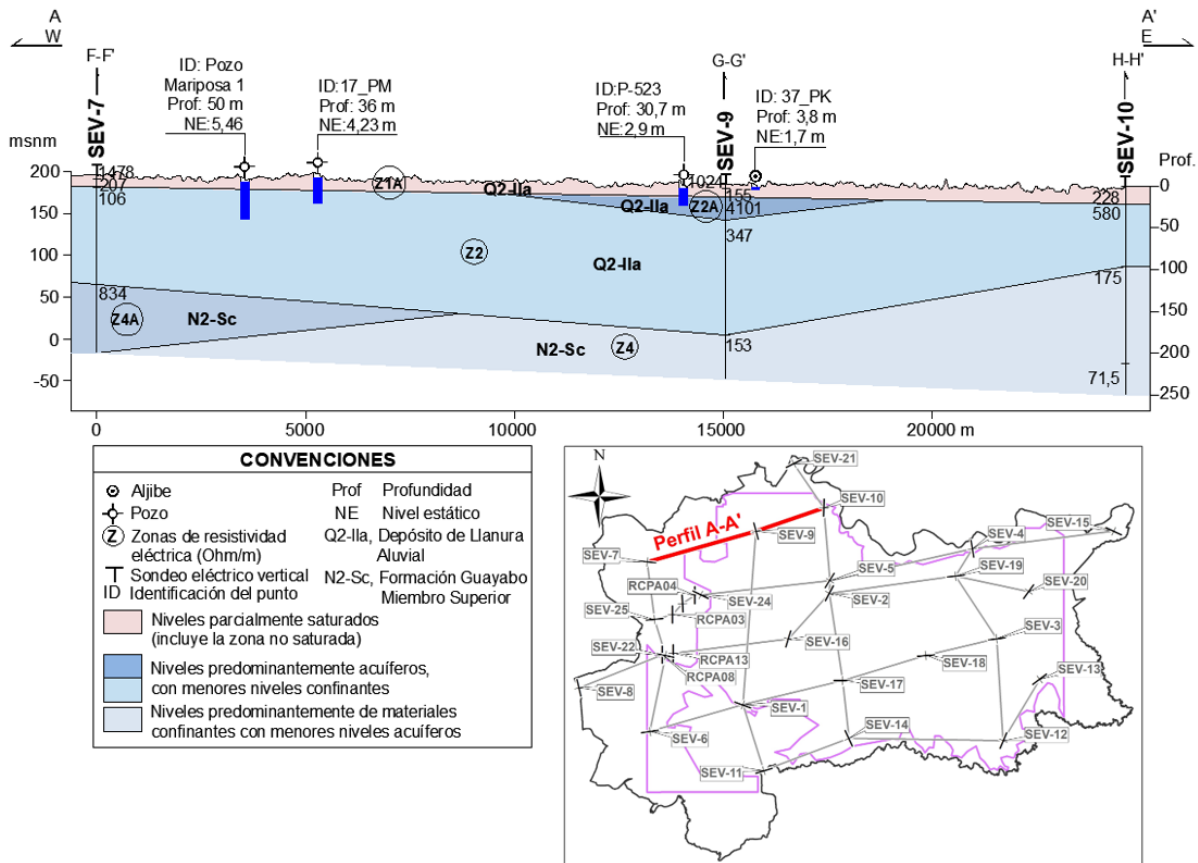


Figura 4.2-9 Perfil A-A'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

➤ *Perfil B-B'*

El perfil geoelectrico B-B' (ver **Figura 4.2-10**) tiene longitud de 62,6 km, sentido W-E y correlaciona los SEV-25, RCPA03, SEV-23, RCAP04, SEV-24, SEV-5, SEV-4 y SEV-15, así como el registro de resistividad del pozo de agua Indico 3. Registra las unidades de Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-Ila), Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-Ili) y la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc). La zona de resistividad de mayor potencialidad corresponde a Z4 de la Formación Guayabo Superior, que es continua y de gran importancia en este sector, la cual se halla más somera hacia el oriente donde se encuentra a profundidades alrededor de los 10 m y se profundiza hacia el occidente donde infrayace la zona Z2 a profundidades alrededor de los 115 m. Al occidente del perfil también es representativa la zona Z2 de los Depósitos de Llanura Aluvial, que se acuña pasando de tener aproximadamente 100 m hasta aproximadamente 20 m al oriente. Las captaciones más someras de la comunidad hacen aprovechamiento de las zonas Z2 y Z4 en sus niveles más superficiales.

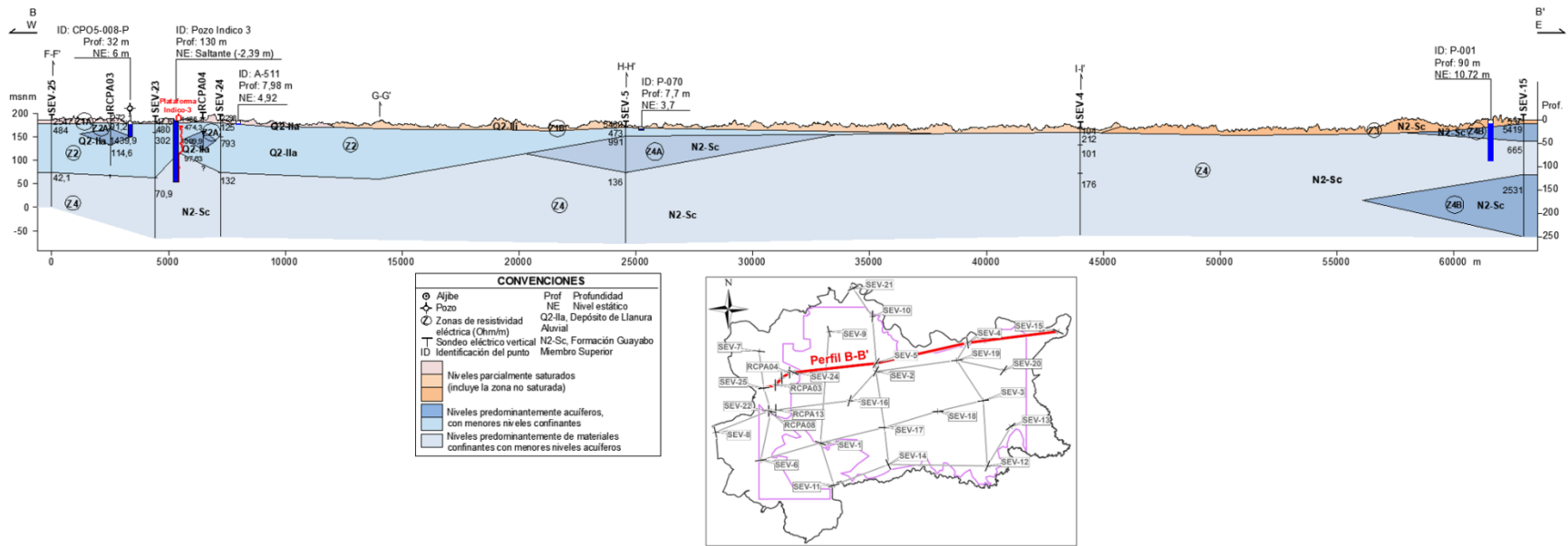




Figura 4.2-10 Perfil B-B'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

➤ *Perfil C-C'*

El perfil geoelectrico C-C' (ver **Figura 4.2-11**) se ubica en la parte central del Área de Influencia, en sentido SW-NE, con longitud de 63,8 km; correlaciona los SEV-8, RCAP08, SEV-22, RCAP13, SEV-16, SEV-2, SEV-19 y SEV-20. El perfil registra las unidades de Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa), Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi) y la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc). Las Zonas Z4 y Z4A muestran buena potencialidad, con espesores alrededor de 100 y 150 m, siendo más someras al centro y oriente del perfil, donde el techo está alrededor de los 10 m. La Zona Z2 localizada al occidente del perfil con espesor promedio de 65 m, no es continua pues se acuña hacia el oriente. Las captaciones de la comunidad en este sector aprovechan principalmente de las zonas Z2, Z3 y Z4A en los niveles más superficiales. La zona Z5, igualmente de buen potencial hidrogeológico, se ubica al centro y oriente del perfil, a mayores profundidades con el techo entre 95 y 175 m, si aprovechamiento por parte de la comunidad.

➤ *Perfil D-D'*

El perfil geoelectrico D-D' se muestra en la **Figura 4.2-12**, se halla hacia el sector centro-sur del Área de Influencia, con una longitud de 47,8 km y orientación SW-NE, correlaciona los SEV-6, SEV-1, SEV-17, SEV-18 y SEV-3; abarcando materiales de la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc) y algunos de los depósitos cuaternarios hacia el al suroeste. En este perfil la zona Z5 de la Formación Guayabo Miembro Superior, cuyo techo se halla en promedio a 80 m, muestra alto potencial dada su continuidad lateral, siendo aprovechada solamente en los niveles someros al occidente del perfil por algunos pozos que tienen 150 m de profundidad. También destaca la zona Z4B más somera, con techo y espesor promedio de 25 y 47 m respectivamente.

➤ *Perfil E-E'*

En la **Figura 4.2-13** se muestra el perfil E-E, con 42,1 km de longitud, ubicado sur del Área de Influencia correlaciona los SEV-11, SEV-14, SEV-12 y SEV-13. Abarca rocas de la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc). La Zona Z4B es la de mayor potencial dada su continuidad y espesor, su techo se halla entre 13 y 134 m, siendo más somero hacia el SEV-14 y estando más profunda al NE. Cerca de la superficie se presenta la zona Z4A que tiene espesor promedio de 60 m, la cual no es continua, desapareciendo a la altura del SEV-14. No se presentan pozos ni aljibes en este sector, la zona Z3 alimenta la surgencia del manantial M-436.

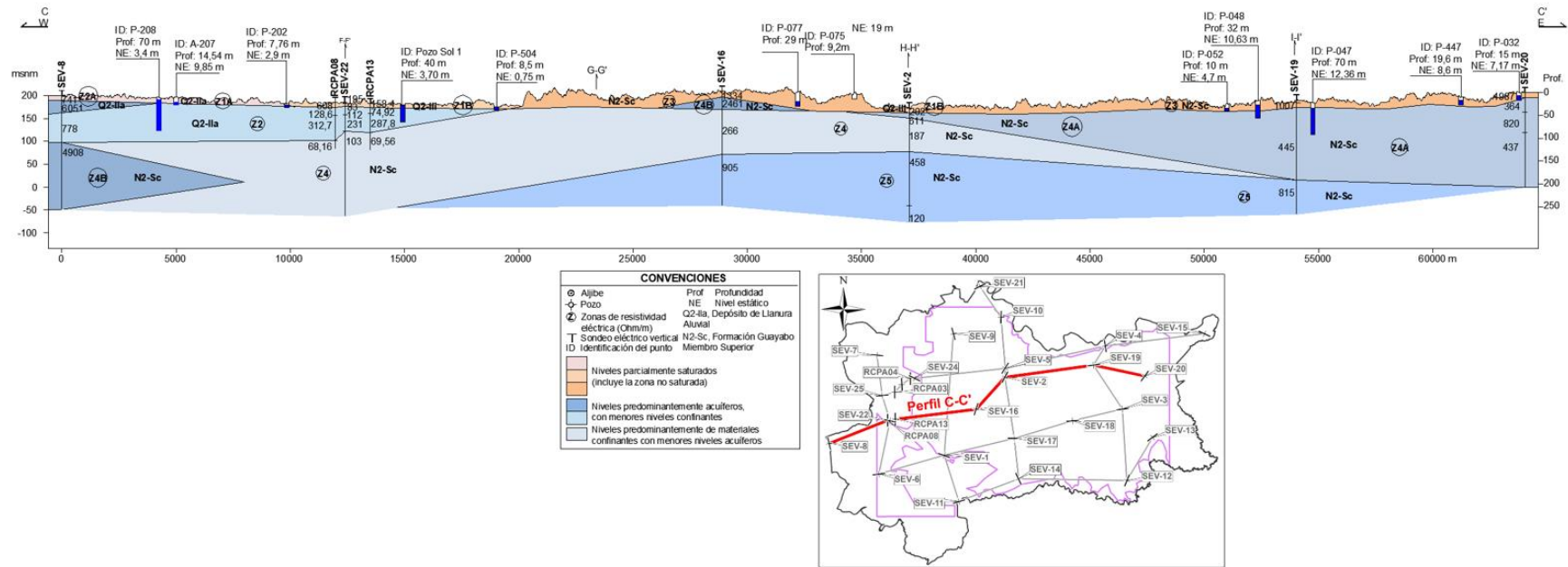


Figura 4.2-11 Perfil C-C'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

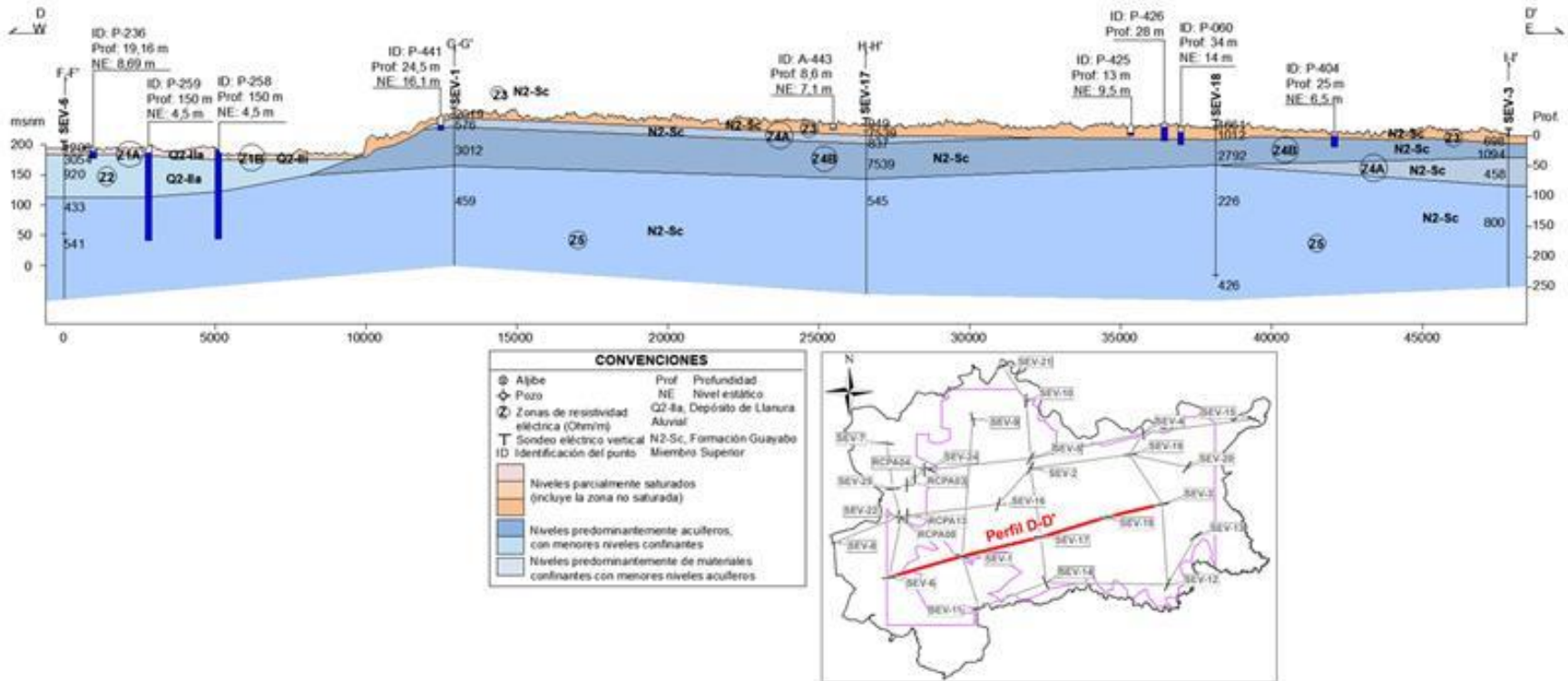


Figura 4.2-12 Perfil D-D'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

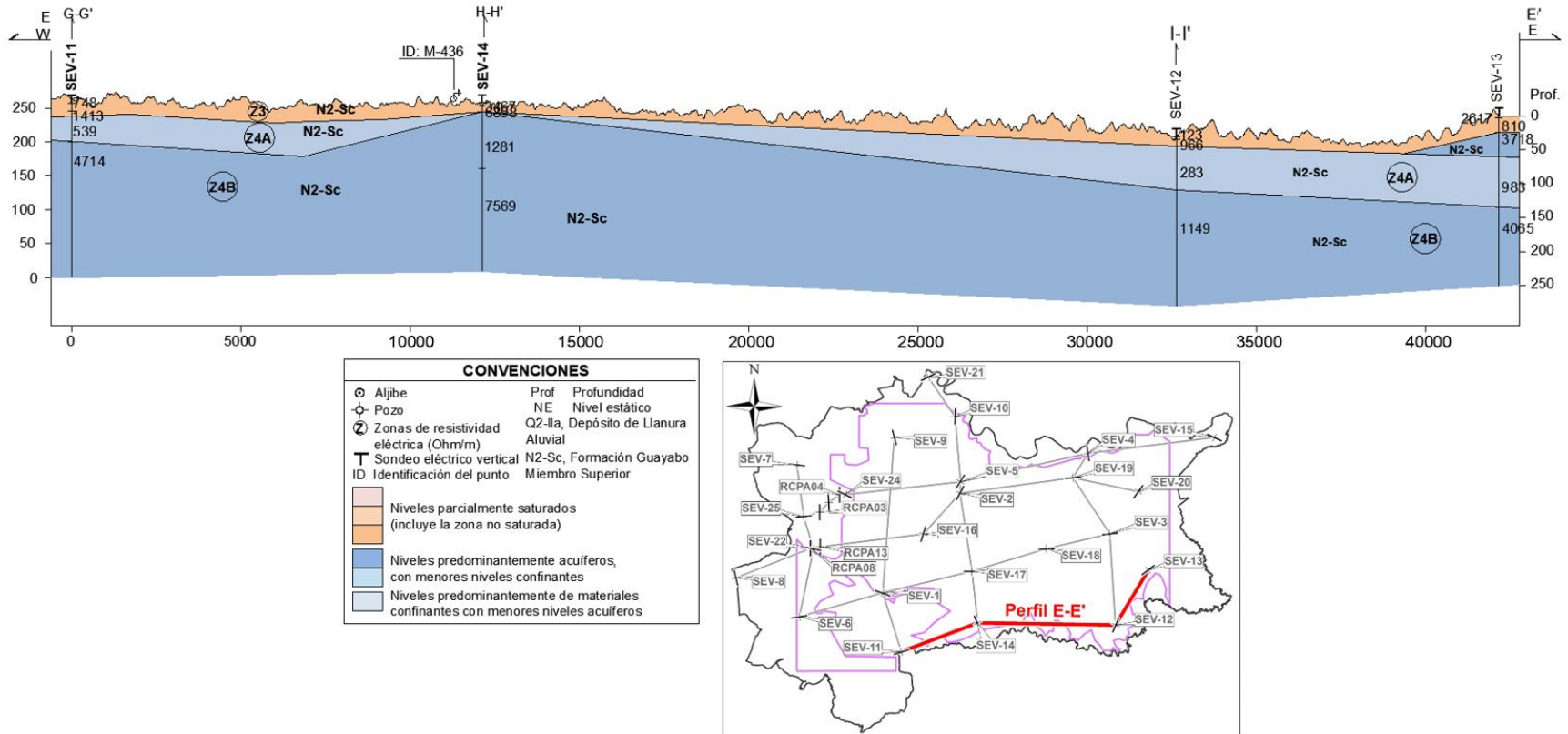


Figura 4.2-13 Perfil E-E'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

A continuación, se hace la descripción de las principales características de los perfiles con dirección aproximada N-S.

➤ *Perfil F-F'*

En la **Figura 4.2-14** se muestra el perfil F-F' que tiene dirección N-S, con longitud de 23 km, relaciona los SEV-7, SEV-25, SEV-22 y SEV-6. Cubre las unidades cuaternarias que afloran hacia el sector occidental del Área de Influencia, correspondiente a los Depósitos de Llanura aluvial (Q2-IIa) correlacionados con las zonas Z1A y Z2, esta última destaca dado su espesor que varía entre 55 y 116 m con promedio de 87 m. La Formación Guayabo Miembro Superior infrayacente representada por las zona Z4 hacia el centro del perfil y la Z4A hacia los extremos, también tienen muy buen potencial hidrogeológica y no son aprovechadas por la comunidad en este sector.

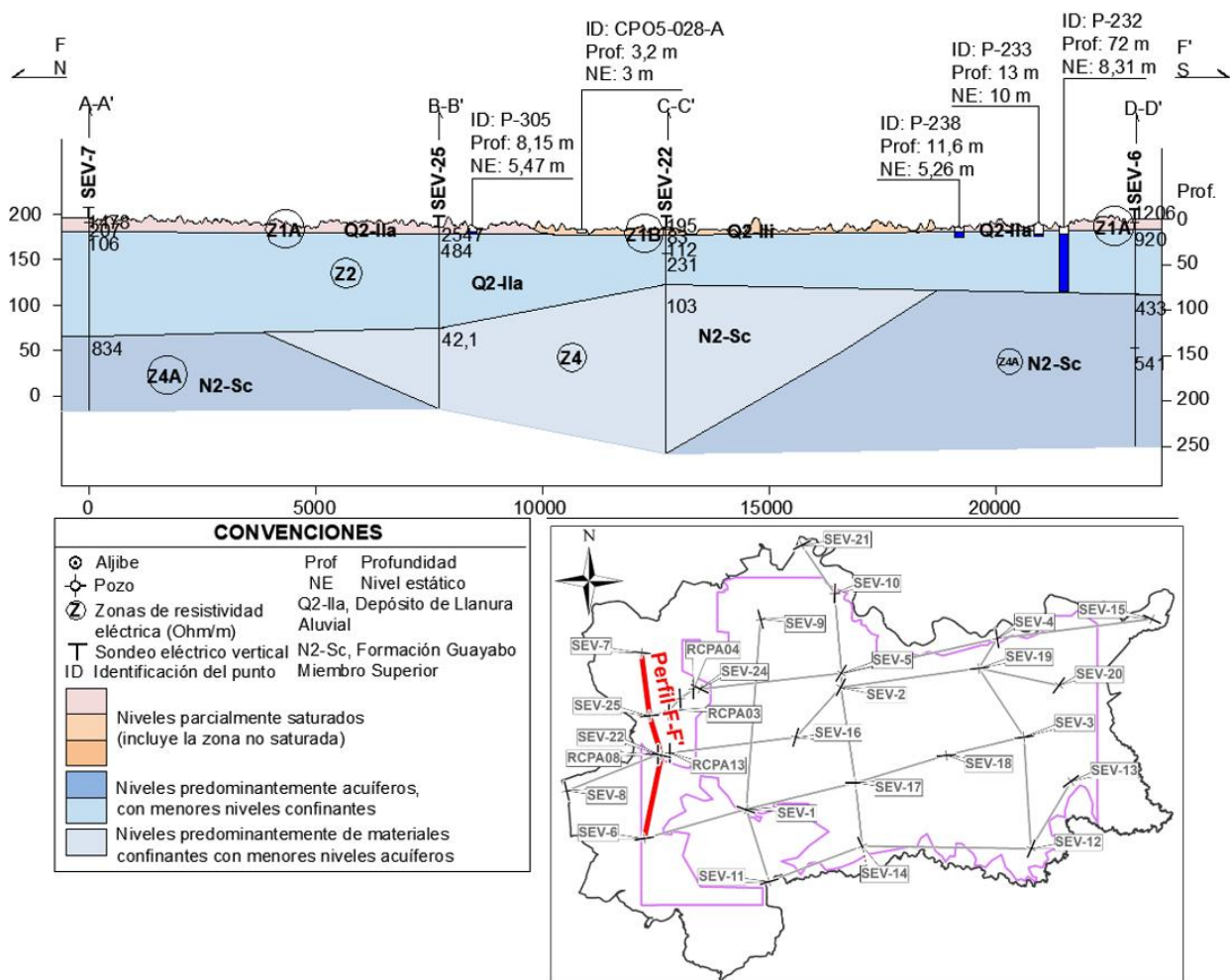


Figura 4.2-14 Perfil F-F'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

➤ *Perfil G-G'*

En la **Figura 4.2-15** se muestra el perfil G-G', con sentido N-S y con longitud de 32,3 km, que correlaciona los SEV-9, SEV-1 y SEV-11. Se identifican las unidades de los Depósitos de Llanura Aluvial correlacionados con las zonas Z2, Z2A y Z1A, siendo la zona Z2, la de mayor espesor con 137 m que se adelgaza hacia el sur. La Formación Guayabo Miembro Superior infrayace los Depósitos de Llanura Aluvial al norte con la zona Z4, que no es continua hacia el sur donde se halla la zona Z4B de la misma unidad, por lo cual que puede estar evidenciando algunas variaciones laterales en la litología. Hacia la parte media y sur del perfil infrayaciendo las zonas Z4 y Z4B se halla la zona Z5. Las zonas de zonas Z2, Z4, Z4B y Z5 poseen el mejor potencial hidrogeológico dado su espesor y extensión.

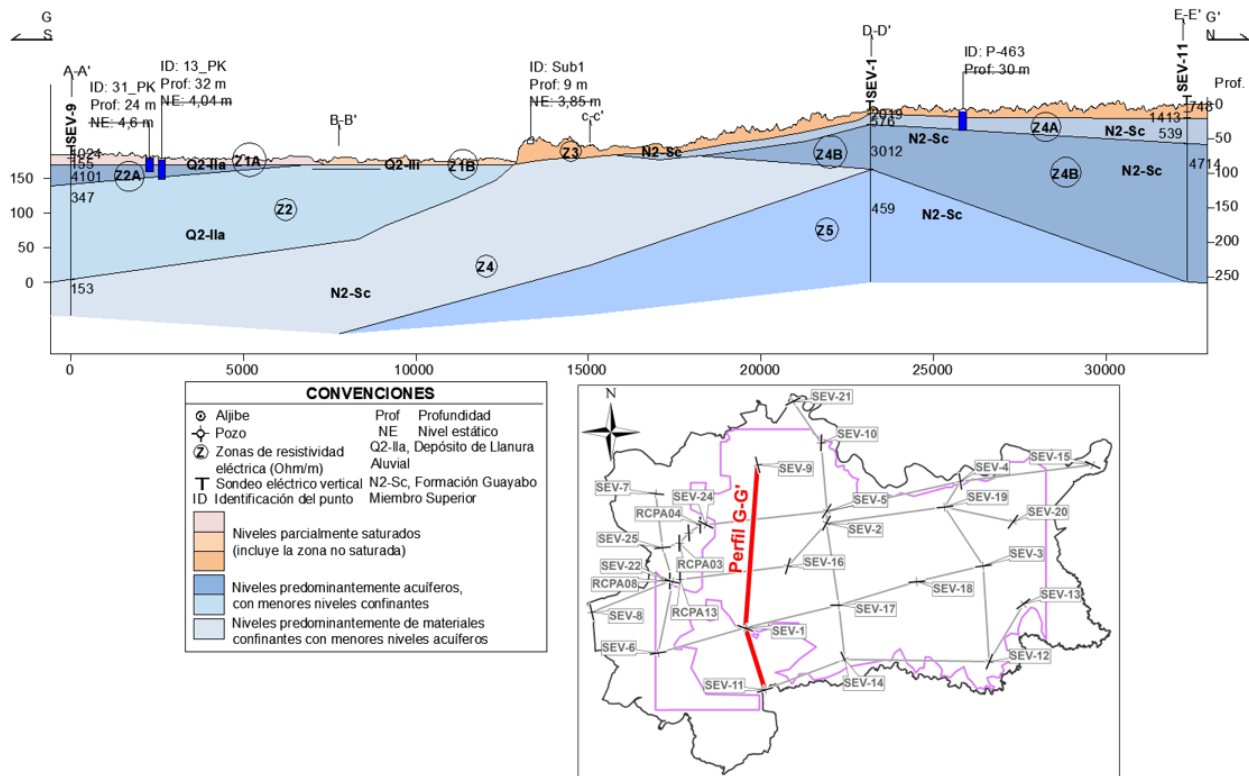


Figura 4.2-15 Perfil G-G'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

➤ *Perfil H-H'*

En la **Figura 4.2-16** se muestra el perfil H-H' ubicado hacia la parte media del Área de Influencia, orientado en sentido NNW-SSE y con longitud 37,9 km; correlaciona los SEV-21, SEV-10, SEV-5, SEV-2, SEV-17 y SEV-14. Hacia el norte del perfil se ubican los sedimentos aluviales cuaternarios representados principalmente por las zonas Z2A y Z2 las cuales se adelgazan hacia el oriente. Al sur aflora la Formación Guayabo Miembro Superior representada por la zona Z4A que es discontinua, acuñaándose hacia el norte, con espesor variable entre 14 y 78 m y captada por algunos pozos. La zona Z4 es la de mayor continuidad al norte y centro del perfil, pasando a la

zona Z4B que se ubica al sur con resistividades mayores. La zona Z5 se halla en el centro y sur del perfil a una profundidad alrededor de los 90 m.

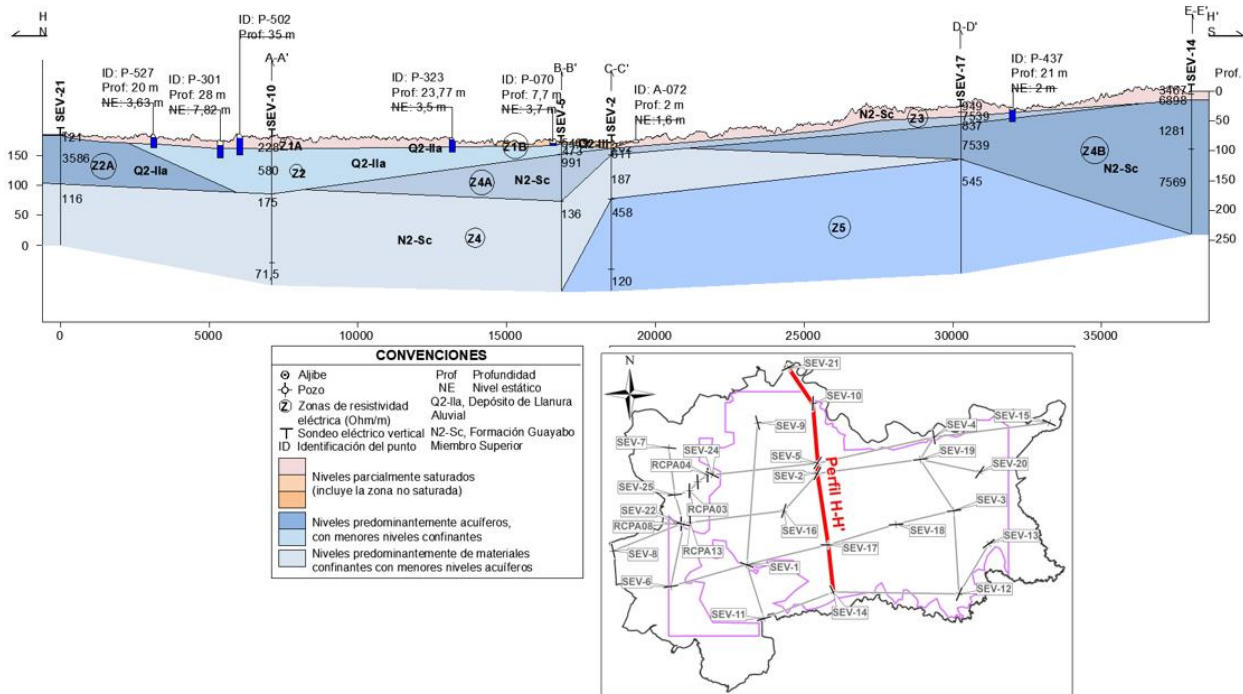


Figura 4.2-16 Perfil H-H'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

➤ *Perfil I-I'*

En la **Figura 4.2-17** se presenta el perfil I-I', que atraviesa la zona en sentido N-S hacia el sector oriental del Área de Influencia, tiene una longitud de 27,8 km y correlaciona los SEV-4, SEV-19, SEV-3 y SEV-12. Incluye el afloramiento de los Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi) en el SEV-4 asociados a la zona de resistividad Z1B, mientras que los SEV restantes representan la Formación Guayabo Miembro Superior, siendo la zona Z4A la de mayor continuidad a lo largo del perfil y de espesor variable llegando a alcanzar hasta 158 m hacia norte del Área de Influencia en el SEV-19, este valor se reduce gradualmente hacia el sur. Los pozos presentes en el sector captan de las zonas de resistividad Z3, Z4 y Z4A en los horizontes más superficiales.

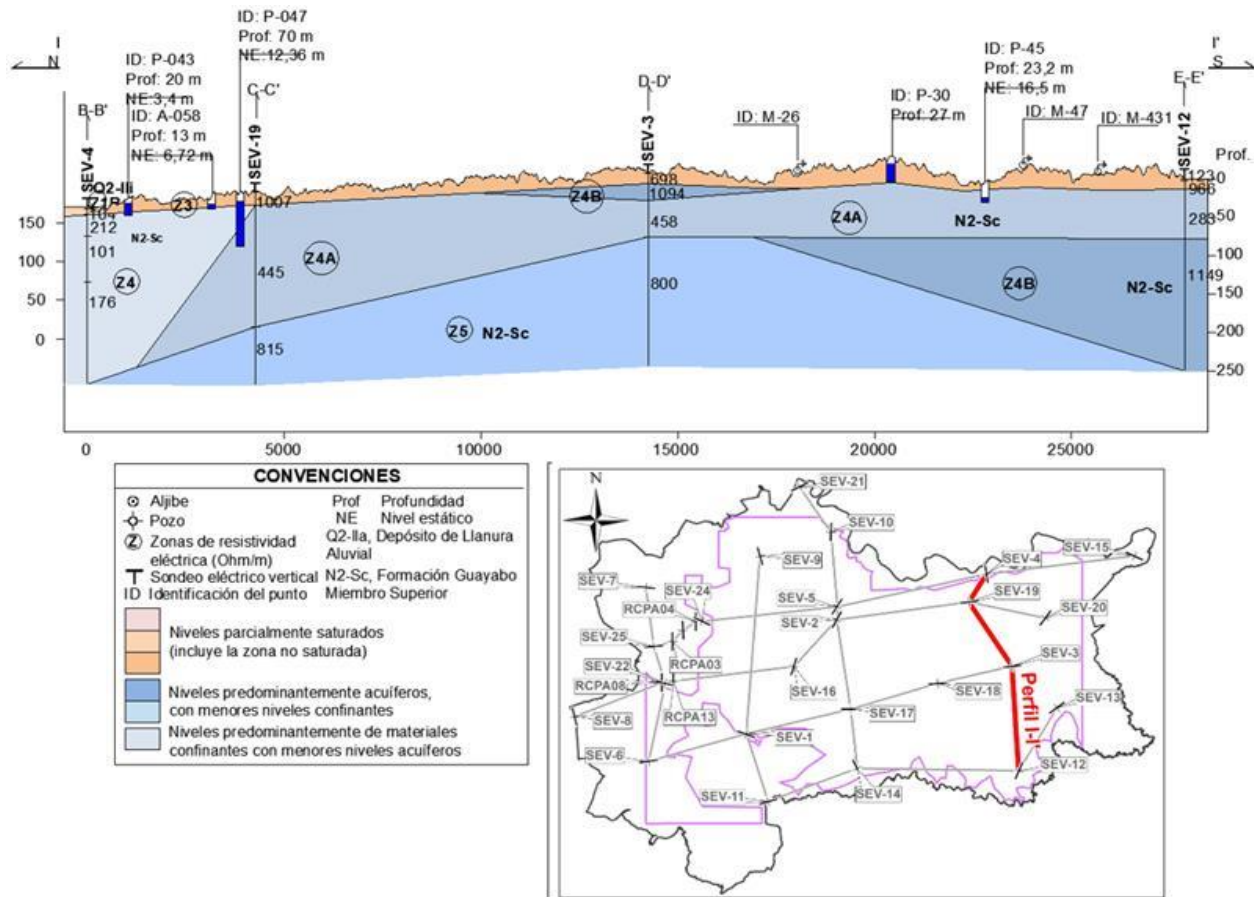


Figura 4.2-17 Perfil I-I'

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas

Para conocer las propiedades hidráulicas de los acuíferos se utilizan ensayos o pruebas de bombeo; en este tipo de pruebas se extrae agua de los pozos o aljibes por un tiempo determinado, bien sea a caudal constante o a caudal variable, monitoreando la evolución del nivel del agua, en el pozo de bombeo o en otros pozos cercanos, cuando es posible. Los ensayos de bombeo normalmente también incluyen el análisis de la recuperación de los niveles de agua, una vez el bombeo ha cesado.

Respecto al acuífero los ensayos de bombeo pueden suministrar datos sobre su transmisividad (T), coeficiente de almacenamiento (S) y conductividad hidráulica (K). La interpretación cualitativa de las curvas generadas en los ensayos (curvas de tiempo-abatimiento) también puede indicar la existencia de barreras y bordes impermeables cercanos, zonas de recarga, etc. Adicionalmente, estas pruebas pueden suministrar información acerca de la productividad del pozo que está siendo bombeado. Algunas definiciones de los parámetros hidráulicos de los acuíferos se presentan a continuación:

- **Conductividad Hidráulica (K–m/día):** La conductividad hidráulica mide la facilidad que un acuífero ofrece a ser atravesado por un fluido. Este parámetro es medido como la constante de proporcionalidad entre el caudal y el gradiente hidráulico. Las unidades en que se expresa son caudales/sección transversal (m³/día/m²) o m/día. En la **Tabla 4.2-5** se muestran las categorías de permeabilidad según Hazen⁶, de acuerdo con la conductividad hidráulica.

Tabla 4.2-5 Permeabilidad de acuerdo a la conductividad hidráulica

Permeabilidad según Hazen		Permeabilidad
K (cm/s)	K (m/día)	
3	2.600	Muy alta
0,7	600	Muy alta
0,1	86	Alta
0,05	43	Media
9,00E-03	8	Baja
5,00E-03	4,3	Baja
2,00E-03	1,7	Muy Baja
7,00E-04	0,6	Muy Baja
7,00E-05	0,06	Prácticamente impermeable
1,00E-05	0,008	Prácticamente impermeable
<0,00001	<0,008	Prácticamente impermeable
<<0,00001	<<0,008	Prácticamente impermeable

Fuente: CUSTODIO, Emilio y LLAMAS, Manuel, 2001

- **Coefficiente de almacenamiento (S):** Este coeficiente describe el volumen de agua que un acuífero puede almacenar y ceder después. El coeficiente de almacenamiento mide el volumen de agua liberado por una columna de agua (cuya base es una unidad y la altura es todo el espesor del acuífero), cuando el nivel piezométrico desciende una unidad. Este parámetro es adimensional. En el caso de acuíferos libres, el coeficiente de almacenamiento representa el volumen de agua que el acuífero drena por gravedad y coincide con la porosidad eficaz. En caso de acuíferos confinados el volumen de agua drenado no proviene de la que se encuentra almacenada en los poros, sino por descompresión del acuífero. El valor del coeficiente de almacenamiento varía de acuerdo con el tipo de acuífero, como se muestra en la **Tabla 4.2-6**.

Tabla 4.2-6 Coeficiente de almacenamiento de acuerdo con el tipo de acuífero

Acuífero	Exponencial
Libre	<10 ⁻³
Semiconfinado	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴
Confinado	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁷

Fuente: Sánchez San Román, F.J, 2001⁷

⁶ CUSTODIO, Emilio y LLAMAS, Manuel. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona: Omega, 2001. p. 478.

⁷ SÁNCHEZ SAN ROMAN, J. El agua en el suelo. 2001.

- **Transmisividad ($T-m^2/día$):** Este parámetro indica la facilidad del agua para circular horizontalmente por una formación acuífera. La Transmisividad se calcula multiplicando la conductividad hidráulica horizontal del acuífero por el espesor saturado del mismo.
- **Capacidad específica (L/s/m):** Es la relación existente entre el caudal de bombeo de un pozo y el abatimiento máximo alcanzado en una prueba de bombeo o en un rango de explotación conocido. Sus unidades corresponden a caudal sobre longitud de abatimiento del nivel de la tabla de agua y sirven para clasificar a los acuíferos de acuerdo con su productividad.

A su vez los parámetros hidráulicos obtenidos de los acuíferos permiten realizar estimaciones de los caudales que podría producir un pozo perforado en la zona como se muestra **Tabla 4.2-7.**

Tabla 4.2-7 Transmisividad, capacidad específica, productividad del acuífero y caudal esperado en pozos

Transmisividad ($m^2/día$) **	Capacidad Específica* (l/s/m)	Productividad del Acuífero	Caudal estimado de producción de pozos (l/s)
$T < 10$	$<0,05$	Muy baja	< 1
$10 < T < 100$	$0,05 - 1,0$	Baja	$1 - 10$
$100 < T < 500$	$1,0 - 2,0$	Media	$10 - 50$
$500 < T < 1000$	$2,0 - 5,0$	Alta	$50 - 100$
$T > 1000$	$>5,0$	Muy Alta	> 100

Fuente: * UNESCO, IAH, IAHS. International Legend for Hydrogeological Maps. 1983**Fuente: Adaptado de IGME, 1984⁹.

Para conocer las características hidráulicas de los niveles solicitados en exploración se cuenta con información primaria y secundaria¹⁰ de tres (3) pruebas de bombeo realizadas en pozos con profundidades entre 72 y 130 m. En el **Capítulo 3.2.7_Hidrogeología, Numeral 3.2.7.6 Características hidráulicas de los acuíferos**, se describe con detalle la realización y método de interpretación de las pruebas en mención.

En la **Tabla 4.2-8** se presentan las coordenadas, algunas características constructivas y datos específicos de las pruebas de bombeo más representativas de los niveles acuíferos de interés exploratorio, en la **Figura 4.2-18** se muestra su localización.

⁸ UNESCO, IAH, IAHS. International Legend for Hydrogeological Maps. 1983.

⁹ VILLANUEVA MARTÍNEZ, M; IGLESIAS LÓPEZ, A. Pozos y Acuíferos. Técnicas de Evaluación Mediante Ensayos de Bombeo. IGME, 1984.

¹⁰ P&S – ONGC VIDESH. Informe técnico perforación y construcción de un pozo exploratorio de producción de agua y un pozo de observación en la Locación Indico 3 del AP Gangotri, Municipio de Cabuyaro Departamento del Meta - Colombia. 2024.

Tabla 4.2-8 Coordenadas y características de los pozos con prueba de bombeo que captan los niveles de interés exploratorio de agua subterránea

ID	ID Inventario	Predio	Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional		Diám. (pulg)	Prof. (m)	NE (m)	Q bombeo (l/s)	Tiempo bombeo (min)	ND (m)	Tiempo recuperación (min)
			Este	Norte							
PB-03	P-257	La Esmeralda	5014694,81	2008367,17	8"	87	-2,68 (saltante)	4,27	1.440	2,68	Inmediato
PB-04	P-232	Acueducto de Río Negro	5001206,13	2009700,04	6"	72	8,31	4,57	1.440	11,59	40
PB-13 ⁵	Pozo Indico 3	Plataforma Indico 3	5004508,33	2026645,82	6"	130	-2,39 (Saltante)	6,7	780	0,41	660

5. P&S – ONGC VL Informe técnico perforación pozo exploratorio de producción de agua y Pozo de observación Locación Indico 3. 2024.

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

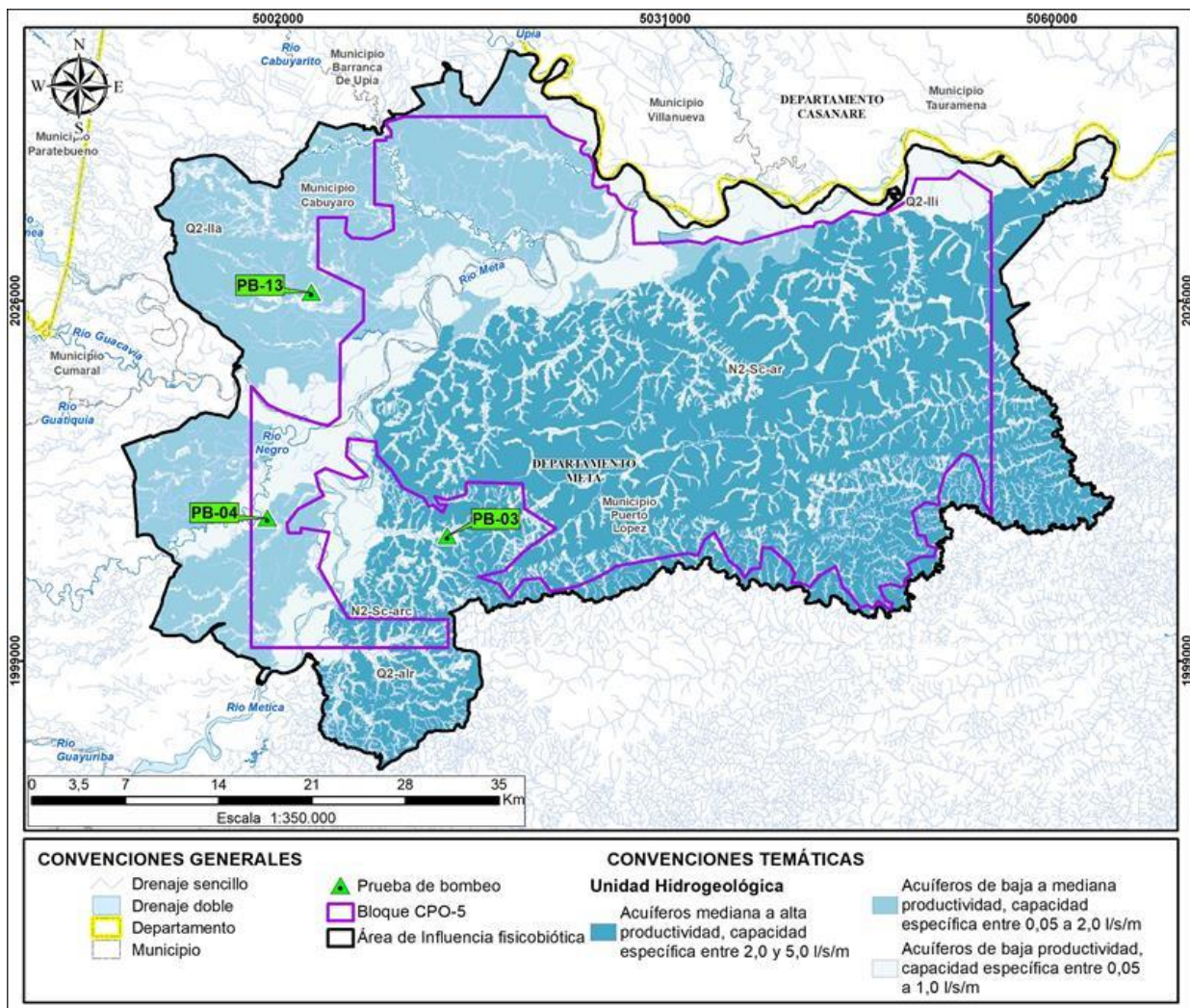


Figura 4.2-18 Localización de pozos con pruebas de bombeo en los niveles acuíferos solicitados en exploración

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.7.1 PB-03 (Pozo P-257 – La Esmeralda)

El pozo tiene una profundidad de 87,0 m. Se asumieron 30 m de longitud de los filtros para efectos de interpretación. Se estima que el pozo está captando los niveles someros del acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc) asociados con la zona de resistividad Z4B correlacionada con conglomerados y areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas.

La prueba se realizó a partir de un nivel saltante medido de 2,68 m por encima del suelo. Se aforó un caudal promedio de 4,27 l/s, alcanzando el nivel dinámico de 2,68 m a los 1.440 minutos de bombeo. El porcentaje de recuperación alcanzó el 100% debido a que se recuperó en términos de segundos después de haber finalizado el bombeo.

En la **Figura 4.2-19** se observan los niveles dinámicos en la prueba de bombeo. La recuperación es demasiado rápida, ya que en segundos el pozo se recupera totalmente, por tanto, solo se realiza una exploración de datos en la fase de bombeo.

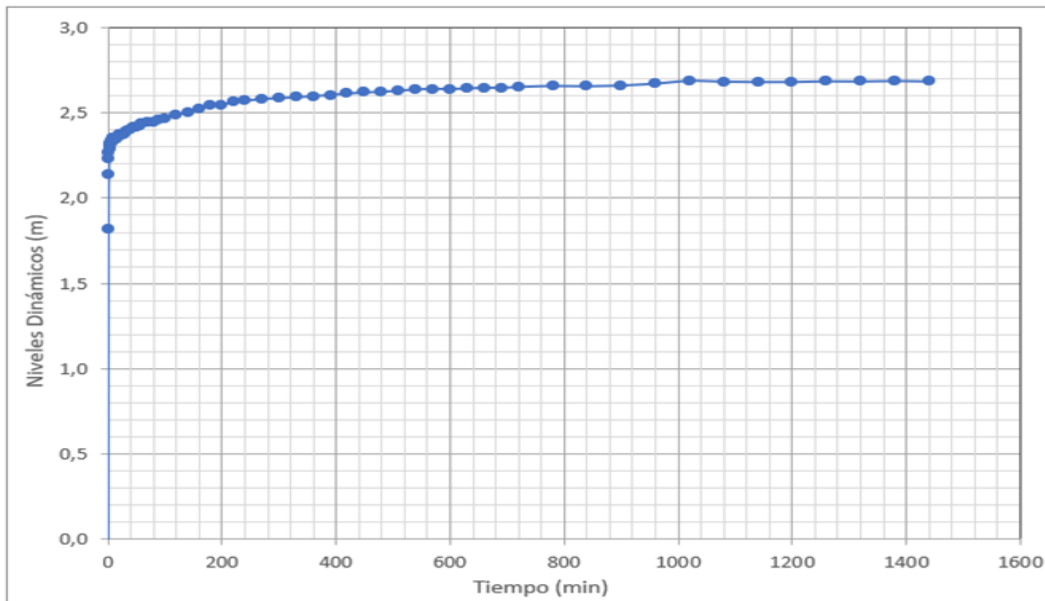


Figura 4.2-19 Niveles dinámicos en la prueba de bombeo-recuperación de PB-03 (Pozo-P-257 – La Esmeralda)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

Comparadas las curvas de los niveles dinámicos-tiempo, con las curvas modelo, se observa que en la medida que avanza el tiempo, el abatimiento se mantiene en la curva teórica de Walton.

En la **Figura 4.2-20 (a)** se presentan la curva tiempo /abatimiento y sus derivativas para los datos de bombeo en escala logarítmica, la cual no coincide con la curva modelo y presenta una dispersión considerable. En la **Figura 4.2-20 (b)**, se aprecia la representación semilogarítmica con la cual hay moderada coincidencia y menor dispersión en los datos, donde en general la

tendencia inicial es ascendente y luego disminuye y se estabiliza, por tanto, las curvas indican un comportamiento de un acuífero semiconfinado.

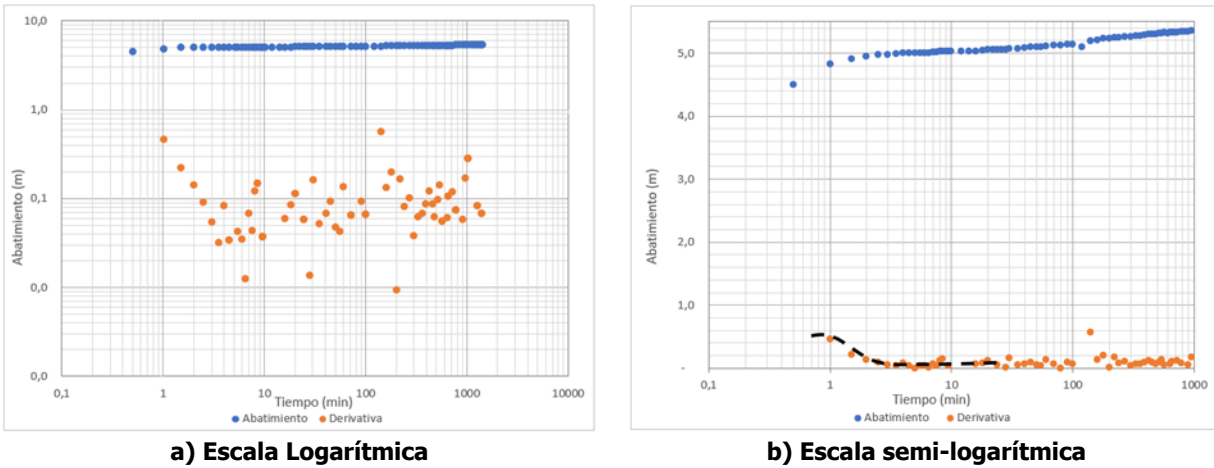


Figura 4.2-20 Curvas tiempo / abatimiento y derivativa para la prueba PB-03 (Pozo P-257 – La Esmeralda)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

Por el comportamiento mostrado en las curvas de tiempo / abatimiento y sus derivativas, considerando la litología local y correlación hidrogeológicas donde la Zona Z4B, que se asocia a la presencia conglomerados y areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas, se estima que los niveles captados por el pozo P-257 corresponde a un acuífero de tipo semiconfinado y, por tanto, para la interpretación de la prueba de bombeo se empleó el método de Walton.

En la **Figura 4.2-21** se muestra la curva de tiempo / abatimiento para la prueba de bombeo ajustada con el método de Walton.

Curva tiempo abatimiento- ajuste con curva de Walton (t-s)

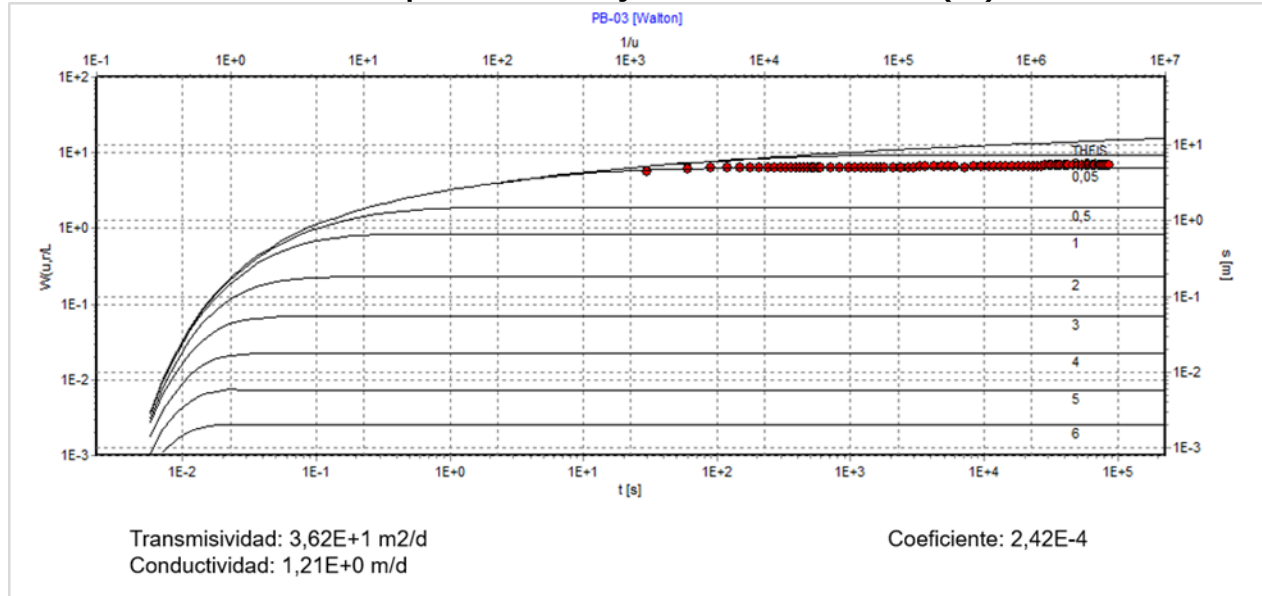


Figura 4.2-21 Ajuste de las curvas tiempo / abatimiento y tiempo/recuperación para las pruebas de bombeo PB-03 (Pozo P-257 Predio La Esmeralda)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

En la **Tabla 4.2-9** muestran en resumen los datos de la prueba y los parámetros estimados.

Tabla 4.2-9 Parámetros hidráulicos obtenidos de la Prueba de bombeo PB-03 La Esmeralda.

Parámetro		Valor
Profundidad (m)		87
Nivel Estático – NE (m)		-2,68 (Saltante)
Nivel Dinámico – ND (m)		2,68
Abatimiento- s (m)		5,36
Longitud de filtros (m) (Asumido)		30
Caudal promedio de la prueba de bombeo (l/s)		4,27
Tiempo de bombeo (min)		1.440
Tiempo de recuperación (min) y % de recuperación		100% (Recuperación inmediata)
Capacidad específica – Ce (l/s/m) (a los 1.440 minutos de bombeo)		0,80
		Baja
Transmisividad – T (m ² /día)	Walton	36,2
Conductividad – K (m/día)	Walton	1,21
Coeficiente de Almacenamiento – S	Walton	2,42E-4
Tipo de acuífero		Semiconfinado – Confinado
Unidad acuífera captada		Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

El valor obtenido de coeficiente de almacenamiento (S) es de $2,42E-4$, que corresponde a un acuífero semiconfinado a confinado, se obtuvo una capacidad específica (ce) de $0,80$ l/s/m a los 1.440 min de bombeo sin alcanzar el régimen estacionario, esto significa que por cada $0,80$ l/s explotados se esperan abatimientos del nivel del agua de un metro, este valor ubica al pozo en el rango de baja productividad relativa. La Transmisividad (T) es de $36,2$ m²/día y la conductividad hidráulica (K) $1,21$ m/día, que corresponde a un valor muy bajo de permeabilidad.

4.2.1.7.2 PB-04 (Pozo P-232 – Acueducto Rionegro)

El pozo tiene una profundidad de $72,0$ m. Se asumieron 24 m de longitud de los filtros para efectos de interpretación. El pozo se halla sobre el Depósito Aluvial de Llanura (Q2IIa) y teniendo en cuenta la prospección geoelectrónica, se infiere que está captando la zona de resistividad Z2, correlacionada con arenas saturadas con intercalaciones de limos y arcillas.

La prueba se realizó a partir de un nivel estático de $8,31$ m de profundidad. Se aforó un caudal promedio de $4,57$ l/s, alcanzando el nivel dinámico de $11,59$ m a los 1.440 minutos de bombeo. El porcentaje de recuperación alcanzó el $92,58\%$ a los 40 minutos de haber finalizado el bombeo.

En la **Figura 4.2-22** se observa la curva de niveles dinámicos; la recuperación es de $92,58\%$ a solo 40 min de suspensión del bombeo, siendo esta muy rápida y si se compara la curva de recuperación con la parte inicial de la curva tiempo-abatimiento, por efecto espejo difieren ligeramente.

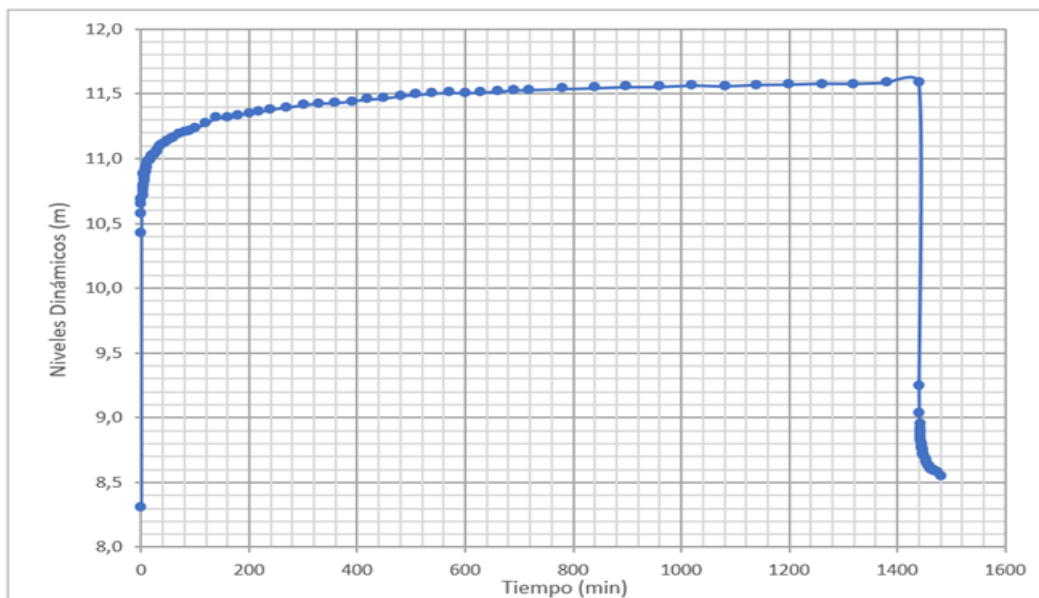


Figura 4.2-22 Niveles dinámicos en la prueba de bombeo-recuperación de PB-04 (Pozo P-232- Acueducto de Rionegro).

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

Las curvas tiempo-abatimiento comparadas con las curvas modelo muestran que en la medida que avanza el tiempo, el abatimiento tiende a ser acorde con la curva teórica de Theis. En la **Figura 4.2-23 (a)** se presentan la curva tiempo /abatimiento y sus derivativas para los datos de bombeo en escala logarítmica, la cual no coincide con la curva modelo y presenta una dispersión general. En la **Figura 4.2-23 (b)**, se aprecia la representación semilogarítmica en la cual hay mayor coincidencia y menor dispersión en los datos, por tanto, las curvas indican un comportamiento de un acuífero confinado.

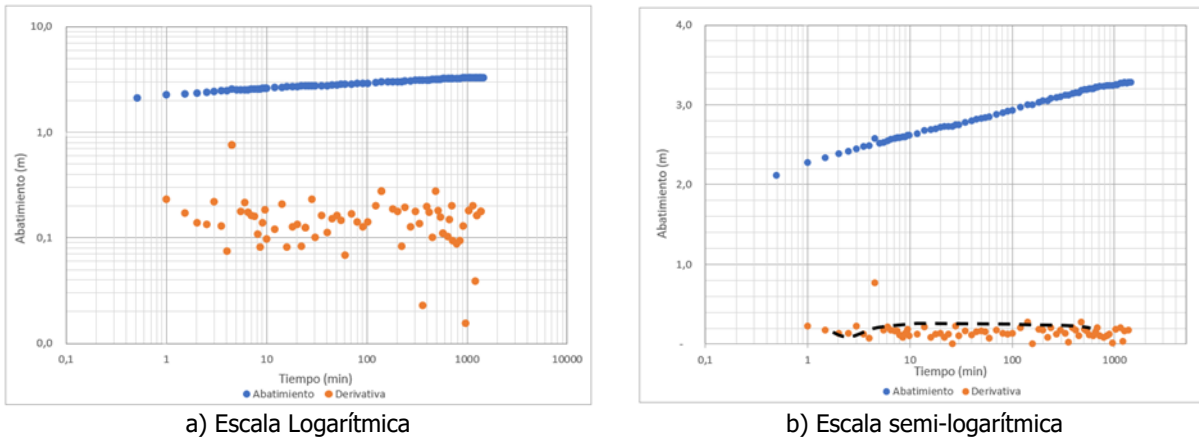
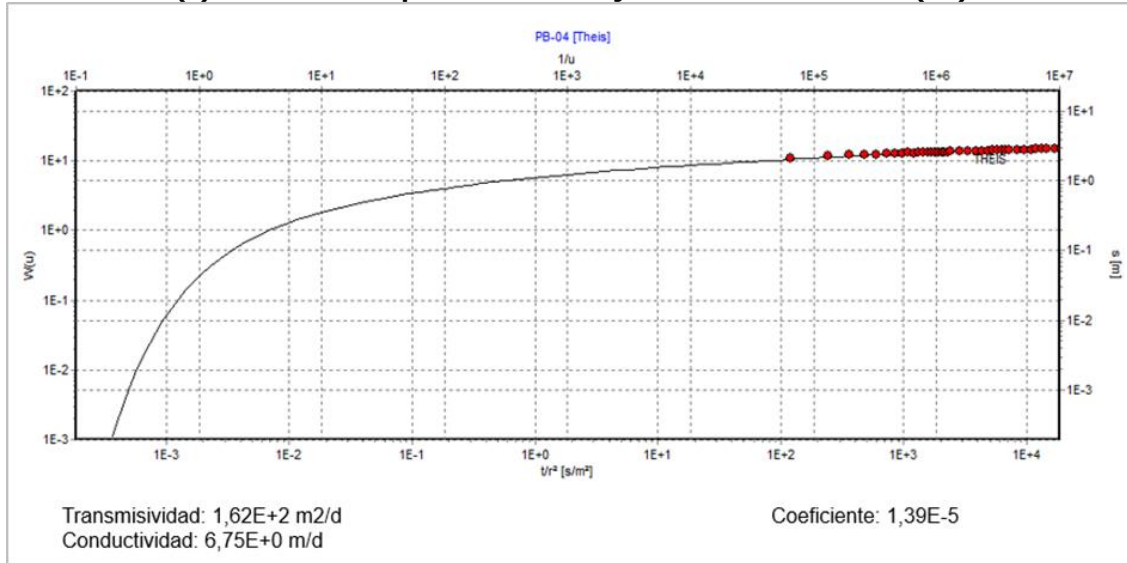


Figura 4.2-23 Curvas tiempo / abatimiento y derivativa para la prueba PB-04. (Pozo P-232- Acueducto de Rionegro)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

Por el comportamiento mostrado en las curvas tiempo / abatimiento y sus derivativas y, considerando la litología local y correlación hidrogeológica de la Zona Z2, que se asocia con la presencia de arenas saturadas intercaladas con limos y arcillas, se estima que los niveles captados por el pozo P-232, corresponden a un acuífero de tipo confinado y por tanto, para la interpretación de la prueba de bombeo, se empleó el método de Theis. En la **Figura 4.2-24 (a)** se muestra la curva de tiempo / abatimiento para la prueba de bombeo ajustada con el método de Theis y en la **Figura 4.2-24 (b)**, los datos de recuperación ajustados al método de recuperación de Theis.

(a) Curva tiempo abatimiento- ajuste con curva de Theis (t-s)



(b) Curva tiempo / abatimiento- ajuste con curva de Recuperación de Theis (t/t' / s')

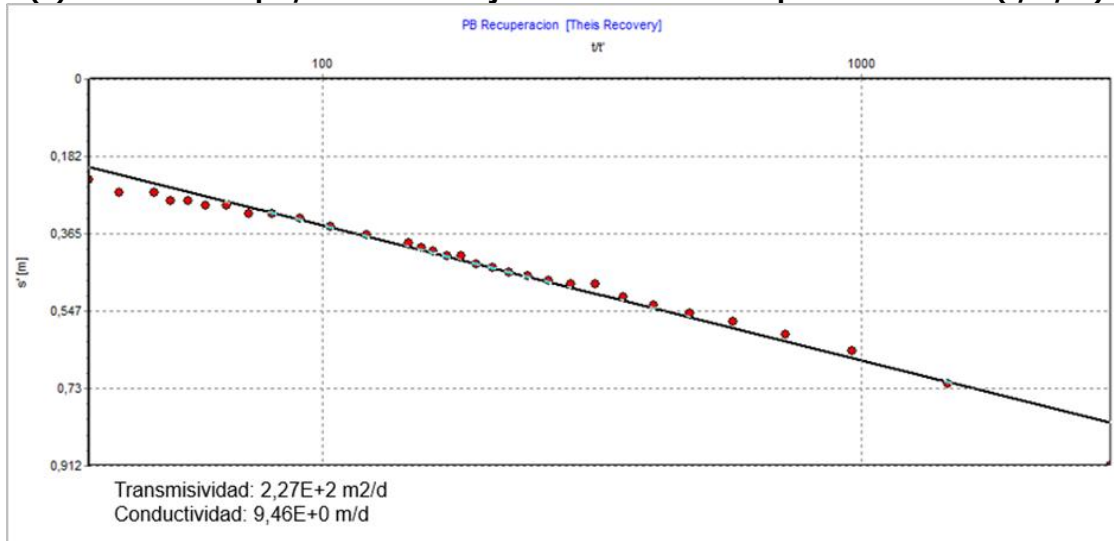


Figura 4.2-24 Ajuste de las curvas tiempo / abatimiento y tiempo/recuperación para la prueba de bombeo PB-04 (Pozo P-232- Acueducto de Rionegro)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

En la **Tabla 4.2-10** se muestran en resumen los datos de la prueba y los parámetros estimados.



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5	
	CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	

Tabla 4.2-10 Parámetros hidráulicos obtenidos de la Prueba de bombeo PB-04 Acueducto Rionegro.

Parámetro		Valor
Profundidad (m)		72,0
Nivel Estático – NE (m)		8,31
Nivel Dinámico – ND (m)		11,59
Abatimiento- s (m)		3,28
Longitud de filtros (m) (Asumido)		24,0
Caudal promedio de la prueba de bombeo (l/s)		4,57
Tiempo de bombeo (min)		1.440
Tiempo de recuperación (min) y % de recuperación		40 – 92,58%
Capacidad específica – Ce (l/s/m) (a los 1.440 minutos de bombeo)		1,39
		Medio
Transmisividad – T (m ² /día)	Theis	162
	Recuperación Theis	227
Conductividad – K (m/día)	Theis	6,75
	Recuperación Theis	9,46
Coefficiente de Almacenamiento – S	Theis	1,39 E-5
Tipo de acuífero		Confinado
Unidad acuífera captada		Depósito de Llanura Aluvial (Q2-lla)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

El coeficiente de almacenamiento (S) obtenido de 1,39E-5, denota un acuífero confinado, se obtuvo una capacidad específica (ce) de 1,39 l/s/m a los 1.440 min de bombeo sin alcanzar el régimen estacionario, esto significa que por cada 1,39 l/s explotados se esperan abatimientos del nivel del agua de un metro, este valor ubica al pozo en el rango de media productividad relativa. La Transmisividad (T) promedio es de 194,5 m²/día. La conductividad hidráulica (K) promedio es de 8,11 m/día, que corresponde a un valor bajo de permeabilidad.

4.2.1.7.3 PB-13 (Pozo Indico 3)

Esta prueba se realizó el 05 de noviembre de 2024 en periodo climático de transición de lluvioso a seco, con bombeo en el pozo Indico 3 y medición de niveles tanto en el pozo de bombeo como en el pozo de observación ubicado a 8 m de distancia.

El pozo de bombeo tiene diámetro de 6" y el de observación de 4", ambos pozos alcanzan una profundidad de 130 m, con 36 m de filtros ubicados en los intervalos: 54 – 66 m (12 m) captando la parte basal de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-lla), 93-108 m y 117-126 m (24 m) captando los niveles someros de la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc).

En el pozo de bombeo se midió un nivel saltante inicial de -2,39 m, la prueba se llevó a cabo a caudal constante de 6,7 l/s con una duración de 780 min debido a que el nivel dinámico se estabilizó en 0,41 m por debajo del terreno a los 480 min del inicio de la prueba, obteniendo un abatimiento de 2,8 m. La recuperación alcanzó el 99% a los 660 min de haber finalizado el bombeo. La gráfica de los datos de abatimiento medidos en el pozo de bombeo se muestra en la **Figura 4.2-25**.

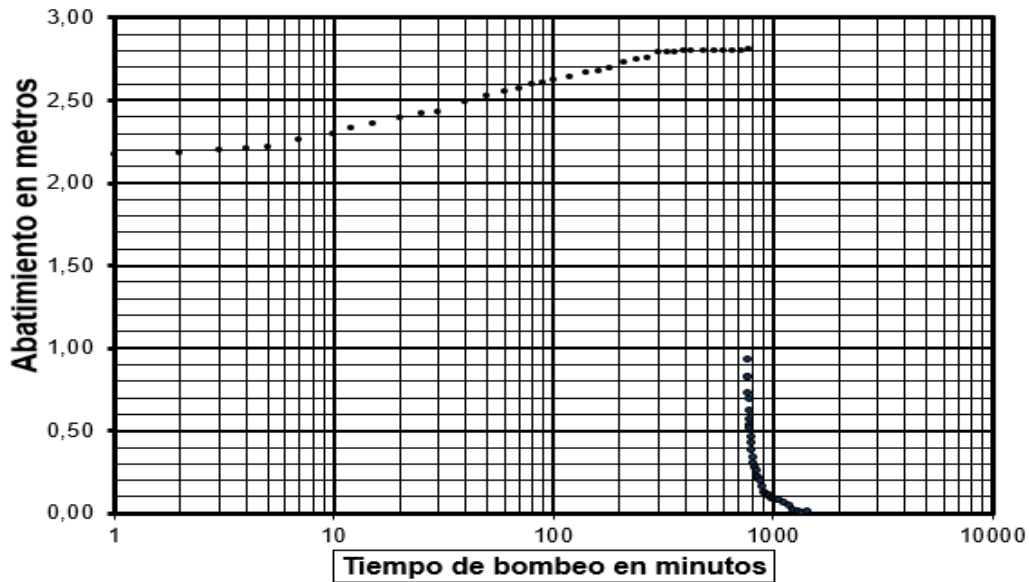


Figura 4.2-25 Curva tiempo / abatimiento para el bombeo y recuperación de la PB-07 en el pozo de bombeo Indico 3

Fuente: P&S, 2024

En la **Figura 4.2-26** y **Figura 4.2-27** se muestra la interpretación de la prueba de bombeo mediante el método de Jacob, obteniéndose transmisividad (T) entre 380 y 334 m²/día y coeficiente de almacenamiento (S) que varía entre 2,0 E-5 y 3,4E-5 denotando que los niveles acuíferos captados son de tipo confinado.

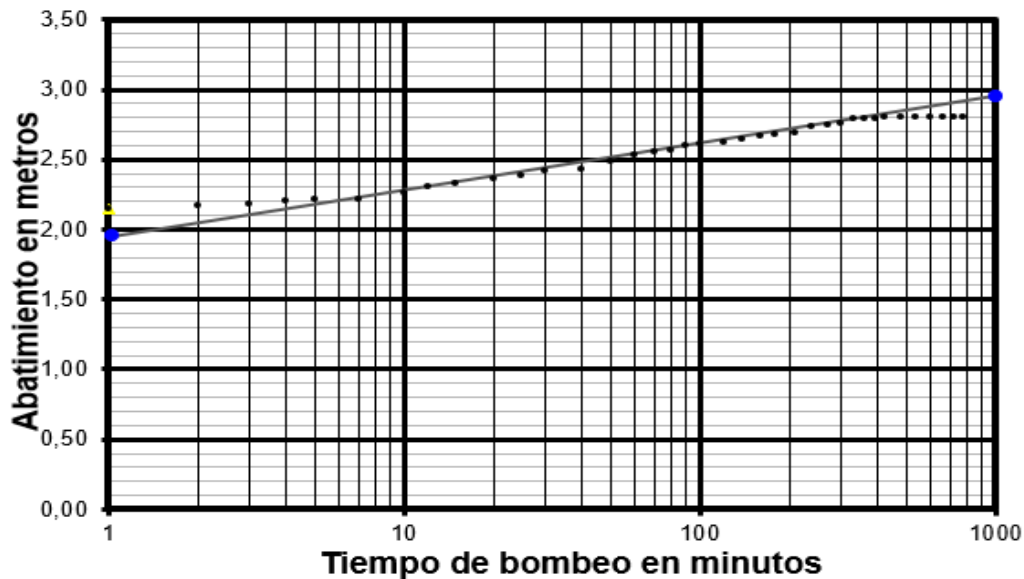


Figura 4.2-26 Gráfico abatimiento (s) vs tiempo de bombeo (t) en el pozo de bombeo Indico 3

Fuente: P&S, 2024

Siguiendo la interpretación por Jacob se obtiene:

$$T = 0,183 Q/\Delta s$$

$$\mathbf{T=320 \text{ m}^2/\text{día}}$$

$$S = 2,25Tt_0/r^2$$

$$\mathbf{S=2 \times 10^{-5}}$$

Δs = Diferencia en abatimientos en metros en un ciclo logarítmico

Q= en m³/día

r = radio del pozo de bombeo 0,2 metros

t₀= Punto de corte de la recta trazada con el eje de t para abatimiento 0

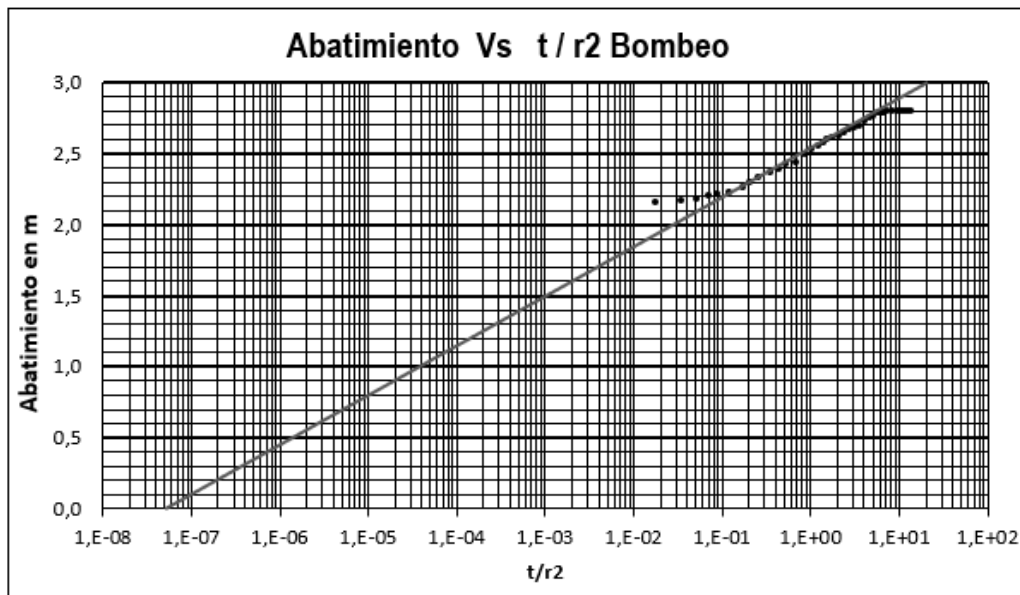


Figura 4.2-27 Gráfico abatimiento (s) vs t/r² en el pozo de bombeo Indico 3

Fuente: P&S, 2024

$$T = 0,183 Q/\Delta s$$

$$\mathbf{T=0,183 \times 6,7 \times 86,4 / (2,5-2,15) = 302 \text{ m}^2/\text{día}}$$

$$S = 2,25T \left(\frac{t}{r^2}\right)_0$$

$$\mathbf{S= 2,25 \times 302 \times 5 \times 10^{-8} = 3,4 \times 10^{-5}}$$

En la **Figura 4.2-28** se muestra la gráfica de los datos de la prueba de recuperación y el valor de transmisividad (T) interpretado es de 300 m²/día, muy similar al obtenido en la prueba de bombeo.

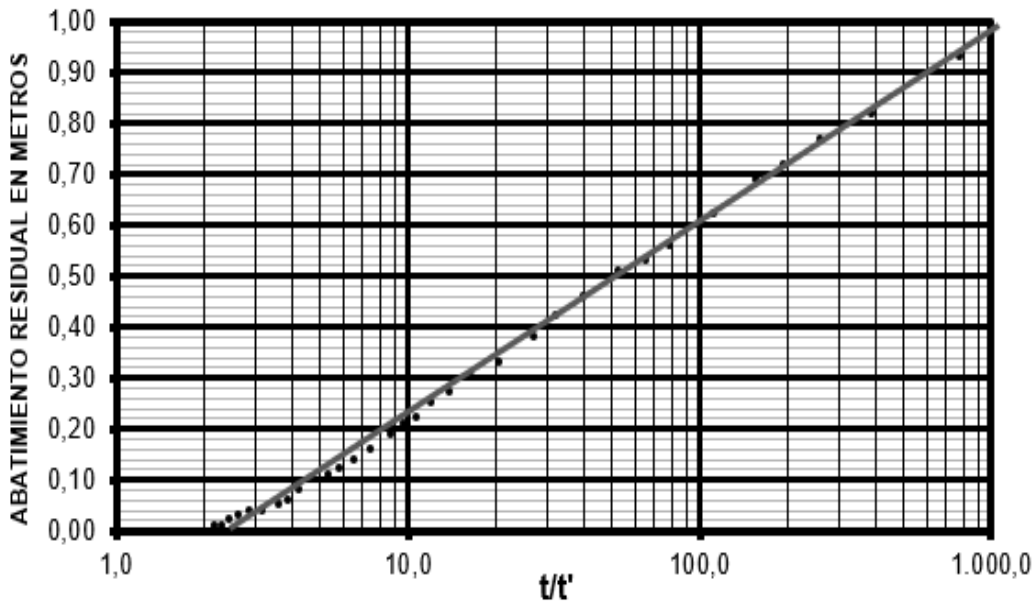


Figura 4.2-28 Gráfico de recuperación abatimiento residual (s) vs t/t' en el pozo de bombeo Indico 3

Fuente: P&S, 2024

$$T = 0,183 Q / \Delta s$$

$$T = 0,183 \times 6,7 \times 86,4 / (0,6 - 0,24) = 300 \text{ m}^2/\text{día}$$

La Transmisividad (T) promedio es de 307 m²/día y se obtuvo una capacidad específica (ce) de 2,4 l/s/m a los 780 min de bombeo, esto significa que por cada 2,4 l/s explotados se esperan abatimientos del nivel del agua de un metro, estos valores ubican al pozo un rango de alta a media productividad relativa. La conductividad hidráulica (K) determinada a partir de este valor de transmisividad es de 8,5 m/día, que corresponde a un valor bajo de permeabilidad.

En el pozo de observación se midió un nivel saltante inicial de -2,36 m, alcanzando el nivel dinámico de -1,47 m a los 780 min de bombeo, obteniendo un abatimiento de 0,89 m. El porcentaje de recuperación alcanzó el 98% a los 660 min de haber finalizado el bombeo. La gráfica de los datos de abatimiento medidos en el pozo de observación se muestra en la **Figura 4.2-29**.

En la **Figura 4.2-30** y **Figura 4.2-31** se muestra la interpretación de la prueba de bombeo mediante el método de Jacob, obteniéndose una transmisividad (T) de 370 m²/día y coeficiente de almacenamiento (S) de 5,0E-3 y 4,0E-3 denotando que los niveles acuíferos son de tipo semiconfinado.

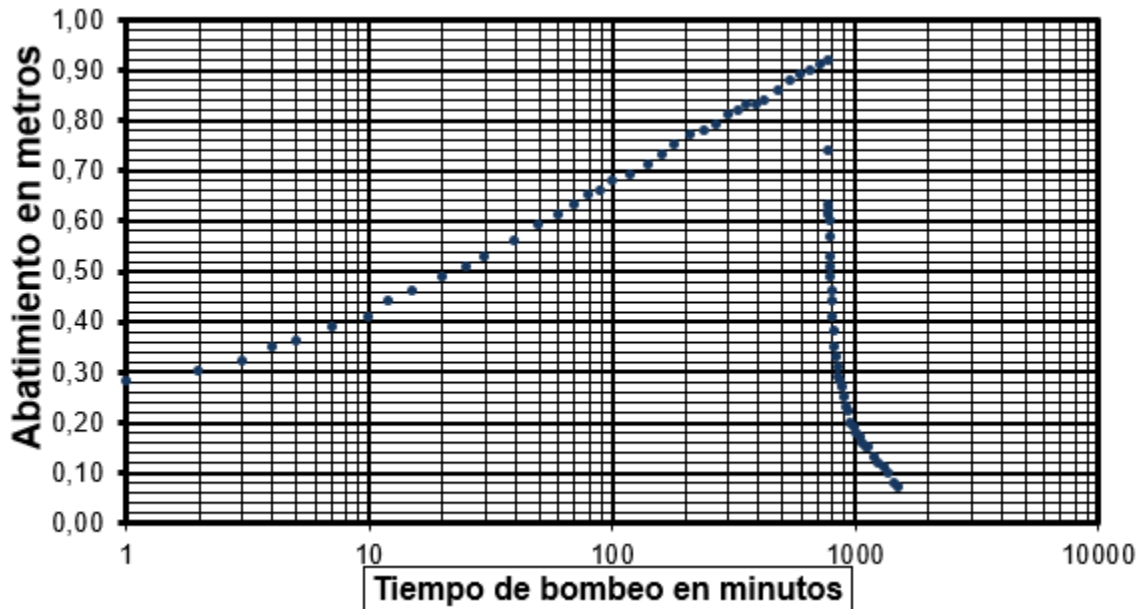


Figura 4.2-29 Curva tiempo / abatimiento para el bombeo y recuperación de la PB-07 en el pozo de observación Indico 3

Fuente: P&S, 2024

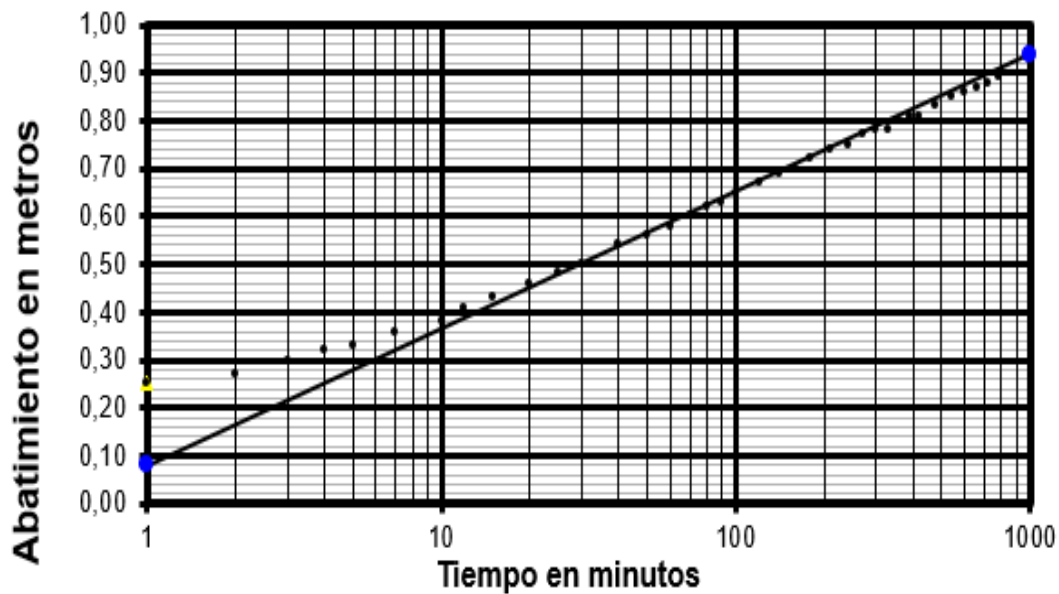


Figura 4.2-30 Gráfico abatimiento (s) vs tiempo de bombeo (t) en el pozo de observación Indico 3

Fuente: P&S, 2024

Siguiendo la interpretación por Jacob se obtiene:

$$T = 0,183 Q/\Delta s$$

$$T=370 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,25Tt_0/r^2$$

$$S=5 \times 10^{-3}$$

Δs = Diferencia en abatimientos en metros en un ciclo logarítmico

Q= en m³/día

r = radio del pozo de bombeo 0,2 metros

t₀= Punto de corte de la recta trazada con el eje de t para abatimiento 0

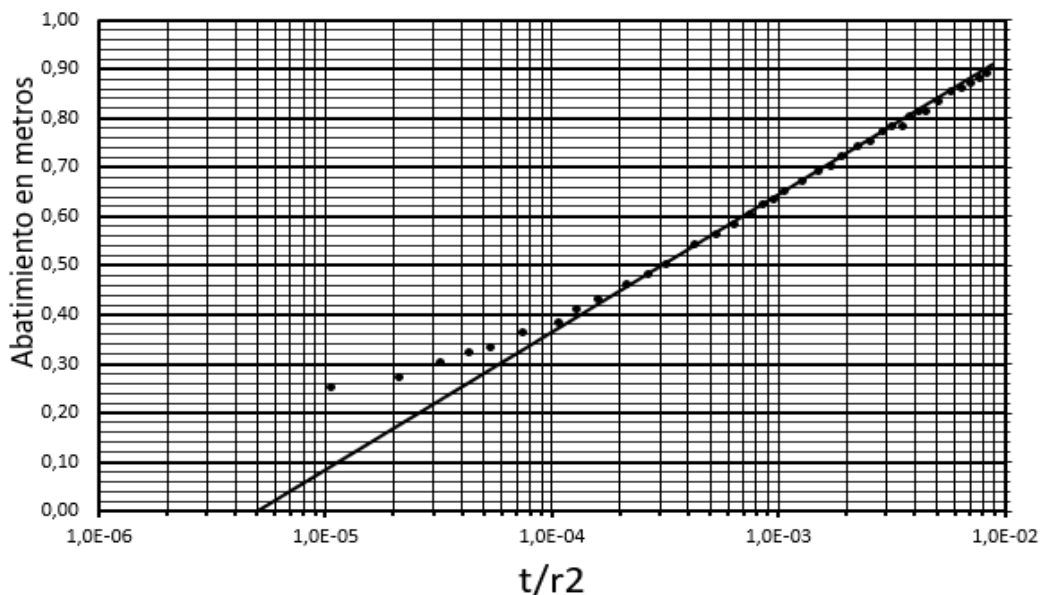


Figura 4.2-31 Gráfico abatimiento (s) vs t/r² en el pozo de observación Indico 3

Fuente: P&S, 2024

$$T = 0,183 Q/\Delta s$$

$$T=0,183 \times 6,7 \times 86,4 / (0,64 - 0,36) = 370 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,25T \left(\frac{t}{r^2} \right)_0$$

$$S= 2,25 \times 370 \times 5 \times 10^{-6} = 0,004$$

En la **Figura 4.2-32** se muestra la gráfica de los datos de la prueba de recuperación y el valor de transmisividad (T) interpretado de 380 m²/día, muy similar al obtenido en la prueba de bombeo.

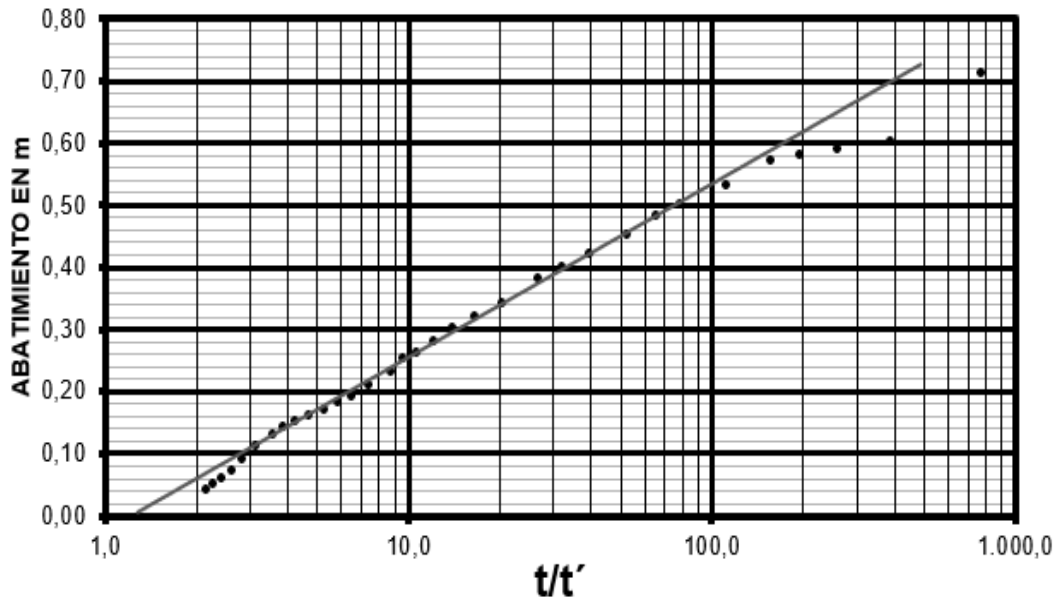


Figura 4.2-32 Gráfico de recuperación abatimiento residual (s) vs t/t' en el pozo de observación Indico 3

Fuente: P&S, 2024

$$T = 0,183 Q / \Delta s$$



$$T = 0,183 \times 6,7 \times 86,4 / (0,54 - 0,26) = 380 \text{ m}^2/\text{día}$$

La Transmisividad (T) promedio es de 375 m²/día y se obtuvo una capacidad específica (ce) de 7,5 l/s/m a los 780 min de bombeo, esto significa que por cada 7,5 l/s explotados se esperan abatimientos del nivel del agua de un metro, ubicando al pozo en el rango de media a muy alta productividad relativa. La conductividad hidráulica (K) determinada a partir de este valor de transmisividad es de 10,4 m/día, que corresponde a un valor medio de permeabilidad.

En la **Tabla 4.2-11** se muestra el resumen los datos de la prueba y los parámetros obtenidos.

Tabla 4.2-11 Parámetros hidráulicos obtenidos de la Prueba de bombeo PB-13 Indico 3

Parámetro	Valor pozo de bombeo	Valor pozo de observación
Profundidad (m)	130	
Nivel Estático - NE (m)	-2,39 (saltante)	-2,36 (saltante)
Nivel Dinámico - ND (m)	0,41	-1,47
Abatimiento- s (m)	2,8	0,89
Longitud de filtros (m)	36	
Caudal de la prueba de bombeo (l/s)	6,7	
Tiempo de bombeo (min)	780	
Tiempo de recuperación (min) y % de recuperación	660 – 99%	660 – 98%
Capacidad específica - Ce (l/s/m) (a los 780 minutos de bombeo)	2,4	7,5
	Alta	Muy alta

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5	
	CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	

Parámetro		Valor pozo de bombeo	Valor pozo de observación
Transmisividad - T (m ² /día) Jacob	Bombeo	320 - 302	370
	Recuperación	300	380
	Promedio	307	375
Conductividad – K (m/día) Calculada según el promedio de la transmisividad		8,5	10,4
Coeficiente de Almacenamiento – S		2,0E-5 – 3,4E-5	5,0E-3 – 4,0E-3
Tipo de acuífero		Confinado	Semiconfinado
Unidad acuífera captada		Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-Ila) y Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)	

Fuente: Gessig S.A.S., 2025 con información de P&S, 2024

En síntesis, los parámetros hidráulicos obtenidos en la prueba de bombeo a caudal constante del pozo Indico 3, muestran transmisividades entre 300 y 380 m²/día con promedio de 346 m²/día y capacidad específica que varía entre 2,4 y 7,5 l/s/m con promedio de 4,9 l/s/m, indicando productividad media a alta. La conductividad hidráulica se halla entre 8,5 y 10,4 m/día correspondiente con permeabilidad baja a media y el coeficiente de almacenamiento varía entre E-5 y E-3 que denota los niveles captados como confinados a semiconfinados.

Los valores de coeficiente de almacenamiento obtenidos en el pozo de bombeo y en el pozo de observación varían en orden de magnitud de E-5 a E-3 respectivamente, indicando un acuífero confinado a semiconfinado. Si bien, ambos pozos tienen niveles del agua saltantes que son evidencia del alto grado de confinamiento y la mayor parte de los filtros está ubicada en el acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior, esta variación en el orden de magnitud podría deberse a que el pozo se encuentra captando conjuntamente niveles basales de los de Depósitos de Llanura Aluvial, estos últimos con menor grado de confinamiento.

En la **Tabla 4.2-12** se resumen los parámetros hidráulicos y los datos de las tres (3) pruebas de bombeo – recuperación en pozos con profundidades entre 72 y 130 m que captan los niveles de interés exploratorio para abastecimiento del proyecto.

Tabla 4.2-12 Resumen resultados pruebas de bombeo PB-01 a PB-07

Parámetro	Método de interpretación	PB-03 (P-257)	PB-04 (P-232)	PB-13 (Indico 3)
Tipo de captación		Pozo	Pozo	Pozo
Profundidad (m)		87	72	130
Diámetro		8"	6"	6"
Espesor saturado (m)		89,68*	63,69	-
Nivel Estático – NE (m)		-2,68 (Saltante)	8,31	P. bombeo: -2,39 (Saltante) P. observ: -2,36 (Saltante)
Nivel Dinámico – ND (m)		2,68	11,59	P. bombeo: 0,41 P. observ: -1,47 (Saltante)
Abatimiento- s (m)		5,36	3,28	P. bombeo: 2,8 P. observ: 0,89

Parámetro	Método de interpretación	PB-03 (P-257)	PB-04 (P-232)	PB-13 (Indico 3)
Longitud de los filtros (m)	Asumido	30	24	36
Caudal (l/s)		4,27	4,57	6,7
Tiempo de bombeo (min)		1.440	1.440	780
Tiempo de recuperación (min)		120	40	660
% de recuperación		100	92,58	P. bombeo: 99 P. observ: 98
Capacidad específica – Ce (l/s/m)		0,8	1,39	P. bombeo: 2,4 P. observ: 7,5
Transmisividad – T (m ² /día)	Theis	-	162	P. bombeo: 300 - 380 P. observ: 370 - 380
	Walton	36,2	-	
	Rec. De Theis	-	227	
Conductividad hidráulica – K (m/día)	Theis	-	6,75	P. bombeo: 8,5 P. observ: 10,4
	Walton	1,21	-	
	Rec. De Theis	-	9,46	
	RANGO	Muy baja	Baja	Media
Coeficiente de almacenamiento – S	Theis	-	1,39E-05	4,0E-3 - 2,0E-5
	Walton	2,42E-04	-	
Productividad por T y ce		Baja	Media	Media a alta
Tipo de acuífero		Semiconfinado - Confinado	Confinado	Semiconfinado -confinado
Unidad Acuífera captada		Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)	Depósito de Llanura Aluvial (Q2-IIa)	Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa) y Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc)

Fuente: Gessig S.A.S., 2025

A partir de las pruebas de bombeo – recuperación de los tres (3) pozos, se concluye que los niveles de interés exploratorio en la parte basal del Acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial y someros de la Formación Guayabo Miembro Superior son de tipo semiconfinado a confinado con coeficientes de almacenamiento (S) que varían entre E-3 y E-5.

Los valores de la capacidad específica (ce) varían de 0,8 a 7,5 l/s/m y los de transmisividad (T) entre 36,2 y 380 m²/día siendo más altos en el pozo Indico 3 de mayor profundidad (130 m), la capacidad específica promedio es de 2,02 l/s/m y transmisividad promedio de 265 m²/día, indicando productividad baja a media. La conductividad hidráulica (K) varía entre 1,21 y 10,4 m/día, correspondiente a permeabilidad baja a media.

4.2.1.8 Características fisicoquímicas del agua subterránea en los niveles a explorar

Para la caracterización de la calidad de agua de los niveles acuíferos de interés exploratorio se cuenta con los resultados del monitoreo del pozo de agua Indico 3, que tiene diseño similar al que se espera establecer en los pozos solicitados en exploración, con 130 m de profundidad y 36

m de filtros ubicados entre los 54 y 126 m, captando la base de los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa) en conjunto con niveles someros del Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior (N2-Sc), con mayor longitud de filtros en esta última unidad; el muestreo se realizó el 15 de noviembre de 2024¹¹; además se cuenta con el monitoreo de los pozos P-001 (JAC Vereda Puerto Guadalupe) de 90 m de profundidad, P-046 Acueducto veredal Remolino de 112 m de profundidad y P-258 Acueducto veredal Puerto López de 150 m.

Los resultados analíticos se compararon con los límites permisibles de la Resolución 2115 de 2007¹² expedida por los Ministerios de la Protección Social y Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, hoy MADS, y del Decreto 1076 de 2015¹³ "Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Ambiente" expedido por el MADS, para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional y desinfección, uso agrícola y uso pecuario.

Los resultados analíticos de la muestra de agua se presentan en la **Tabla 4.2-13** junto con los valores permisibles establecidos en la normatividad para calidad de agua, en el **Anexo 3.2-7e_Calidad_ASUB** se presentan los reportes analíticos. La información de calidad de agua subterránea se describe con detalle en el **Capítulo 3.2.7_Hidrogeología, numeral 3.2.7.10 Calidad del agua y características hidrogeoquímicas.**

Tabla 4.2-13 Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua subterránea acuífero Formación guayabo Superior y comparación con las normas de calidad

Parámetro	Unidad	Limite cuantificación	Indigo 3	P-258	P-046	P-001	Resolución 2115 2007	Decreto 1076 / 2015			
			ID Muestra	T.A. 52696	82650	82677		82757	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5
	Fecha de muestreo	15/11/2024	21/06/2023	22/06/2023	23/06/2023						
Temperatura de la muestra	°C		29,8	30,2	28,3	28,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	Unid.		6.01	6,5	6,77	6,76	6,5 - 9,0	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.
Conductividad eléctrica	µS/cm		138,9	70	100	78	1000	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos disueltos totales	mg/L			36	51	36	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentables	mL/L			<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	mg/L			6,93	3,83	2,59	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

¹¹ P&S – ONGC VIDESH. Informe técnico perforación de pozo de agua y piezómetro Indico 3. 2024.

¹² MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución # 2115 de junio 22 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuentes del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

¹³ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto Número 1076 de 26 de mayo de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Parámetro	Unidad	Limite cuanti- ficación	Indigo 3	P-258	P-046	P-001	Resolución 2115 2007	Decreto 1076 / 2015			
	ID Muestra		T.A. 52696	82650	82677	82757		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
	Fecha de muestreo		15/11/2024	21/06/2023	22/06/2023	23/06/2023					
Acidez	mg CaCO ₃ /L	5	71,02	<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	5	65,6	68	8	11	200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Aluminio total	mg Al/L	0,2		<0,2	<0,2	<0,2	0,2	N.E.	N.E.	5.0	5.0
DBO5	mg/L	5	<5,0				N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L	15	<15,0				N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Arsénico total	µg/L	0,002	<0,001	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,05	0,05	0,1	0,2
Bario	mg Ba/L	1		<1	<1	<1	0,7	1	1	N.E.	N.E.
Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	5	65,6	68	8	11	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Calcio total	mg Ca/L	0,1	9,13	8,3	9,6	0,7	60	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Carbonatos	mg CaCO ₃ /L	5		<5	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Carbono orgánico total	mg C/L	5		<5	<5	<5	5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cloruros	mg Cl-/L	5	9,13	<5	9	<5	250	250	250	N.E.	N.E.
Coliformes fecales termotolerantes	NMP /100 mL	1	<1,8	3314	2400	<1	N.E.	2000	N.E.	1000	N.E.
Coliformes totales	NMP /100 mL	1	347	35240	13010	<1	N.E.	20000	1000	5000	N.E.
Dureza total	mg/L CaCO ₃	5	50,3	63	23	<5	300	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
<i>Escherichia coli</i>	NMP /100 mL	1	37	3300	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles totales	mg/L	0,1		<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	0,002	0,002	N.E.	N.E.
Fosfatos	mg/L P	0,15		0,21	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	mg/L	1		<1	<1	<1	N.E.	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.
Hidrocarburos totales	mg/L	1		<1	<1	<1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Hierro total	mg Fe/L	0,05	1,73	0,94	1,36	1,52	0,3	N.E.	N.E.	5	N.E.
Huevos de helmintos	#Hv /2000 MI	0		0	0	0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Ion amonio NH ₄	mg/L	1		<6,6	<0,6	1,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Magnesio total	mg Mg/L	0,3	6,68	6,6	0,6	0,6	36	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Manganeso	Mg Mn/L	0,1	<0,100				0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.
Mercurio total	mg/L	0,0005		<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,002	0,002	N.E.	0,01
Nitratos	mg NO ₃ - N/L	0,2	<1,0	0,9	0,2	0,2	10	10	10	N.E.	N.E.
Nitritos	mg NO ₂ - N/L	0,003	<0,02	0,173	<0,003	<0,03	0,1	1	1	N.E.	N.E.



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA
MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE
EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA
AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5**



**CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN
DE LOS RECURSOS NATURALES**



Parámetro	Unidad	Limite cuantificación	Indigo 3	P-258	P-046	P-001	Resolución 2115 2007	Decreto 1076 / 2015			
	ID Muestra		T.A. 52696	82650	82677	82757		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
	Fecha de muestreo		15/11/2024	21/06/2023	22/06/2023	23/06/2023					
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ -N/L	1	<0,7	<1	<1	<1	1	1	1	N.E.	N.E.
Ortofosfatos	mg PO ₄ -3/L	0,15		0,21	<0,15	<0,15	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Potasio total	mg K/L	0,1	5,36	5,8	2,6	2,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sodio total	mg Na/L	0,2	1,285	2,1	0,2	0,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg SO ₄ 2-/L	2	<5,0	7	11	7	250	400	400	N.E.	N.E.
Sólidos suspendidos totales	mg/L	15		<15	<15	<15	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos totales	mg/L	15		123	55	43	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Turbiedad	UJT	0,3	30	5	21,3	11,7	2 UNT	N.E.	10 UJT	N.E.	N.E.
Parámetros que sobrepasan el decreto 1076/2015						000					
Parámetros que sobrepasan la Resolución 2115/2007											
Artículo 2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico											
Artículo 2.2.3.3.9.4. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico											
Artículo 2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola											
Artículo 2.2.3.3.9.6 Criterios de calidad para uso pecuario											

Fuente: GessiG S.A.S., 2025 con información de P&S SAS, 2024

De acuerdo a lo anterior el acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior captado en conjunto con los Depósitos de Llanura aluvial (Q2-IIa), pero que por la localización de los filtros sería más representativo del acuífero de la Formación Guayabo como en el pozo Indico 3, almacena aguas dulces de mineralización débil con conductividad eléctrica entre 70 y 138,9 μ S/cm, tiene pH moderadamente ácido con 6,01 a 6,77 unidades, de baja alcalinidad, levemente duras, con presencia de hierro asociada al proceso natural de meteorización de las arcillas, lo cual incide en la turbiedad. No se presenta afectación por compuestos nitrogenados, fosfatos, grasas y aceites, ni fenoles, arsenico, bario ni mercurio. Se presenta afectación por la presencia de coliformes totales y fecales, las concentraciones de *E. Coli* son bajas. La firma hidrogeoquímica es mixta a bicarbonatada entre <0,2 y 1 meq/l.

4.2.1.9 Características hidrogeológicas de la zona – Modelo hidrogeológico conceptual

Regionalmente el Bloque CPO-5 y su Área de Influencia se ubican en la Cuenca Sedimentaria de los Llanos Orientales donde se presenta una espesa secuencia de rocas sedimentarias depositadas durante el Mesozoico – Cenozoico, que se profundizan progresivamente hacia el occidente y se acuñan hacia el oriente.

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p>CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

En el área de evaluación se presentan depósitos cuaternarios hacia el costado occidental, conformando un relieve plano con pendientes suaves que descienden hacia el río Meta; por otra parte, al costado oriental afloran rocas de la Formación Guayabo Miembro Superior, configurando una topografía mas alta con relieves de lomas y montículos. Estas unidades conforman acuíferos por porosidad primaria con flujo intergranular.

La Formación Guayabo está compuesta por intercalaciones de areniscas, ocasionales capas de conglomerados e intercalaciones de arcillolitas depositadas en un ambiente transicional a continental. De acuerdo a información del pozo de hidrocarburos SOL-1 ubicado en el sector centro occidental del Área de Influencia esta unidad es dividida dos Miembros: Superior e Inferior, de las cuales, el Miembro Superior es de predominancia arenosa, mientras que el Miembro Inferior es de predominancia finogranular. El Miembro Superior corresponde a lo que se denominó en la cartografía superficial como Formación Guayabo Miembro Superior – intervalo arenoso (N2-Sc-ar) y Formación Guayabo Miembro Superior – intervalo arcilloso (N2-Sc-arc).

La Formación Guayabo Miembro Superior (Intervalo arenoso (N2-Sc-ar) y arcilloso (N2-Sc-arc)) corresponde al acuífero de mayor importancia en el área de evaluación, aflora al oriente del río Meta y se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios al occidente, está conformada por una secuencia de areniscas, arcillolitas, conglomerados y limolitas, con un espesor promedio de 1.471 m (4.829 pies). Constituye un acuífero por porosidad primaria, continuo, multicapa, de extensión regional. Mediante Sondeos Eléctricos Verticales – SEV, que alcanzaron profundidad de investigación alrededor de 250 m, se registraron resistividades eléctricas entre 120 y 991 Ohm/m correlacionadas con areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas, entre 42 y 266 Ohm/m para limolitas y arcillolitas con intercalaciones menores de areniscas saturadas y entre 1.149 y 7.569 Ohm/m correlacionadas con conglomerados y areniscas saturadas con intercalaciones menores de limolitas y arcillolitas, agrupadas en cinco zonas de resistividad: Z3, Z4, Z4A, Z4B y Z5, con excepción de la zona Z3 todas presentan buen potencial hidrogeológico. Sus parámetros hidráulicos muestran transmisividad (T) promedio de 346 m²/día y capacidad específica promedio (ce) de 4,9 l/s/m que lo denotan como un acuífero de mediana a alta productividad, localmente puede comportarse de baja productividad con transmisividad (T) promedio de 17,11 m²/día y capacidad específica (ce) promedio de 0,4 l/s/m; la conductividad hidráulica (K) promedio es de 3,89 m/día indicando permeabilidad baja. El coeficiente de almacenamiento (S) es del orden de E-5 y E-3 correspondiente a un acuífero confinado a semi-confinado, en sus niveles más someros puede comportarse como un acuífero libre.

Los Depósitos de Llanura Aluvial (Q2-IIa) se componen de gravas heterométricas con matriz arenosa a limosa, depositados por sucesivos eventos de desborde de ríos y caños. Según los SEV se estima un espesor promedio de 93 m, responde a un amplio rango de resistividades, oscilando entre 75 y 6.051 Ohm/m agrupados en las zonas de resistividad Z1A, Z2 y Z2A, correlacionados con materiales heterogéneos desde gravas a arenas saturadas a parcialmente saturadas con intercalaciones de limos y arcillas; la zona más relevante corresponde a Z2 dada su continuidad lateral y espesor. Conforman un acuífero por porosidad primaria, de extensión semi-regional, tiene transmisividad (T) promedio de 213 m²/día y capacidad específica (ce) promedio de 0,4 l/s/m indicando un rango de productividad bajo a medio, conductividad hidráulica (K) promedio es de

11,3 m/día indicando permeabilidad baja a media, el coeficiente de almacenamiento (S) es del orden es del orden de E-5 a E-3 que lo denota como un acuífero confinado a semiconfinado en sus niveles más profundos, no obstante, los niveles más someros pueden comportarse como de tipo libre.

Los Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi) se componen de guijos, o capas de arenas medias, con matriz de limos y arcillas, depositadas por la inundación de zonas adyacentes a los cauces, principalmente de los ríos Meta y Humea. De acuerdo a sus características litológicas se estima que conforma un acuífero por porosidad primaria, de extensión local, de poco espesor, con continuidad lateral limitada y de baja productividad. Según los SEV se estima un espesor alrededor de 11 m y responde a un amplio rango de resistividades entre 104 y 7.093 Ohm/m correlacionadas con arenas con contenido ocasional de limos y gravas saturados a parcialmente saturados de la zona de resistividad Z1B.



Los Depósitos Aluviales recientes (Q2-alr) están constituidos por sedimentos heterométricos de arenas con matriz de limos y arcillas limitados a los cauces actuales y a las zonas de sedimentación activa. Se estima un espesor alrededor de 3 m.

De acuerdo con su litología conforma un acuífero por porosidad primaria, de tipo libre, de muy baja productividad, limitados por su extensión y espesor, sin embargo, revisten importancia por las conexiones que puedan tener con los cuerpos de agua superficiales.

La Formación Guayabo Miembro Inferior está conformada por arcillolitas marrones con algunas intercalaciones de arenas, niveles de limolita y ocasionales capas de carbón. Su espesor promedio es de 431 m (1.416 pies). Debido a su característica primordialmente arcillosa, se comporta como un acuitardo, conformando el basamento hidrogeológico de la zona de evaluación.

El agua subterránea constituye la principal fuente de abastecimiento en el Área de Influencia, se inventariaron 517 puntos de agua subterránea: 396 pozos, 74 aljibes, 35 manantiales y 12 piezómetros; el 66% de los puntos se hallan en uso (productivos), para uso doméstico incluyendo consumo humano, abastecimiento público y en menor proporción uso agrícola y pecuario. Los caudales de explotación varían entre 0,001 y 6,67 l/s, el nivel de la tabla de agua varía entre 0,35 y <26 m de profundidad, puntualmente se identificaron niveles saltantes entre 2,36 y 2,68 m y un punto con nivel estático de 44,31 m. La mayor cantidad de aljibes y pozos se localiza hacia el sector occidental del río Meta; hacia sector oriental predomina la presencia de pozos con algunos aljibes, y hacia la vereda Yucao - Matazul afloran algunos manantiales.

Las direcciones de flujo someras de manera general convergen hacia los ríos Meta y Metica, también se presentan algunas variaciones locales hacia sureste del Área de Influencia en un sector de la vereda Yucao - Matazul donde afloran manantiales, allí la recarga local se daría en las partes altas de montículos, ondulaciones y lomeríos, que descargarían en los manantiales ubicados en la base. Los flujos intermedios también convergen hacia el río Meta con algunas variaciones locales hacia el río Upía. Los flujos profundos asociados al acuífero regional de la Formación Guayabo Miembro Superior, seguirían una orientación NW-SE hacia el centro de la cuenca, controlados por el gradiente topográfico regional.

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p>CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

Para el 71,14% del Área de Influencia se estima potencial recarga moderado. Zonas de Bajo y muy bajo potencial se presentan en el 15,72 y 0,21% del Área de Influencia, las zonas de alto potencial de recarga se presentan en el 9,68% del Área de Influencia. La recarga se daría desde la precipitación con valores entre 307 y 561 mm/año (13% y 23% de la precipitación media anual), y posiblemente por aporte desde los drenajes en periodo de estiaje, así como desde los canales de riego ubicados en algunos sectores del Área de Influencia.

La descarga natural se daría los ríos Meta y Metica y en las surgencias de los manantiales. La descarga artificial se realiza a través de los aljibes y pozos presentes en el Área de Influencia.

Los Depósitos cuaternarios presentan conductividad eléctrica – CE de 6 - 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH moderadamente ácido, baja alcalinidad, blandas, ligeramente turbias, puntualmente se detectó hidrocarburos totales y grasas y aceites en bajas concentraciones (P-509 y P-330), sin que ello indique afectación por hidrocarburos asociados al petróleo, ya que las concentraciones de otros elementos como los metales pesados, fenoles y COT, que podrían indicar afectación por este compuesto se dan por debajo de los límites de cuantificación. En general los acuíferos cuaternarios presentan hierro y aluminio de origen natural, y puntualmente compuestos nitrogenados; se evidencia afectación microbiológica; la firma hidrogeoquímica corresponde con mixtas entre 0,25 – 0,5 meq/l, con algunas muestras de mayor mineralización. El acuífero de la Formación Guayabo Miembro almacena agua dulce con CE entre 40 y 138,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de pH modernamente ácido, baja alcalinidad, blandas, con presencia de hierro y aluminio y turbias. No presentan afectación por la presencia de sulfatos, cloruros, compuestos nitrogenados y fosfatos no se observa afectación por arsénico, bario o mercurio, hidrocarburos totales, grasas y aceites y fenoles totales. Se presenta afectación microbiológica. Tipo hidrogeoquímico mixto de muy bajo enriquecimiento inico $<0,2$. El agua subterránea en la zona se considera recomendable para uso doméstico, agrícola y pecuario, se debería realizar tratamiento de desinfección por la presencia de coliformes termotolerantes y *E. coli*.

El acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior (intervalo arenoso e intervalo arcilloso) almacena agua dulce con CE entre 40 y 138,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de pH modernamente ácido, baja alcalinidad, blandas, con presencia de hierro y aluminio y turbias. No presentan afectación por la presencia de sulfatos, cloruros, compuestos nitrogenados y fosfatos no se observa afectación por arsénico, bario o mercurio, hidrocarburos totales, grasas y aceites y fenoles totales. Se presenta afectación microbiológica. Tipo hidrogeoquímico mixto de muy bajo enriquecimiento inico $<0,2$. El agua subterránea se considera recomendable para uso doméstico, agrícola y pecuario, se debería realizar tratamiento de desinfección por la presencia de coliformes termotolerantes y *E. coli*.

La concentración de aniones y cationes mayores en el agua subterránea es concordante con los valores de CE $<120 \mu\text{S}/\text{cm}$ correspondido con agua dulces de mineralización muy débil; hacia el sector occidental, en en los Depósitos de Llanura Aluvial se observa un grado de mineralización ligeramente más elevado entre los ríos Metica y el caño El Boral, este comportamiento se asociaría una posible descarga de los Depósitos de Llanura aluvial hacia los ríos Meta y Metica, como lo indican las direcciones de flujo someras. Hacia el sector oriental el grado de mineralización es ligeramente menor.

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación es moderada en el 65,49% del Área de Influencia, mientras que las zonas de baja y muy baja vulnerabilidad se presentan en el 31,22 y 0,04% de la misma.

En la **Figura 4.2-33** se presenta un esquema del modelo hidrogeológico conceptual para el Bloque CPO-5y su Área de Influencia.

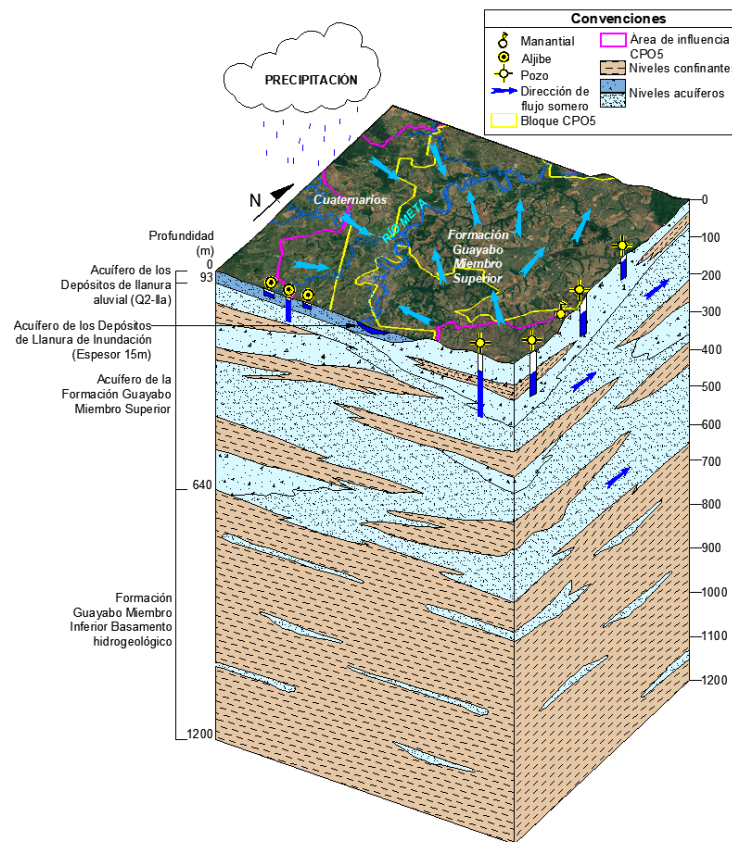


Figura 4.2-33 Modelo hidrogeológico conceptual Bloque CPO-5 y su Área de Influencia

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.10 Compilación de datos sobre necesidad de agua existente y requerida

El agua subterránea existente en la cuenca de los Llanos Orientales es abundante y la mayoría se almacena en los Acuíferos de los Depósitos Cuaternarios y las rocas de la Formación Guayabo siendo esta última la unidad solicitada para permiso de exploración.

Según el ENA¹⁴ las mayores reservas de agua subterránea en el país se encuentran en las provincias hidrogeológicas de los Llanos Orientales, Caguán Putumayo y Cordillera Oriental; para

¹⁴ IDEAM, Estudio Nacional del Agua. Oferta y Uso del agua subterránea en Colombia, 2010. Capítulo 4. p.164

la cuenca de los Llanos Orientales, se tienen reservas de $239,06 \text{ m}^3 \cdot 10^{10}$, siendo básicamente la región con mayores reservas de agua subterránea en el país.

Según el ENA las mayores reservas de agua subterránea en el país se encuentran en las provincias hidrogeológicas de los Llanos Orientales, Caguán Putumayo y Cordillera Oriental (Ver **Figura 4.2-34**) para la cuenca. Para la cuenca de los Llanos Orientales, se tienen reservas de $239,06 \text{ m}^3 \cdot 10^{10}$, siendo básicamente la cuarta región con mayores reservas de agua subterránea en el país.

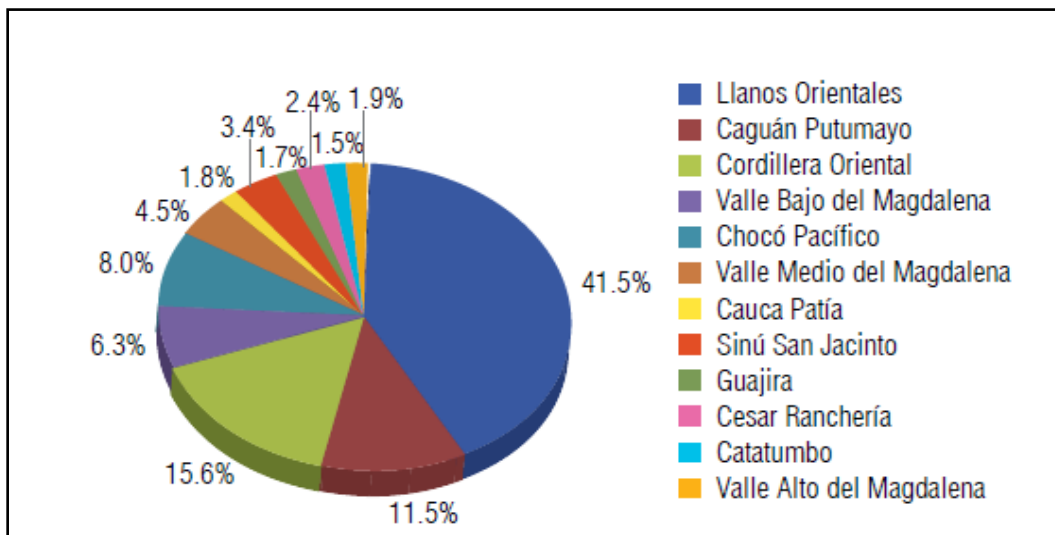


Figura 4.2-34 Distribución porcentual del agua subterránea en Colombia

Fuente: IDEAM, 2010

En general para la zona de evaluación, el agua subterránea es un recurso de importancia para las comunidades y las actividades económicas de la zona; no obstante, la oferta del recurso hídrico es buena y puede suplir las diferentes actividades, incluyendo la solicitud presentada por ONGC VIDESH – SUCURSAL COLOMBIANA sin poner en riesgo la oferta de este.

4.2.1.11 Caudal, volumen de agua requerido, régimen de explotación y uso

A continuación, se discrimina el caudal necesario de acuerdo con las actividades planteadas, en la **Tabla 4.2-14** se establece que para uso doméstico se requieren **0,67 l/s** y para uso industrial **4,33 l/s**, para un total de **5 l/s**. Por lo cual, se solicita un caudal de 5 l/s, para uso doméstico e industrial, con un régimen de explotación de 18 horas al día, para un total máximo de $324 \text{ m}^3/\text{día}$ en cada pozo de agua subterránea solicitado.

Los caudales presentados corresponden a estimaciones máximas de consumo, calculadas con base en la experiencia operativa del proyecto, considerando el número de trabajadores, los equipos utilizados, y duración de cada fase del proyecto. Estos valores serán controlados mediante la medición y registros periódico.

Tabla 4.2-14 Caudal para uso doméstico e industrial requerido para la concesión de agua subterránea

Etapa	Subetapa	Caudal uso doméstico (L/s)	Caudal uso industrial (L/s)
Actividades Transversales		0,05	0,05
Actividades Preoperativas		0,01	N. A
Adecuación / construcción de infraestructura	Obras civiles asociadas a la construcción, adecuación y mantenimiento de accesos viales	0,37	1,4
	Obras asociadas a la construcción, adecuación, mantenimiento de locaciones, facilidades de superficie e infraestructura de apoyo		
	Líneas de flujo (construcción y mantenimiento)		
	Líneas eléctricas (construcción, adecuación y mantenimiento)		
Operativa	Perforación	0,22	2,23
	Pruebas de Producción y operación de Facilidades de Producción		
Desmantelamiento y abandono		0,02	0,65
Total		0,67	4,33

Fuente: GessiG S.A.S., 2025 con información de ONGC VIDESH

4.2.1.12 Método de perforación y características técnicas de los pozos

De acuerdo con las condiciones hidrogeológicas de la zona, la profundidad de los 25 pozos proyectados para exploración de agua en el Bloque CPO-5 será máximo de 130 m, sin aprovechar los primeros 30 m, pues es hasta esta profundidad donde la mayor parte de la comunidad capta el agua subterránea y al tratarse de un acuífero multicapa es posible seleccionar diferentes niveles acuíferos.

A continuación, se presentan los lineamientos técnicos generales para la ejecución de la perforación, construcción y adecuación de los pozos. No obstante, las condiciones pueden variar de acuerdo con los resultados obtenidos en cada sitio.

4.2.1.12.1 Sistema de perforación

Las perforaciones se realizarán por el método de rotación, con circulación directa de lodos bentoníticos como fluido de perforación para extraer a la superficie el material de corte, refrigerar la broca y darles estabilidad a las paredes de los pozos (**Figura 4.2-35**). Se controlará, la viscosidad y contenido de arena en el fluido perforación, llevando un registro de penetración y litológico metro a metro.

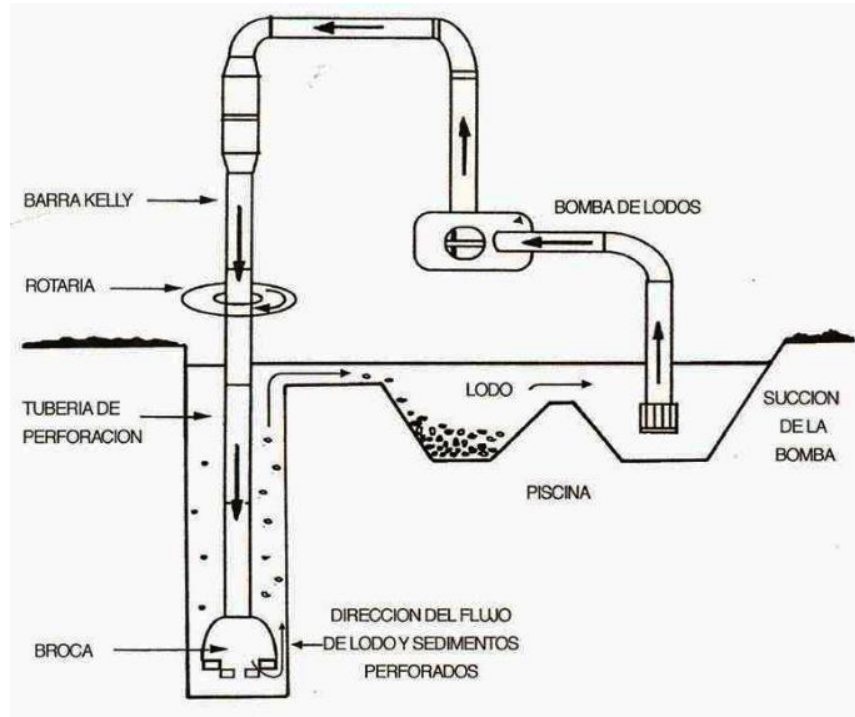




Figura 4.2-35 Esquema de perforación por rotación con circulación directa de lodos

Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico, 1992

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

4.2.1.12.2 Especificaciones del equipo de perforación, nombre, número de inscripción de la empresa perforadora

En el momento del presente estudio, las especificaciones del equipo, el nombre y número de inscripción de la empresa de perforación no se han definido, esta información se allegará a la autoridad ambiental en los respectivos PMA.

De acuerdo con la profundidad estimada para la perforación, se prevé que se utilizará un equipo de rotación convencional capaz de perforar hasta un diámetro de 12¼ pulg y llegar a una profundidad superior a los 130 m, para atravesar intercalaciones de gravas, arcillolitas, areniscas y conglomerados, que cuente con todos los accesorios y herramientas de apoyo, para realizar técnicamente las debidas perforaciones, el encamisado, limpieza y desarrollo de los pozos.

4.2.1.12.3 Características técnicas y diseño preliminar de los pozos

Como se mencionó anteriormente, los pozos tendrán una profundidad máxima de 130 m, con el techo del primer filtro por debajo de los 30 m, con el fin de no utilizar los niveles acuíferos, que están siendo usados mayormente por la comunidad mediante aljibes y pozos.

Las perforaciones tendrán un diámetro de 12¼ pulg hasta la profundidad final, para su revestimiento se empleará tubería ciega y filtros en PVC de 6 pulg de diámetro. En la base del pozo se instalará una puntera que funcionará como desarenador de aproximadamente 2 m de longitud del mismo material de revestimiento.

Los pozos tendrán un empaque filtrante de grava limpia, seleccionada, cuarzosa, con bajo contenido de materiales calcáreos, cuyo tamaño de grano estará de acuerdo con los resultados de los análisis granulométricos obtenidos de las muestras de zanja de los horizontes de los acuíferos a captar. Contará con un sello sanitario de bentonita y cemento sobre el empaque de grava, para garantizar la impermeabilidad de la zona inmediatamente superior y con ello impedir la contaminación por filtración de fluidos desde la superficie. En superficie se adaptará una base de concreto de 0,4 x 0,4 x 0,4 m, sobre la cual sobresaldrá la cabeza del tubo de revestimiento.

En la **Figura 4.2-36** se presenta el diseño típico de los pozos. No obstante, los diseños definitivos se realizarán de acuerdo con los resultados obtenidos de las perforaciones de cada sitio y los respectivos registros físicos.

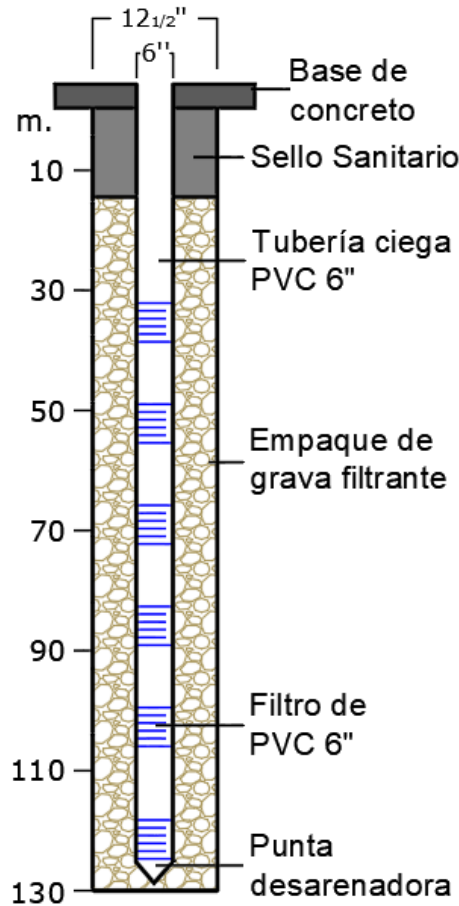


Figura 4.2-36 Diseño esquemático de los pozos exploratorios

Fuente: GessiG S.A.S., 2025



4.2.1.13 Plan de trabajo general y cronograma de obras

A continuación, se presenta el plan de trabajo general para la perforación de los pozos exploratorios, de acuerdo con las actividades contempladas:

4.2.1.13.1 Movimiento de equipos, herramientas, materiales y personal

La primera fase para iniciar las actividades de perforación corresponde a la movilización de equipos y personal, dicha actividad incluirá entre otros, el desplazamiento de las siguientes herramientas y personal (estimado):

- Equipos, materiales, herramientas: equipo de perforación con sus respectivos accesorios y herramientas de apoyo, tubería de revestimiento, filtros y grava.
- Personal: para una jornada laboral de un turno, el personal estimado corresponderá a (1) profesional HSE, un (1) geólogo, un (1) perforador, dos (2) auxiliares y un (1) conductor.

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

4.2.1.13.2 Instalación de equipos y demarcación de área

Según la localización de los pozos se demarcará el área donde se destinarán las zonas para el almacenamiento de materiales y herramientas; se distribuirán los equipos y se hará la nivelación del equipo de perforación, se estima que es necesaria un área de 250 m², donde se excavarán las piscinas para almacenamiento de lodos y los canales de sedimentación.

4.2.1.13.3 Perforación y descripción litológica

Se realizarán las perforaciones por el método de rotación con circulación directa de lodos bentoníticos, con diámetro de 8 ½ pulgadas, con muestreo de ripio metro a metro para descripción litológica y registro de datos de la tasa de penetración.

4.2.1.13.4 Registros físicos

Posteriormente, se tomarán registros físicos en toda la longitud de las perforaciones, correspondientes a resistividad eléctrica (sondas normal corta y normal larga), gamma natural y potencial espontáneo (SP).

4.2.1.13.5 Ampliación de los pozos

De acuerdo con las descripciones litológicas, la interpretación de los registros físicos y toda la información de las perforaciones, incluyendo la relacionada con cambios en la viscosidad y pérdidas de lodo, se tomará la decisión de ampliarlos a un diámetro de 12¼ pulg hasta la profundidad final.

4.2.1.13.6 Revestimiento y engravillado



Para el revestimiento se efectuarán los cortes y empalmes de la tubería y filtros de acuerdo con el diseño final, para dejarlos listos para ser instalados dentro de las perforaciones.

Se acondicionará un filtro de grava cuarzosa seleccionada y se engravillará por el método de circulación directa, el cual consiste en inyectar agua en el fondo de los pozos, sellando su parte superior con el fin de originar una circulación por la sección anular existente entre la pared de los pozos y el revestimiento.

4.2.1.13.7 Limpieza y desarrollo de los pozos

Se iniciará el proceso de limpieza y desarrollo con aire comprimido, empleando aditivos tipo tripolifosfatos sódicos que se removerán por sobrebombeo y jetting filtro a filtro, con el objeto de extraer el material sedimentado en los pozos y evacuar totalmente el lodo y las partículas finas del empaque de grava, hasta obtener agua clara y asegurar con ello que los pozos están interconectados hidráulicamente con los horizontes acuíferos.

El método a emplear o la combinación de estos se ejecutará de acuerdo con las condiciones que presenten los pozos, los cuales se considerarán completamente desarrollados una vez que

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

instaladas las bombas de prueba y bombeando a su caudal máximo, el agua salga clara y libre de sedimento.

4.2.1.13.8 Instalación de los sellos sanitarios, base de concreto, tuberías de medición de niveles y nivelación topográfica

Una vez terminada la limpieza, desarrollo de los pozos y asentados los empaques de grava, se realizará la adecuación de sellos de bentonita y cemento, de acuerdo con los diseños, estos se ubicarán sobre el empaque de grava para garantizar la impermeabilidad de la zona inmediatamente superior.

En cada pozo se instalará en la superficie una base de concreto de 0,4 x 0,4 x 0,4 m, ligeramente inclinada hacia el exterior sobre la cual sobresaldrá la cabeza del tubo de revestimiento, con esto se garantizará que la boca del pozo no quede a nivel del suelo, impidiendo, por tanto, que el agua de lluvia o escorrentía ingrese al mismo a través del anular. Adicionalmente, los pozos se construirán en sitios con un manejo adecuado de aguas que no permita la inundación, y se dejará el espacio suficiente a su alrededor de tal forma que posteriormente pueda realizarse de manera óptima su mantenimiento.

La boca de cada pozo será nivelada topográficamente con relación a las bases altimétricas establecidas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

Cuando se vaya a instalar los equipos de bombeo definitivos, se acoplará desde la parte superior de los puntos de succión de las bombas sumergibles y a lo largo de las tuberías de descarga, un piezómetro en PVC de ½ pulg de diámetro, para la medición de los niveles del agua subterránea.

4.2.1.13.9 Pruebas de bombeo

En cada pozo se llevará a cabo una prueba de bombeo escalonada, que tendrá como mínimo tres (3) escalones de una hora cada uno, con un caudal por escalón aumentado en forma continua y geométrica. Posteriormente y después de recuperado el nivel inicial, se procederá a la ejecución de una prueba a caudal constante de 24 horas de duración, con su respectiva recuperación, hasta recuperar el 90% del nivel estático inicial.

Con los resultados y la interpretación de las anteriores pruebas, se obtendrán los parámetros de transmisividad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica, como también los coeficientes de pérdidas en los pozos y el acuífero; con estos valores se determinará el caudal óptimo de producción en cada uno, el tiempo de bombeo requerido, las características técnicas de los equipos de bombeo definitivos a instalar y las ecuaciones de producción, eficiencia y capacidad específica de los pozos.

4.2.1.13.10 Toma de muestra de agua

Al final de las pruebas de bombeo, se tomarán las muestras de agua requerida para el análisis fisicoquímico y bacteriológico, a fin de determinar el tipo de agua y si es necesario realizar algún tratamiento para sus diferentes usos.

Una vez perforados y completados los pozos se realizará el retiro de los equipos y la conformación final del área.

4.2.1.13.11 Elaboración y entrega de informe final

Se elaborará el informe técnico de la perforación de los pozos construidos y se entregarán a la autoridad ambiental competente, 60 días hábiles después del completamiento de cada uno.

En la **Tabla 4.2-15** se presenta un cronograma general estimado de obras y actividades para la perforación de un pozo de 130 m.

Tabla 4.2-15 Cronograma estimado de actividades para la perforación de un pozo exploratorio de agua de 130 m de profundidad

Actividad	Semana 1							Semana 2							Semana 3					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Movilización equipos, herramienta y personal	■	■																		
Inducción HSE			■																	
Instalación de equipos, demarcación de área y construcción piscinas				■																
Perforación exploratoria					■	■	■	■	■											
Registros físicos										■										
Ampliación del pozo											■	■	■	■						
Revestimiento y engravillado															■	■				
Limpieza y desarrollo del pozo																	■			
Instalación del sello sanitario, base de concreto y tubería para medición de niveles																		■		
Ejecución de prueba de bombeo y toma de muestra para análisis fisicoquímico y bacteriológico																			■	■
Retiro de equipos, entrega de área y recibido a conformidad por parte del supervisor HSE de campo																				■
Elaboración del informe final													■	■	■	■	■	■	■	■
Entrega de informe final*																				

* 60 días hábiles después de completado el pozo

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.14 **Presupuesto por pozo**

En la **Tabla 4.2-16** se presenta el presupuesto para la perforación de un pozo de agua subterránea de 130 m de profundidad.



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5	
	CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	

Tabla 4.2-16 Presupuesto estimado para la perforación de un pozo de agua subterránea de 130 m de profundidad

Ítem	Descripción	Und	Cant	Vr. Unit	Vr.Total
1	Movilización y desmovilización de equipos y materiales	un	1	12.500.000	12.500.000
2	Adecuación de área, campamento, piscinas de lodos	un	1	2.500.000	2.500.000
3	Perforación mecánica en 81/2 pulgadas	ml	130	700.000	91.000.000
4	Registro eléctrico	un	1	4.000.000	4.000.000
5	Ampliación del pozo a 12 1/4 pulgadas	ml	130	310.000	40.300.000
6	Suministro tubería ciega PVC RDE 21 6"	ml	100	120.000	12.000.000
7	Suministro tubería ranurada para filtros PVC RDE 21 6" roscada	ml	30	230.000	6.900.000
8	Suministro tubería en PVC RDE 21 de 1 1/2" para engravilladores	ml	130	16.000	2.080.000
9	Suministro e instalación de empaque de grava	un	100	65.000	6.500.000
10	Construcción sello sanitario, base de concreto y placa	un	1	2.400.000	2.400.000
11	Prueba de bombeo y recuperación a 24 h	un	1	2.500.000	2.500.000
12	Lavado y desarrollo del pozo	un	1	2.900.000	2.900.000
13	Bomba sumergible con motor y tablero	un	1	6.800.000	6.800.000
14	Cable centelsa 3*12, empalmes y otros accesorios	m	80	12.000	960.000
15	Cable duplex No. 12	m	80	1.000	80.000
16	Tubería de extracción de 2" y uniones	m	80	21.000	1.680.000
17	Disco de soporte de acero CR de 3/4" espesor, OD 10"; ID 3,5"	un	1	115.000	115.000
18	Instalación y puesta en marcha	un	1	1.500.000	1.500.000
19	Análisis fisicoquímico y bacteriológico	un	1	1.500.000	1.500.000
20	Informe final con diseños	un	1	7.000.000	7.000.000
SUBTOTAL					205.215.000
AIU 15%					30.782.250
Imprevistos 5%					10.260.750
Utilidad 5%					10.260.750
TOTAL COSTO					256.518.750
IVA Base Utilidad de 5%					1.641.720
TOTAL INCLUIDO IVA					258.160.470

Fuente: GessiG S.A.S., 2025

4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso

El radio de influencia de un pozo de bombeo corresponde a la distancia radial a partir del centro del pozo, para la cual el abatimiento causado por el bombeo es cero (0). En acuíferos libres los conos de abatimiento suelen tener elevados descensos y cortos radios de influencia, mientras que, en los acuíferos confinados, el agua procede de la descompresión y los conos de abatimiento suelen ser de menor altura que en los libres, pero con radios de influencia largos

(Figura 4.2-37)¹⁵, en los acuíferos semiconfinados los radios de influencia tienen valores medios entre libres y confinados¹⁶.

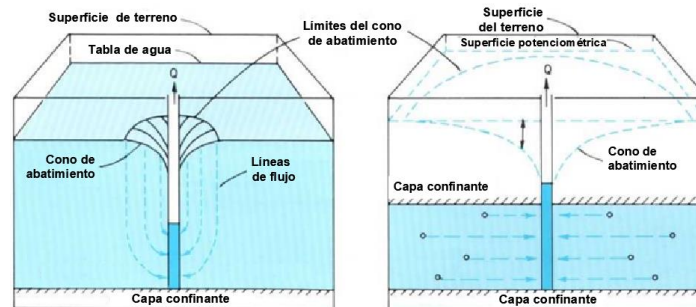


Figura 4.2-37 Cono de abatimiento en acuíferos libres (1) y confinados (2)

Fuente: Modificada de USGS, 1983¹⁷

La interferencia entre pozos hace referencia al fenómeno de que, cuando hay bombeos simultáneos en un campo de pozos que captan los mismos horizontes acuíferos se pueden causar interferencias mutuas, que aumentarían los abatimientos en esos pozos y por lo tanto disminuirían un poco sus productividades; dicha interferencia, bajo las circunstancias descritas, será mayor entre más cerca en distancia estén los pozos.

Como ejercicio preliminar se cuenta con el radio de influencia estimado para el pozo exploratorio de agua Indico 3, ubicado en el AP Gangotri, y cuyas características constructivas son similares a las que se plantean para los pozos solicitados en exploración.

El radio de influencia se determinó empleando las soluciones de Theis y Jacob para acuíferos confinados o semiconfinados, usando los datos de Caudal de Explotación (Q) en l/s, el Tiempo de Explotación (t) en días, el valor del Coeficiente de Almacenamiento (S) adimensional, y el valor de la Transmisividad (T) en m²/día.

El caudal (Q) corresponde al que se espera obtener en cada pozo de 5 l/s, si bien se solicita un tiempo de explotación de 18 h/día, para tener mayor margen de certeza, se realizó el cálculo para un tiempo de explotación (t) de 1 día (24 h/día). Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas de bombeo, se empleó un coeficiente de almacenamiento (S) del orden de E-03 obtenido en el pozo de observación y transmisividad (T) de 320 m²/día.

Con base en los parámetros hidráulicos descritos previamente y considerando que en los alrededores del pozo, el acuífero captado se comporta como homogéneo e isotrópico, se obtiene un radio de influencia que alcanza una longitud de aproximadamente 1,6 Km (ver **Figura 4.2-38**), no obstante, se observa que a partir de los 480 m los abatimientos esperados serían despreciables,

¹⁵ VILLANUEVA M., IGLESIAS A. Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Instituto Geológico y Minero de España. 1984. p 19 y 20.

¹⁶ *Ibíd.*

¹⁷ HEATH, RALPH C., 1983, Basic ground-water hydrology: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220, p.30.

con descensos <8 cm y a partir de los 880 m son aún menores, siendo inferiores a los 2 cm. Por tanto, se establece la longitud de 480 m como el radio de influencia del pozo.

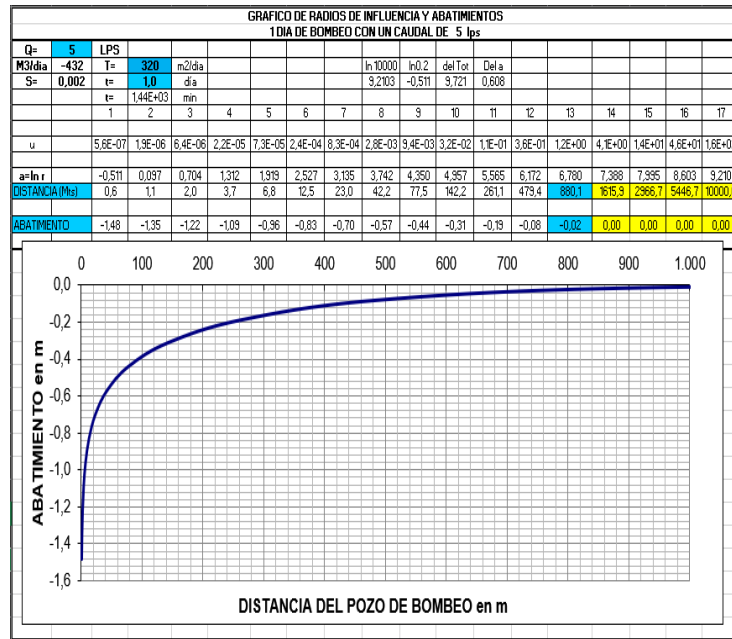




Figura 4.2-38 Radio de influencia estimado para el pozo Indico 3

Fuente: P&S, 2024

El agua subterránea es un recurso de importancia para el desarrollo socioeconómico de la zona, pues constituye la principal fuente de abastecimiento de la comunidad, que la aprovecha hasta profundidades de 150 m, sin embargo, la mayoría de las captaciones no superan los 30 m; el agua se destina para abastecimiento público, consumo humano, uso doméstico, así como para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Dentro del área de influencia se inventariaron 517 puntos de agua subterránea de los cuales 396 son pozos, 74 aljibes, 35 manantiales y 12 piezómetros. Del total de puntos el 66% (342 puntos) se hallan en uso, 5% (27 puntos) están abandonados, 6% (29 puntos) sin uso, 10% (51 puntos) en reserva y de 13% (68 puntos) se desconoce la condición de uso. Los pozos están revestidos en su mayoría en PVC, con diámetros entre 2 y 14 pulg y profundidades en general <30 m, puntualmente existen 64 pozos con profundidades entre 30-80 m y 7 pozos con profundidades de >80 m. Los aljibes están revestidos en concreto o no tienen revestimiento, con diámetros entre 0,7 a 2 m y con profundidades en su mayoría entre 1 y 15 m. Los manantiales surgen con caudales entre 0,001 y 0,97 l/s.

En la **Tabla 4.2-17** se resumen las características los puntos de agua subterránea inventariados, en donde se incluye el número de puntos por tipo y los valores máximos y mínimos de algunas características como profundidad, caudal de explotación y nivel de la tabla de agua. En la **Figura 4.2-39** se muestra su distribución.

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

Los puntos de agua subterránea que puedan quedar en la zona de abatimiento de los pozos, serán evaluados una vez sean perforados y realizadas las pruebas de bombeo, con lo cual, se establecerá el radio de influencia para cada sitio, sin embargo, se espera que no se genere interferencia con otras captaciones de la zona, puesto que los filtros se instalarán a partir de 30 m de profundidad, y de esta manera no se aprovecharán los mismos niveles acuíferos usados por la comunidad, que en su mayoría captan el acuífero cuaternario y en menor proporción los niveles más someros de la Formación Guayabo Miembro Superior, mediante aljibes y pozos que en general no sobrepasan los 30 m de profundidad, puntualmente se inventariaron 71 pozos con profundidades mayores que alcanzan máximo 150 m. Adicionalmente, los niveles solicitados en concesión serán semiconfinados y confinados, como lo evidencian las pruebas de bombeo lo cual reduce la posibilidad de interferencia con las captaciones de la comunidad.

4.2.2 Solicitud de permiso de concesión de aguas subterráneas

La Resolución 0521 del 27 de mayo de 2014 expedida por ANLA, que modifica la Resolución 0600 del 31 de julio de 2012 del proyecto de Área de Perforación Exploratoria Bloque CPO-5; en el Artículo Primero autoriza la concesión de agua subterránea, en los pozos kamal-1 y Lotto-1 en un caudal de 3 l/s durante 12 h/día cada uno, para uso doméstico e industrial. De estas captaciones el pozo Lotto-1, se halla fuera del polígono que define el Bloque CPO-5 en la presente modificación.



Por tanto, ONGC VIDESH LIMITED SUCURSAL COLOMBIA - ONGC-VL, solicita a la autoridad ambiental que para la fase de Desarrollo del Bloque CPO-5, se mantenga el permiso de concesión de agua subterránea otorgado en la Resolución 0521 del 27 de mayo de 2014 para el pozo Kamal-1, ubicado en la plataforma Kamal, en las coordenadas origen nacional E: 5015848,37 N: 2032783,27 en las mismas condiciones de uso (doméstico e industrial) y que modifique el caudal y régimen de bombeo a 5 l/s durante 18 h/día.

Adicionalmente, solicita permiso de concesión de aguas subterráneas en 25 pozos más, ubicados en las plataformas existentes o a construir, con un caudal de 5 l/s, cada uno, aprovechados durante 18 horas al día, para uso doméstico e industrial; los pozos tendrán profundidades máximas de hasta 130 m, los filtros se establecerán por debajo de los 30 m, captando niveles profundos del Acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial y horizontes someros del Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior para no interferir con los niveles usados por la comunidad de la zona que captan en general hasta 30 m de profundidad.

La presente solicitud se realiza de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Resolución 1058 del 07 de octubre de 2021 expedida por el MADS¹⁸, en la cual se adopta el Formato Único Nacional de solicitud de concesión de aguas subterráneas, con base en el Decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS¹⁹, donde se estipula en el

¹⁸ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 1058 de 07 de octubre de 2021. "Por la cual se modifica parcialmente la resolución 2202 del 29 de diciembre de 2005 y se adoptan otras determinaciones" Hoja No. 1-2 y Anexos.

¹⁹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". Hojas No. 308-309 y 328- 329.

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

artículo 2.2.3.2.16.13 que *"los aprovechamientos de aguas subterráneas, tanto en predios propios como ajenos, requieren concesión de la Autoridad Ambiental competente con excepción de los que utilicen para usos domésticos en propiedad del beneficiario o en predios que éste tenga posesión o tenencia"*.

El Decreto 1076 de 2015 en el artículo 2.2.3.2.16.15 establece que *"Si el pozo u obra de aprovechamiento de aguas subterráneas se encuentra dentro de una cuenca subterránea ya conocida por la Autoridad Ambiental competente se podrá exonerar del permiso y del proceso de exploración"*.

También se tiene en cuenta lo requerido en los términos de referencia HI-TER-1-03 de 2010²⁰, Numeral 4.2 y la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, 2018 en el numeral 6.2²¹, en relación con los permisos de concesión de agua subterránea.

En atención a lo anterior, ONGC VIDESH LIMITED SUCURSAL COLOMBIANA pone a consideración de la autoridad ambiental, la información hidrogeológica del área de influencia para la caracterización del acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior y los Depósitos de Llanura Aluvial, consignados en la información presentada para la solicitud del permiso de exploración de aguas subterráneas de la misma área (**ver numeral 4.2.1 Solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas**). Esta información está soportada mediante la realización y análisis de prospección geofísica en modalidad de SEV, pruebas de bombeo, inventario de puntos de agua subterránea y calidad de agua. Considerando que se tiene un buen conocimiento hidrogeológico de la cuenca y de la zona evaluación, se solicita paralelamente el permiso de concesión de agua subterránea.

A continuación, se presenta la información de soporte para la solicitud de permiso de concesión, pero se aclara que parte de esta se adquiriría una vez se perforen los pozos exploratorios y será allegada a la autoridad ambiental, dentro de los plazos establecidos por la normatividad. En la **Tabla 4.2-18** se listan los requerimientos y el ítem que presenta la información solicitada. En el **Anexo 4.2_Agua_Subterránea** se adjunta el Formato Único Nacional – FUN de solicitud de concesión de aguas subterráneas junto con la demás información requerida en el mismo.

²⁰ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Términos de referencia sector hidrocarburos. Estudio de Impacto Ambiental proyectos de explotación de hidrocarburos HI-TER-1-03. Bogotá D.C., 2010. P. 29.

²¹ MINAMBIENTE - ANLA. Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. 2018. pp. 169 – 171.



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5



CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Tabla 4.2-18 Información requerida para solicitud de permiso de concesión de aguas subterráneas según la normatividad vigente del Decreto 1076 del 2015, TR HI-TER-1-03 del 2010, Metodología general del 2018 y numeral que la presenta

Norma	Términos	Información Solicitada	Numeral Donde Se Presenta Información
Decreto 1076 de 2015. Libro 2. Régimen Reglamentario del Sector Ambiente, Parte 2. Reglamentaciones, Título 3. Aguas no marítimas, Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua, Sección 16. Régimen de ciertas categorías especiales de agua.	Art. 2.2.3.2.16.14. <i>Requisitos y trámite concesión.</i> La solicitud de concesión de aguas subterráneas debe reunir los requisitos y trámites establecidos en la sección 9 de este capítulo. A solicitud se acompañará copia del permiso de exploración y certificación sobre la presentación del informe previsto en el artículo 2.2.3.2.16.10 de este mismo estatuto (<i>Decreto 1541 de 1978, art. 157</i>) Art. 2.2.3.2.16.10. Al término de todo permiso de exploración de aguas subterráneas, el permisionario tiene un plazo de sesenta (60) días hábiles para entregar a la autoridad ambiental competente por cada perforado un informe que debe contener, cuando menos los siguientes puntos. (<i>Decreto 1541 de 1978, art. 152</i>).	a. Ubicación del pozo perforado y de otros que existan dentro del área de exploración o próximos a esta. La ubicación se hará por coordenadas geográficas con base a WGS84 y siempre que sea posible con coordenadas planas origen Bogotá "Magna Sirgas" con base en cartas del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".	La información será entregada una vez se adquiera
		b. Descripción de la perforación y copia de los estudios geofísicos, si se hubieren hecho.	La información será entregada una vez se adquiera 4.2.1.12 Método de perforación y características técnicas de los pozos 4.2.1.13 Plan de trabajo general y cronograma de obras 4.2.1.6 Prospección geofísica
		c. Profundidad y método de perforación.	4.2.1.12 Método de perforación y características técnicas de los pozos
		d. Perfil estratigráfico de todos los pozos perforados, tengan o no agua, descripción y análisis de las formaciones geológicas, espesor, composición, permeabilidad, almacenaje y rendimiento real del pozo si fuera productivo y técnicas empleadas en las distintas fases. El titular del permiso deberá entregar, cuando la entidad lo exija muestras de cada formación geológica atravesada, indicando la cota del nivel superior e inferior a que corresponde.	4.2.1.13.3 Perforación y descripción litológica
		e. Nivelación de cota del pozo, con relación a las bases altimétricas establecidas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", niveles estáticos de agua contemporáneos a la prueba en la red de pozos de observación, y sobre los demás parámetros hidráulicos debidamente calculados.	4.2.1.13.8 Instalación de los sellos sanitarios, base de concreto, tuberías de medición de niveles y nivelación topográfica 4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas 4.2.1.13.9 Pruebas de bombeo
		f. Calidad de las aguas; análisis físico –químico y bacteriológico.	4.2.1.8 Características fisicoquímicas del agua subterránea en los niveles a explorar 4.2.1.13.10 Toma de muestra de agua
		g. Otros datos que la Autoridad Ambiental competente considere convenientes	No aplica

Norma	Términos	Información solicitada	Numeral donde se presenta información
Decreto 1076 de 2015. Libro 2. Régimen Reglamentario del Sector Ambiente, Parte 2. Reglamentaciones, Título 3. Aguas no marítimas, Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua, Sección 9. Procedimientos para otorgar concesiones	Art 2.2.3.2.9.1. <i>Solicitud de concesión.</i> Las personas naturales o jurídicas y las entidades gubernamentales que deseen aprovechar las aguas para usos diferentes de aquellos que se ejercen por ministerio de la ley requieren concesión, para lo cual deberán dirigir una solicitud a la Autoridad Ambiental competente en la cual expresen: <i>(Decreto 1541 de 1978, art. 54)</i>	a. Nombres y apellidos del solicitante, documento de identidad, domicilio y nacionalidad. Si se trata de una persona jurídica, pública o privada, se indicará su razón social, domicilio, los documentos relativos a su constitución, nombre y dirección de su representante legal.	Anexo 4.2_Agua_Subterránea / FUN Concesión
		b. Nombre de la fuente donde se pretende hacer la derivación o donde se desea usar el agua.	4.2.2.2 Fuente de agua a concesionar
		c. Nombre del predio o predios, municipios o comunidades que se van a beneficiar y su jurisdicción.	Anexo 4.2_Agua_Subterránea / FUN Concesión
		d. Información sobre el destino que se le dará al agua.	4.2.2.3 Volumen, caudal, usos y régimen de explotación
		e. Cantidad de agua que se desea utilizar en litros por segundo	4.2.2.3 Volumen, caudal, usos y régimen de explotación
		f. Información sobre los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de las mismas y término en el cual se van a realizar.	4.2.2.5 Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento
		g. Informar si se requiere establecimiento de servidumbre para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas.	4.2.2.10 Servidumbre para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas
		h. Término por el cual se solicita la concesión	4.2.2.4 Término por el cual se solicita el permiso de concesión
		i. Extensión y clase de cultivos que se van a regar	No aplica
		j. Los datos previstos en la sección 10 de este capítulo para concesiones con características especiales	No aplica
	k. Los demás datos que la Autoridad Ambiental competente y el peticionario consideren necesarios	No aplica	
	Art 2.2.3.2.9.2 <i>Anexos de la solicitud.</i> Con la solicitud se debe allegar <i>(Decreto 1541 de 1978, art. 55)</i>	a. Los documentos que acrediten la personería del solicitante	Anexo 4.2_Agua_Subterránea / FUN Concesión
		b. Autorización del propietario o poseedor cuando el solicitante sea mero tenedor	
c. Certificado actualizado expedido por la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos y Privados sobre la propiedad del inmueble, o la prueba adecuada de la posesión o tenencia			
TR HI-TER-1-03- Numeral 4. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recurso naturales.	Numeral 4.2 Aguas subterráneas.	Para la concesión de las aguas subterráneas se debe presentar los resultados de la prueba de bombeo del pozo, modelo hidrogeológico e informar sobre la infraestructura y sistemas de conducción.	La información será entregada una vez se adquiera, sin embargo de forma preliminar se presenta: 4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas 4.2.1.13.9 Pruebas de bombeo 4.2.1.9 Características hidrogeológicas de la zona – Modelo hidrogeológico conceptual 4.2.2.5 Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5





CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Norma	Términos	Información solicitada	Numeral donde se presenta información
<p>MINAMBIENTE – ANLA Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales III. Especificaciones técnicas del Estudio de Impacto Ambiental y del Plan de Manejo Ambiental</p> <p>Numeral 6. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales</p>	<p>6.2 Concesión de agua subterránea</p> <p>De necesitarse una concesión de agua subterránea se debe presentar la información requerida en el Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Aguas Subterráneas:</p>	Evaluación de los requerimientos de agua en términos de volumen, caudal y régimen de explotación.	4.2.2.3 Volumen, caudal, usos y régimen de explotación
		Localización georreferenciada de los pozos exploratorios perforados en mapas con la escala definida en los términos de referencia genéricos o más detallada, si ello se requiere.	4.2.1.1 Ubicación y extensión de los predios a explorar
		Informe de los resultados de los estudios de exploración, que incluya los estudios hidrogeológicos que se hubieran realizado indicando el tipo de investigación, método y análisis de las pruebas realizadas y los parámetros geohidráulicos de los acuíferos identificados en los estudios.	4.2.1.6 Prospección geofísica 4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas 4.2.1.13.9 Pruebas de bombeo 4.2.1.9 Características hidrogeológicas de la zona – Modelo hidrogeológico conceptual
		Descripción litológica metro a metro de las muestras obtenidas de la perforación exploratoria (para todos los pozos perforados, contengan agua o no), señalando su espesor, composición, textura, estructura, granulometría, grado de empaquetamiento y porosidad primaria o secundaria.	4.2.1.13.3 Perforación y descripción litológica
		Perfil estratigráfico de los pozos perforados y descripción de las formaciones geológicas, elaborado con base en la descripción litológica, determinando el espesor, y la porosidad primaria o secundaria de todos los pozos perforados, tengan o no agua.	4.2.1.13.3 Perforación y descripción litológica
		Registros geofísicos de los pozos perforados, aportando los perfiles Gamma Ray, potencial espontáneo y resistividad sonda larga y corta con su correspondiente escala horizontal y vertical (profundidad). Se debe presentar la correlación de estos resultados con la rata de perforación del pozo, y con el perfil estratigráfico, con los cuales se debe sustentar el diseño definitivo del pozo, el tamaño de apertura de los filtros y el tamaño del empaque de grava.	4.2.1.13.3 Perforación y descripción litológica 4.2.1.13.4 Registros físicos
		Diseño definitivo de los pozos perforados, incluyendo la descripción del tipo de tubería de revestimiento, filtros, empaque de grava y material utilizado para el sello sanitario, nivelación topográfica. Ubicación y descripción de la infraestructura instalada (bomba sumergible, tubería de conducción y accesorios para su funcionamiento y tubería para medición de niveles, entre otras).	4.2.1.12.3 Características técnicas y diseño preliminar de los pozos 4.2.2.5 Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento
		Datos de campo (variación de los niveles del agua subterránea con relación al tiempo) y resultados de las pruebas de bombeo escalonadas, a caudal constante y de recuperación realizadas, especificando tipo, duración y caudal de la prueba; así como la interpretación de las mismas, describiendo el método de análisis empleado, los parámetros hidráulicos obtenidos (trasmisividad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, entre otros), la delimitación del radio de influencia del pozo y el caudal óptimo de producción	4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas 4.2.1.13.9 Pruebas de bombeo
		Inventario de puntos de agua subterránea (manantiales, aljibes, pozos y piezómetros) existentes en el radio de influencia de cada pozo, e identificación de usos y usuarios que puedan verse afectados por la captación.	4.2.1.15 Radio de influencia de los pozos, identificación de otros aprovechamientos de agua subterránea en la zona y posibles conflictos por el uso

Norma	Términos	Información solicitada	Numeral donde se presenta información
<p>MINAMBIENTE – ANLA Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales III. Especificaciones técnicas del Estudio de Impacto Ambiental y del Plan de Manejo Ambiental Numeral 6. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales</p>	<p>6.2 Concesión de agua subterránea De necesitarse una concesión de agua subterránea se debe presentar la información requerida en el Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Aguas Subterráneas:</p>	<p>Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua, incluyendo los parámetros de calidad de acuerdo con la destinación de uso (Libro 2, Parte 2, Título 2, Capítulo 3, Sección 1 del Decreto 1076 de 2015, o las normas que lo modifiquen, sustituyan o deroguen) y considerando los lineamientos establecidos en el numeral 4.1.5 de las especificaciones técnicas del EIA, referidos a la calidad del agua subterránea. La toma de muestras y los análisis deben haber sido realizados por laboratorios acreditados ante el IDEAM.</p>	<p>4.2.1.8 Características fisicoquímicas del agua subterránea en los niveles a explorar</p>
		<p>Obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento a construir incluidos los sistemas de regulación y medición.</p>	<p>4.2.2.5 Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento</p>
		<p>Elementos de medición y control de niveles (estáticos y dinámicos), caudales y régimen de bombeo.</p>	<p>4.2.2.5 Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento 4.2.2.3 Volumen, caudal, usos y régimen de explotación</p>
		<p>Medidas de protección del pozo, incluyendo sello sanitario, aislamiento, cerramiento y manejo del agua lluvias.</p>	<p>4.2.1.12.3 Características técnicas y diseño preliminar de los pozos 4.2.1.13.8 Instalación de los sellos sanitarios, base de concreto, tuberías de medición de niveles y nivelación topográfica 4.2.2.8 Medidas de protección y mantenimiento de los pozos y el sistema de captación</p>
		<p>Cronograma de mantenimiento.</p>	<p>4.2.2.8 Medidas de protección y mantenimiento de los pozos y el sistema de captación</p>
		<p>Diagnóstico sanitario de acuerdo a lo establecido en el FUNIAS para el área de influencia de los pozos.</p>	<p>4.2.2.6 Diagnóstico sanitario en los alrededores de los pozos</p>
		<p>Medidas y acciones a implementar para evitar pérdidas de agua y una inadecuada disposición de sobrantes.</p>	<p>4.2.2.7 Medidas y acciones a implementar para evitar pérdidas de agua y una inadecuada disposición de sobrantes / Manejo, uso y ahorro eficiente del agua</p>
		<p>Medidas para cierre y sellado del pozo.</p>	<p>4.2.2.9 Medidas para cierre y sellado del pozo</p>
		<p>Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Agua Subterránea debidamente diligenciado.</p>	<p>Anexo 4.2_Agua_Subterránea / FUN Concesión</p>

Fuente: GessiG S.A.S., 2025 con información de Decreto 1076 de 2015, TR HI-TER-1-03, 2010 y MINAMBIENTE – ANLA, 2018

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p>CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

4.2.2.1 Estudios de exploración hidrogeológica realizados en el acuífero a captar

Regionalmente el Área de Influencia se halla dentro de la denominada Provincia-Hidrogeológica de la Orinoquía, compuesta en su mayor parte por sedimentos fluviales del Cuaternario y en menor proporción por rocas cretáceas y terciarias²².

Según la Plancha 5-14 del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia en escala 1:500.000, en el área de evaluación se presentan acuíferos de mediana productividad asociados a sedimentos cuaternarios de los Depósitos de Terrazas de los Llanos Orientales, conformados por bloques angulares, cantos, gravas, arenas y limos en matriz areno-arcillosa que constituyen un relieve semiplano, ligeramente inclinado hacia el suroriente, con una gran superficie de exposición y poca vegetación²³. Estos depósitos constituyen un acuífero libre de extensión regional, con un espesor cercano a los 40 m, donde la recarga se da principalmente a través del agua lluvia. La descarga se produce especialmente mediante manantiales alineados, localizados en los escarpes de las terrazas. La dirección regional del flujo del agua subterránea va desde la terraza hacia los lechos de las corrientes superficiales que la cortan²⁴.

De acuerdo con el ENA, 2010²⁵ y ENA, 2014²⁶, el Bloque CPO-5 se ubica en la Provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales, sistema acuífero Villavicencio-Granada-Puerto López, que presenta reservas de 239,06 m³*10¹⁰, constituyendo básicamente la región con mayores reservas de agua subterránea en el país²⁷. Las unidades hidrogeológicas se relacionan con el Acuífero Cuaternario y el Acuífero Terciario, de tipo libre a confinado, con transmisividades (T) de 102 a 215 m²/d y coeficientes de almacenamiento (S) de 9,9x10⁻⁴ a 1,5x10⁻³²⁸, siendo el acuífero terciario, correspondiente a la Formación Guayabo Superior, una de las unidades de mayor potencial hidrogeológico, donde se explota agua subterránea para abastecimiento y fines industriales de los niveles arenosos²⁹.

Como parte de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, en el Bloque CPO-5 se han realizado estudios hidrogeológicos de caracterización y para solicitud de permisos de concesión de agua subterránea³⁰, reportándose características hidrogeológicas con predominio de sedimentos cuaternarios en superficie a partir de los cuales se diferenciaron dos unidades hidrogeológicas: Unidad A1, que corresponde al conjunto de sedimentos conformados por limos, arenas cuarzosas de grano muy fino a grueso, con guijos, guijarros, parcialmente saturadas

²² INGEOMINAS. Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia en escala 1:500.000. Hidrogeología de la plancha 5-14. Informe Final. 2004. p. 11.

²³ Ibid. p. 28.

²⁴ Ibid.

²⁵ IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Oferta y Uso del agua subterránea en Colombia, 2010. Capítulo 4. pp.161 – 164.



²⁶ IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2014.

²⁷ IDEAM, 2010. Óp., cit. p 142.

²⁸ IDEAM, 2014. Óp., cit. p. 136.

²⁹ IDEAM, 2010. Óp., cit. p 142.

³⁰ ONGC VIDEHS - ACON INERCO. Estudio técnico y ambiental para la modificación de la Licencia Ambiental de Exploración para el Bloque CPO-5 Resolución 0600 del 31 de Julio de 2012, con el objeto de incluir la concesión de aguas subterráneas de aguas subsolares en los pozos Kamal-1 y Loto-1. 2012. p. 13.

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p>CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

constituyendo un acuífero libre de alto interés hidrogeológico asociado al Depósito de Terraza³¹ que es aprovechado por la comunidad principalmente mediante pozos³² y la Unidad A2 asociada a los Depósitos Aluviales conformados por arenas de grano fino a medio y arcillas rojizas, de poco espesor, constituyendo un acuífero local de tipo libre, y de bajo interés Hidrogeológico³³. La recarga se presenta en las zonas planas a partir de la precipitación, así como por las principales corrientes hídricas, como los ríos Meta y Cabuyarito y otras corrientes secundarias como los Caños Boral o Yarico, la descarga natural de los acuíferos es el río Meta³⁴. Mediante Resolución 0521 del 27 de mayo de 2014, ANLA otorgó permiso de concesión de agua subterránea en el Bloque CPO-5 en los pozos Kamal-1 y Lotto-1, con un caudal de 3 l/s durante 12 horas/día.

Los estudios de evaluación hidrogeológica realizados se presentaron en el **numeral 4.2.1 Solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas**, mediante los cuales se pudo establecer las características hidrogeológicas del Bloque CPO-5 y su Área de Influencia, las cuales serán complementadas para cada sitio, con los datos hidráulicos obtenidos de las pruebas de bombeo y la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los pozos exploratorios proyectados, que posteriormente serán allegados a la autoridad ambiental una vez se construyan.

4.2.2.2 Fuente de agua a concesionar

El agua solicitada en concesión provendrá de los niveles acuíferos profundos de los Depósitos de Llanura Aluvial y los horizontes someros del Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior, mediante la captación de 25 pozos, de hasta 130 m de profundidad con filtros a partir de 30 m. El pozo Kamal-1 aprovecha los niveles basales del acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial.

4.2.2.3 Volumen, caudal, usos y régimen de explotación

Se solicita un caudal de 5 l/s por pozo, para uso doméstico e industrial, que será aprovechado durante 18 horas al día, para un total de 324 m³/día por pozo. El caudal del agua será distribuido según su uso como se describió previamente en la **Solicitud de permiso de exploración de aguas subterráneas, numeral 4.2.1.11 Caudal, volumen de agua requerido, régimen de explotación y uso** y se resume a continuación:

- Agua para uso doméstico: se planea destinar 0,67 l/s que equivalen a 43,42 m³/día según el régimen de bombeo de 18 horas diarias.
- Agua para uso industrial: se planea destinar un caudal de 4,33 l/s que equivalen a 280,58 m³/día según el régimen de bombeo de 18 horas diarias.



Teniendo en cuenta los parámetros hidráulicos descritos en el numeral de solicitud de permiso de exploración (ver **numeral 4.2.1.7 Ensayos o pruebas de bombeo – Características hidráulicas**) se estima que los niveles basales del Acuífero de los Depósitos de Llanura Aluvial y

³¹ *Ibíd.*, p. 13.

³² *Ibíd.*, p. 22.

³³ *Ibíd.*, p. 13.

³⁴ *Ibíd.*

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

los horizontes someros del Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior podrán suplir holgadamente el caudal requerido, adicionalmente, los niveles solicitados en concesión, mostraron en la prospección geofísica (ver **numeral 4.2.1.6 Prospección geofísica**) resistividades correlacionadas con la presencia de arenas y gravas saturadas con intercalaciones de limos y arcillas en las zonas de resistividad Z2 y Z2A para los Depósitos de Llanura Aluvial y capas de areniscas y conglomerados saturados con intercalaciones de limolitas y arcillolitas en las zonas de resistividad Z4, Z4A y Z4B para el Acuífero de la Formación Guayabo Miembro Superior, confirmando el buen potencial hidrogeológico de la unidad.

4.2.2.4 Término por el cual se solicita el permiso de concesión

Se solicita un tiempo para la concesión de agua subterránea, que abarque el mismo periodo de tiempo que duren las actividades del Bloque CPO-5, es decir 30 años.

4.2.2.5 Sistemas de captación, obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento

La explotación de los pozos se realizará utilizando bombas sumergibles tipo lapicero, la potencia y profundidad de succión se definirán, de acuerdo con los resultados de las pruebas de bombeo. Las características de la tubería de descarga estarán acordes con la potencia de la bomba y el caudal de explotación.



Los pozos estarán ubicados en las plataformas donde se instalarán tanques para su almacenamiento, cuya capacidad se definirá de acuerdo con la necesidad. Es posible que en algunos de estos lugares deba realizarse distribución hacia otras plataformas e infraestructura; de acuerdo con la distancia se definirá si se hace a través de tubería de conducción o por medio de carrotanques, igualmente, en los sitios donde se vaya a beneficiar, se tendrán también instalados tanques de almacenamiento y a partir de estos se hará la distribución final por redes locales hasta los sitios requeridos.

Una vez construidos los pozos se tomarán las muestras de agua para el análisis fisicoquímico y bacteriológico, con el fin de determinar si es necesario realizar algún tratamiento para sus diferentes usos ya sea doméstico o industrial.

Los sistemas de captación, las obras de conducción, el almacenamiento y el sistema de tratamiento definitivos se detallarán en los PMA específicos.

4.2.2.6 Diagnóstico sanitario en los alrededores de los pozos

En el radio de influencia determinado para cada pozo, se realizará el diagnóstico sanitario de acuerdo con lo establecido en los FUNIAS, identificando, entre otros, la presencia de letrinas, aguas estancadas, basura, criaderos o estiércol, así como cualquier otra potencial fuente de contaminación como cementerios, estaciones de servicio, campos de infiltración, lagunas de oxidación, entre otros y la distancia entre estas y los pozos de aprovechamiento.

	<p style="text-align: center;">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p style="text-align: center;">CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

4.2.2.7 Medidas y acciones a implementar para evitar pérdidas de agua y una inadecuada disposición de sobrantes / Manejo, uso y ahorro eficiente del agua

Como se especifica en el Programa **CPO5-AB-RH Programa de Manejo del Recurso Hídrico: Ficha CPO5-AB-RH03 Manejo de aguas subterráneas**, se realizará control de los caudales de explotación mediante la instalación de un medidor de caudal debidamente calibrado en cada uno de los pozos de aprovechamiento de agua subterránea, con el fin de monitorear y ajustar el caudal de salida al caudal concesionado (5 l/s). En el **Anexo 4.1-2_PUEAA_CPO-5**, se presenta el Programa de uso y ahorro eficiente del agua para el Bloque CPO-5.

4.2.2.8 Medidas de protección y mantenimiento de los pozos y el sistema de captación



Dentro del **CPO5-AB-RH Programa de Manejo del Recurso Hídrico: Ficha CPO5-AB-RH03 Manejo de aguas subterráneas**, se plantea la inspección del sistema de captación, transporte y almacenamiento de agua subterránea, con el fin de detectar deterioro, roturas o cualquier tipo de falla en las tuberías, uniones, tanques de almacenamiento y demás infraestructura asociada, de esta manera se evitarán fugas y un aprovechamiento y/o almacenamiento inadecuado. Durante la inspección se diligenciará una lista de chequeo donde como mínimo se verificará lo siguiente:

- Estado del tablero de control
- Presencia de cables sueltos, flojos o deteriorados
- Presencia de fugas en las tuberías de descarga y conducción
- Estado de las tuberías de descarga y conducción
- Presencia de fugas en los tanques de almacenamiento
- Estado de los tanques de almacenamiento
- Verificar que el medidor de caudal se encuentre calibrado
- Registrar anomalías en el agua bombeada: presencia de arena, sedimentos o grava
- Reportar si se detectan oscilaciones en el caudal bombeado
- Reportar vibraciones, golpes hidráulicos, ruidos o cualquier anomalía detectada durante el funcionamiento del pozo

De acuerdo con las inspecciones se programarán los mantenimientos preventivos y correctivos necesarios, así como la frecuencia, según se requiera.

4.2.2.9 Medidas para cierre y sellado del pozo

Dentro del **Capítulo 10. Plan de Abandono y Restauración Final y** en el Programa **CPO5-AB-RH Programa de Manejo del Recurso Hídrico: Ficha CPO5-AB-RH03 Manejo de aguas subterráneas**, se plantean las medidas para el sellamiento definitivo de los pozos, que estará basado en la norma técnica NTC 5539, la cual considera las siguientes actividades:

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5</p> <p>CAPÍTULO 4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES</p>	
---	---	---

- Desde la base del pozo y hacia la superficie se deberá llenar la tubería de revestimiento con grava número 8-12, dejando 2/3 partes libres desde el tope de la grava hasta la superficie. La capa de grava deberá quedar dispuesta en su totalidad dentro del espacio anular sin dejar espacios vacíos.
- Desde las 2/3 partes y hasta la superficie dentro de la tubería de revestimiento del pozo, se deberá depositar bentonita en polvo, mezclada con cemento gris para que actúe como tapón impermeable e impida el ingreso de sustancias hacia las secciones de filtros del pozo profundo.
- Dispuestos los elementos indicados anteriormente, al final de la tubería de revestimiento se deberá adecuar un tapón en la boca del pozo, el cual debe ir asociado y/o roscado en la tubería de revestimiento, impidiendo de esta forma el posible ingreso de sustancias contaminantes hacia el interior del pozo
- Para sellar el empaque de grava se deberá excavar una cavidad alrededor del pozo con un radio no menor y hasta una profundidad no menor a 1 m y rellenarla con tres capas de bentonita de 10 cm cada una y humedecidas.
- Si se observa en la superficie empaque de grava, se adicionará una lechada de cemento gris. La lechada debe ser lo suficientemente delgada para alcanzar la mayor profundidad posible dentro del empaque, esta se adicionará hasta alcanzar la saturación de este.
- Realizada la actividad anterior, se deberá fundir un sello sanitario en concreto impermeable de 1 m x 1 m x 1 m de espesor, dentro del cual deberá quedar una sección de 20 cm de la tubería de revestimiento.
- El sello definitivo debe quedar al mismo nivel del piso, evitando la presencia de fisuras a través de las cuales ingresen sustancias impregnadas de grasas, aceites, detergentes o cualquier agente contaminante que altere negativamente la calidad del agua subterránea.

Sobre la superficie del sello en concreto, se debe instalar la placa de aluminio de identificación y el número de la resolución de sellamiento.

4.2.2.10 Servidumbre para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas

Los predios donde se perforarán los pozos solicitados en concesión podrían ser arrendados o adquiridos en propiedad por ONGC VIDESH LIMITED – SUCURSAL COLOMBIANA, lo cual dependerá de la negociación que en su momento se dé con los propietarios. No obstante, se hará dentro del área de servidumbre petrolera tanto para el establecimiento de los pozos como para la construcción de las obras proyectadas para la conducción y almacenamiento del agua, por tanto, una vez se tenga dicha información será allegada a la autoridad ambiental en los respectivos PMAE.