



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

TABLA DE CONTENIDO

3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
3.1	LOCALIZACIÓN	29
3.1.1	Localización general del Proyecto	29
3.1.2	Localización específica del Proyecto	30
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	34
3.2.1	Infraestructura existente	35
3.2.2	Resultados de la exploración geológica.....	53
3.2.3	Fases y actividades del Proyecto	82
3.3	DISEÑO DEL PROYECTO	93
3.3.1	Sistema y método de explotación	95
3.3.2	Construcción y montaje	207
3.4	BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN DE MINERALES	340
3.4.1	Trituración	344
3.4.2	Molienda.....	345
3.4.3	Concentración gravimétrica	346
3.4.4	Flotación.....	347
3.4.5	Lixiviación.....	349
3.4.6	Carbón en pulpa (CIP).....	350
3.4.7	Lavado, elución y electro-obtención.....	351
3.4.8	Fundición.....	352
3.4.9	Regeneración de carbón	352
3.4.10	Destrucción del cianuro	353
3.4.11	Colas o relaves de lixiviación y flotación	354
3.4.12	Área de manejo y presa de colas	355
3.5	INSUMOS DEL PROYECTO	356
3.5.1	Materiales pétreos	356
3.5.2	Materiales y productos químicos	358
3.5.3	Energía.....	361
3.5.4	Requerimientos de agua.....	366

3.5.5	Reactivos químicos	367
3.5.6	Explosivos	369
3.6	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS INTERCEPTADOS POR EL PROYECTO	370
3.6.1	Manejo y disposición de sobrantes	380
3.6.2	Residuos peligrosos y no peligrosos.....	456
3.6.3	Producción y costos del proyecto	475
3.6.4	Cronograma del proyecto	475
3.6.5	Organización del proyecto	479

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1	Resumen de las principales modificaciones con relación al proyecto licenciado	3
Tabla 3.2	Obras objeto de modificación, obras no objeto de modificación, obras nuevas y obras para devolución de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	6
Tabla 3.3	Obras e infraestructura que continúan conforme a lo autorizado mediante el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y/o el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 00782 de 2019 y que no son objeto de modificación	18
Tabla 3.4	Obras e infraestructura autorizadas mediante el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y/o el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 00782 de 2019; y que son objeto de devolución y/o exclusión en el trámite de modificación	20
Tabla 3.5	Obras e infraestructura objeto de modificación de la licencia ambiental del Proyecto	21
Tabla 3.6	Relación de las actividades del Proyecto Gramalote autorizadas en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019 Vs. Modificación de la licencia en trámite	26
Tabla 3.7	Actividades que continúan conforme a lo autorizado mediante el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, modificado por el Artículo Primero de la resolución 02427 de 2019, el Artículo Primero de la Resolución 01447 de 2021 y el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019; y que no son objeto de modificación	26
Tabla 3.8	Actividades autorizadas mediante el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019; y que son objeto de exclusión en el trámite de modificación	27
Tabla 3.9	Actividades objeto de modificación de la licencia ambiental del Proyecto	27
Tabla 3.10	Zona de alinderación construcción y montaje del contrato T1429201131	
Tabla 3.11.	Equipamiento social de las veredas que serán intervenidas por el proyecto	50
Tabla 3.12	Resumen de campañas de perforación	56
Tabla 3.13	Perforaciones utilizadas para la estimación de recursos	57
Tabla 3.14	Coordenadas vértices bloque geofísica Gramalote	59
Tabla 3.15	Principales tipos de roca	60
Tabla 3.16	Tipos de vetas	66

Tabla 3.17	Niveles de capping de Au.....	79
Tabla 3.18	Niveles de capping de Ag.....	80
Tabla 3.19	Densidades asignadas al modelo de recursos	81
Tabla 3.20	Fase de construcción y montaje	83
Tabla 3.21	Fase de operación.....	85
Tabla 3.22	Fase de abandono, cierre y post cierre	88
Tabla 3.23	Fases y actividades de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.....	88
Tabla 3.24	Distribución de las áreas de operación.....	94
Tabla 3.25	Áreas de explotación.....	94
Tabla 3.26	Áreas de beneficio y transformación de minerales	94
Tabla 3.27	Áreas para manejo de material sobrante.....	95
Tabla 3.28	Instalaciones de soporte minero.....	95
Tabla 3.29	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Tajos (Frentes de explotación)	97
Tabla 3.30	Estadística por fase Gramalote.	103
Tabla 3.31	Parámetros Geotécnicos Tajo Gramalote.....	104
Tabla 3.32	Producción de Mineral y Roca – Incluyendo 2 fases de Extracción .	109
Tabla 3.33	Balance de materiales y Alimentación a Planta	110
Tabla 3.34	Movimientos de Remanejo de Mineral.....	110
Tabla 3.35	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósito de estériles y acopio de mineral	126
Tabla 3.36	Volumen acumulado depositado por año en el Depósito El Balsal. .	129
Tabla 3.37	Volumen depositado por año, DME San Antonio.....	131
Tabla 3.38	Parámetros del equipo de perforación.....	144
Tabla 3.39	Parámetros Operacionales del equipo de Cargue	145
Tabla 3.40	Equipos mineros	146
Tabla 3.41	Tamaño de la flota de soporte.....	148
Tabla 3.42	Parámetros de voladura	152
Tabla 3.43	Clases de iluminación para vías	161
Tabla 3.44	Requisitos fotométricos según clase de vía.....	161
Tabla 3.45	Niveles de iluminación de campos de juego recreativos.....	165

Tabla 3.46	Requisitos zonas de parqueo adyacentes a vías vehiculares.....	165
Tabla 3.47	Requerimientos de iluminación.....	170
Tabla 3.48	Requerimientos de iluminación.....	178
Tabla 3.49	Requerimientos de iluminación.....	181
Tabla 3.50	Requerimientos de iluminación.....	184
Tabla 3.51	Requerimientos de iluminación.....	187
Tabla 3.52	Requerimientos de iluminación.....	190
Tabla 3.53	Requerimientos de iluminación.....	193
Tabla 3.54	Requerimientos de iluminación.....	197
Tabla 3.55	Requerimientos de iluminación.....	200
Tabla 3.56	Requerimientos de iluminación.....	203
Tabla 3.57	Resumen de luminarias utilizadas	206
Tabla 3.58	Relación de anexos estudios geológicos y geotécnicos por zonas de diseño 208	208
Tabla 3.59	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Plataformas e infraestructura asociada	210
Tabla 3.60	Plataformas del proyecto y categoría	213
Tabla 3.61	Características principales de las plataformas proyectadas	215
Tabla 3.62	Resumen plataformas principales	216
Tabla 3.63	Especificaciones geología y geotecnia plataformas.....	216
Tabla 3.64	Tratamientos recomendados para la estabilidad de la obra (soluciones a nivel de factibilidad)	217
Tabla 3.65	Especificaciones técnicas para geosintéticos	220
Tabla 3.66	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – vías	224
Tabla 3.67	Criterios de diseño vía para construcción	226
Tabla 3.68	Criterios de diseño vía para operación	228
Tabla 3.69	Criterios de diseño para vías mineras	234
Tabla 3.70	Criterios de diseño vías de la comunidad	235
Tabla 3.71	Dimensiones del Camión Articulado Cat 740.....	238
Tabla 3.72	Especificaciones Camión Articulado Cat 740	238
Tabla 3.73	Rendimiento Camión Articulado Cat 740	238

Tabla 3.74	Dimensiones Caterpillar 785	241
Tabla 3.75	Especificaciones Caterpillar 785.....	241
Tabla 3.76	Características principales de las vías proyectadas	243
Tabla 3.77	Características principales de las vías proyectadas	247
Tabla 3.78	Resumen vías construcción	249
Tabla 3.79	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso Principal – Margen Izquierda.....	249
Tabla 3.80	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso Principal – Margen Derecha.....	250
Tabla 3.81	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera San Antonio - Margen Izquierda.....	251
Tabla 3.82	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera San Antonio – Margen Derecha.....	251
Tabla 3.83	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Filtración – Margen Izquierda.....	253
Tabla 3.84	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Filtración – Margen Derecha.....	254
Tabla 3.85	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presas Colas Sur – Margen Izquierda.....	254
Tabla 3.86	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presas Colas Sur – Margen Derecha.....	256
Tabla 3.87	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Decantación – Margen Izquierda.....	260
Tabla 3.88	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Decantación – Margen Derecha.....	260
Tabla 3.89	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso este a Estación Terminal – Margen Izquierda	260
Tabla 3.90	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso este a Estación Terminal – Margen Derecha	262
Tabla 3.91	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Plataforma Ciclones – Margen Izquierda.....	263
Tabla 3.92	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Plataforma Ciclones – Margen Derecha.....	264
Tabla 3.93	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito E	264
Tabla 3.94	Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Bocatoma – Margen Izquierda.....	267

Tabla 3.95 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Bocatoma – Margen Izquierda.....	271
Tabla 3.96 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito K – Margen Izquierda.....	272
Tabla 3.97 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito K – Margen Derecha.....	272
Tabla 3.98 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera ROM – Margen Izquierda.....	273
Tabla 3.99 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera ROM – Margen Derecha.....	273
Tabla 3.100 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso El Torito – Margen Izquierda.....	274
Tabla 3.101 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso El Torito – Margen Derecha.....	276
Tabla 3.102 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presa de Colas Norte – Margen Izquierda.....	276
Tabla 3.103 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presa de Colas Norte – Margen Derecha.....	281
Tabla 3.104 Resumen de sectorización de tratamiento – Carriles Cambio de Velocidad vía acceso – Margen Derecha.....	285
Tabla 3.105 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador La Colorada – Margen Izquierda.....	285
Tabla 3.106 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador La Colorada – Margen Derecha.....	286
Tabla 3.107 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador San Antonio – Margen Izquierda.....	286
Tabla 3.108 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador San Antonio – Margen Derecha.....	286
Tabla 3.109 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador El Banco – Margen Izquierda.....	287
Tabla 3.110 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador El Banco – Margen Derecha.....	287
Tabla 3.111 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía La Bateíta.....	287
Tabla 3.112 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito Torito – Margen Izquierda.....	288
Tabla 3.113 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito Torito – Margen Derecha.....	289

Tabla 3.114 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Ciclones Baja – Margen Izquierda.....	289
Tabla 3.115 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Ciclones Baja – Margen Derecha.....	290
Tabla 3.116 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Balsal Existente – Margen Izquierda.....	290
Tabla 3.117 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Balsal Existente – Margen Derecha.....	291
Tabla 3.118 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sustitutiva Cristales	292
Tabla 3.119 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Cresta Sedimentador San Antonio – Margen Izquierda.....	297
Tabla 3.120 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Cresta Sedimentador San Antonio – Margen Derecha.....	297
Tabla 3.121 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Cresta Sedimentador El Banco – Márgenes Derecha e Izquierda.....	298
Tabla 3.122 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso Palestina – Margen Derecha.....	298
Tabla 3.123 Resumen de sectorización de tratamientos – Vía Cantera – Márgenes Derecha e Izquierda	299
Tabla 3.124. Resumen de sectorización de tratamientos – Vía Plataforma Ciclones – Márgenes Derecha e Izquierda.....	300
Tabla 3.125 Crecientes de diseño (años) asociadas a los tipos de obras de drenaje propuestos.....	301
Tabla 3.126 Obras de drenajes y sedimentadores.....	302
Tabla 3.127 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Sedimentadores	312
Tabla 3.128 Zona de Servicios Mineros	317
Tabla 3.129 Dimensiones del dique de contención de derrames de combustibles	319
Tabla 3.130 Rendimiento energético estimado de la central.....	321
Tabla 3.131 Captaciones nuevas y/o modificar	326
Tabla 3.132 Características de la conducción de agua cruda	333
Tabla 3.133 Premisas del caudal de diseño.....	334
Tabla 3.134 Personal del campamento.....	337
Tabla 3.135 Criterios de diseño	337
Tabla 3.136 Características del agua residual	338

Tabla 3.137 Requerimientos de cumplimiento de parámetros fisicoquímicos para vertimiento (Art. 8, resolución 0631 de 2015).....	339
Tabla 3.138 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de materiales y productos químicos	358
Tabla 3.139 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de materiales y productos químicos - operación.....	360
Tabla 3.140 Consumibles mecánicos y materiales de desgaste	367
Tabla 3.141 Reactivos químicos y sobrantes estimados de producto	368
Tabla 3.142 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de explosivos - Construcción	369
Tabla 3.143 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de explosivos - Operación.....	369
Tabla 3.144 Infraestructura interceptada por las obras del proyecto	377
Tabla 3.145 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME)	381
Tabla 3.146 Criterios de diseño de las vías internas del depósito	385
Tabla 3.147 Periodo de diseño obras.....	386
Tabla 3.148 Depósitos de obra civil del proyecto	387
Tabla 3.149 Depósitos con vía internas	387
Tabla 3.150 Características principales de los depósitos de obra civil	388
Tabla 3.151 Volumen depositados en depósitos mineros que provienen de material de obras civiles	388
Tabla 3.152 Dimensiones filtro.....	391
Tabla 3.153 Dimensiones canales	393
Tabla 3.154 Dimensiones cunetas	394
Tabla 3.155 Resumen de resultados de los factores de seguridad obtenidos para las secciones de análisis representativas de las ZODMES del proyecto Gramalote...	426
Tabla 3.156 Parámetros geotécnicos.....	433
Tabla 3.157 Disposición de material sobrante obra civil.....	434
Tabla 3.158 Depósitos obras civiles y material depositado de obras civiles año por año	442
Tabla 3.159 Depósitos mineros y material depositado de obras civiles año por año	442
Tabla 3.160 Resumen balance de masas material obra civil.....	444
Tabla 3.161 Resumen balance de masas año 1 material obras civiles	445
Tabla 3.162 Resumen balance de masas año 2 material obras civiles	446

Tabla 3.163	Resumen balance de masas año 3 material obras civiles	447
Tabla 3.164	Resumen balance de masas año 4 material obras civiles	448
Tabla 3.165	Resumen balance de masas año 5 al año 15 material obras civiles	449
Tabla 3.166	Resultados del monitoreo predictivo del potencial de generación de drenaje ácido de roca (DAR).....	452
Tabla 3.167	Principales destinos de mineral y estéril.....	453
Tabla 3.168	Clasificación de residuos no peligrosos y peligrosos por tipo de residuo.	458
Tabla 3.169	Estimación de volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos que el proyecto generará en sus diferentes etapas.....	459
Tabla 3.170	Proyección de generación de residuos no peligrosos en la planta de proceso o beneficio.....	460
Tabla 3.171	Proyección de generación anual de embalaje contaminado	461
Tabla 3.172	Flota minera principal a utilizar en el Proyecto	463
Tabla 3.173	Tipos de residuos peligrosos generados en la plataforma de facilidades mineras	464
Tabla 3.174	Cantidad generada de residuos especiales	465
Tabla 3.175	Residuos peligrosos generados por sustancias químicas.....	465
Tabla 3.176	Otros residuos generados en la planta de explosivos y polvorín	465
Tabla 3.177	Clasificación de sustancias peligrosas	467
Tabla 3.178	Almacenamiento de residuos hospitalarios.....	469
Tabla 3.179	Desinfectantes químicos para inactivación de baja eficiencia.....	470
Tabla 3.180	Técnicas de tratamiento o disposición para residuos no peligrosos	474
Tabla 3.181	Costos de capital asociados a las obras objeto de modificación	475

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Obras Licenciadas Vs. Obras de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	2
Figura 3.2	Obras objeto de la modificación, obras no objeto de la modificación y obras nuevas de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.....	5
Figura 3.3	Área Proyecto asociada a la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto “Gramalote” y Área Proyecto de la Modificación.....	28
Figura 3.4	Localización político-administrativa del proyecto	30
Figura 3.5	Alinderación del título minero integrado	32
Figura 3.6	Localización específica del Proyecto.....	33
Figura 3.7	Vista en planta Vía San Antonio y Derivación	36
Figura 3.8	Vista en planta de la vía al Balsal.....	38
Figura 3.9	Vista en planta de la vía al cerro Gramalote.....	41
Figura 3.10	Vista en planta de la vía a la PCH La Cascada	43
Figura 3.11	Vista en planta vía al predio El Torito	44
Figura 3.12	Vista en planta vía a Cristales	46
Figura 3.13	Vista en planta vía quebrada La Palestina	48
Figura 3.14	Localización collar de perforaciones título 14292	57
Figura 3.15	Ubicación de collares de perforaciones utilizadas para la estimación de recursos	58
Figura 3.16	Localización y cubrimiento de estudios geofísicos	60
Figura 3.17	Dique de microdiorita	61
Figura 3.18	Aplitas y pegmatitas. A) Dique de pegmatita en contacto con tonalita de grano medio. B) Aplita de textura afanítica y composición félsica.	61
Figura 3.19	Tonalita fresca	61
Figura 3.20	Diorita porfídica	61
Figura 3.21	Tonalita fresca y ortoclasa. Núcleo de tonalita fresca. A) microfotografía mostrando cuarzo (Orz), plagioclasa (Pl) y ortoclasa (Or). B) Igual que A), con luz polarizada y nicols cruzados	61
Figura 3.22	Contacto diorita fina/tonalita	61
Figura 3.23	Modelo de alteración del depósito - vista en planta	62
Figura 3.24	Modelo de alteración del depósito – Sección del núcleo del depósito	63

Figura 3.25	Tipos de alteración.....	64
Figura 3.26	Sección transversal -Dominios definidos para el depósito; amarillo (Halo), rosado claro (LG) y rosado oscuro (HG).....	65
Figura 3.27	Veta Tipo I.....	66
Figura 3.28	Veta Tipo II.....	66
Figura 3.29	Veta Tipo III.....	67
Figura 3.30	Veta Tipo IV	67
Figura 3.31	Veta Tipo V	67
Figura 3.32	Muestras de suelo, roca, trinchera y sedimentos activos tomados en el título 14292 68	
Figura 3.33	Muestreo perforaciones Gramalote – vista planta	69
Figura 3.34	Correlación geoquímica de los elementos asociados a la mineralización del depósito Gramalote	70
Figura 3.35	Mapa de interpolación de oro para muestras de superficie del depósito Gramalote	71
Figura 3.36	Secciones de interpolación geoquímica de oro para muestras de perforación del depósito Gramalote	72
Figura 3.37	Dominios geológicos en el depósito	74
Figura 3.38	Intensidad de las alteraciones de la mineralización.....	76
Figura 3.39	Abundancia de los tipos de vetas.....	77
Figura 3.40	Abundancia de sulfuros.....	78
Figura 3.41	Dominios de capping Au	80
Figura 3.42	Huella del proyecto sectorizada	93
Figura 3.43	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Tajos (Frentes de explotación).	97
Figura 3.44	Envolventes de optimización Whittle. Fase 1 (intermedia) y Fase Final – Tajo Gramalote	100
Figura 3.45	Esquema de Ángulos de Diseño	100
Figura 3.46	Vista en Planta del tajo Gramalote	101
Figura 3.47	Fase 1 y tajo final.	103
Figura 3.48	Secciones evaluadas para el diseño de Etapa 01 del tajo abierto Gramalote	105
Figura 3.49	Secciones evaluadas para el diseño del tajo final del tajo abierto Gramalote	106

Figura 3.50	Ejemplo de sección de Análisis	106
Figura 3.51	Mineral extraído por cada fase minera	108
Figura 3.52	Material alimentado a la planta.....	109
Figura 3.53	Último año de la etapa de Construcción y Montaje.....	112
Figura 3.54	Año 1 de la etapa de Operación.....	113
Figura 3.55	Año 2 de la etapa de Operación.....	114
Figura 3.56	Año 3 de la etapa de Operación.....	115
Figura 3.57	Año 4 de la etapa de Operación.....	116
Figura 3.58	Año 5 de la etapa de Operación.....	117
Figura 3.59	Año 6 de la etapa de Operación.....	118
Figura 3.60	Año 7 de la etapa de Operación.....	119
Figura 3.61	Año 8 de la etapa de Operación.....	120
Figura 3.62	Año 9 de la etapa de Operación.....	121
Figura 3.63	Año 10 de la etapa de Operación.....	122
Figura 3.64	Año 11 de la etapa de Operación.....	123
Figura 3.65	Año 12 de la etapa de Operación.....	124
Figura 3.66	Año 13 de la etapa de Operación.....	125
Figura 3.67	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósito de estériles y acopio de mineral.	126
Figura 3.68	Ubicación del Depósito El Balsal.....	129
Figura 3.69	Ubicación del Depósito San Antonio	131
Figura 3.70	Localización en planta de la sección de interés para el análisis geotécnico – Depósito El Balsal.....	133
Figura 3.71	Localización en planta de la sección complementaria de interés para el análisis geotécnico – Depósito El Balsal.....	134
Figura 3.72	Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección B – Depósito El Balsal, etapa de operación máxima	135
Figura 3.73	Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección B – Depósito El Balsal, etapa de operación máxima	136
Figura 3.74	Localización en planta de la sección de interés para el análisis geotécnico – Depósito San Antonio	137
Figura 3.75	Localización en planta de la sección complementaria de interés para el análisis geotécnico – Depósito San Antonio	138

Figura 3.76	Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección A – Depósito San Antonio, operación máxima	138
Figura 3.77	Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección B – Depósito San Antonio, operación máxima	139
Figura 3.78.	Manejo de aguas de contacto y no contacto en los depósitos San Antonio y El Balsal. Antes de las obras para la realineación de la quebrada Guacas	141
Figura 3.79.	Manejo de aguas de contacto y no contacto en los depósitos San Antonio y El Balsal. Después de las obras para la realineación de la quebrada Guacas	142
Figura 3.80	Esquema de perforación	153
Figura 3.81	Esquema de perforación	155
Figura 3.82	Distribución interna del polvorín. Esquema Conceptual.....	157
Figura 3.83	Ángulo de inclinación máximo respecto a la horizontal.....	159
Figura 3.84	<i>Ángulo de inclinación máximo respecto a la vertical</i>	160
Figura 3.85	Disposición de luminarias de la vía de acceso principal.	163
Figura 3.86	Alcance de flujo luminoso de la disposición de luminarias en la vía principal de acceso.	164
Figura 3.87	Propuesta de iluminación zona campamentos y oficinas.....	166
Figura 3.88.	Distribución de luminarias en la zona de parqueaderos.	167
Figura 3.89.	Propuesta de distribución de luminarias en la zona de canchas.	168
Figura 3.90.	Propuesta de iluminación para la zona de vías.	168
Figura 3.91	Flujo máximo emitido por las luminarias propuestas.	169
Figura 3.92.	Propuesta de iluminación para la zona Plataforma la mayoría.	170
Figura 3.93.	Alcance de flujo luminoso en la Plataforma La Mayoría.	171
Figura 3.94.	Máximo alcance del flujo luminoso para la Plataforma La Mayoría. ..	172
Figura 3.95.	Propuesta de iluminación para la Plataforma planta.	173
Figura 3.96.	Alcance del flujo luminoso en la Plataforma planta.	174
Figura 3.97.	Alcance máximo del flujo de las luminarias.	175
Figura 3.98.	Propuesta de iluminación para la plataforma zona de servicio, las luminarias corresponden a los puntos presentados.	176
Figura 3.99.	Alcance del flujo luminoso en la Plataforma zona de servicio.....	177
Figura 3.100.	Alcance máximo del flujo luminoso en la Plataforma zona de servicio.	178
Figura 3.101	Propuesta de iluminación para la Plataforma EBAR.....	179

Figura 3.102. Alcance de flujo luminoso en la Plataforma EBAR.	180
Figura 3.103. Alcance máximo del flujo luminoso de la plataforma EBAR.....	181
Figura 3.104. Propuesta de iluminación PTAP.....	182
Figura 3.105. Alcance de flujo luminoso en la PTAP.....	183
Figura 3.106. Alcance máximo de flujo luminoso en la PTAP.	184
Figura 3.107 Propuesta de iluminación PTAR.....	185
Figura 3.108. Alcance de flujo luminoso en la PTAR.....	186
Figura 3.109. Alcance máximo del flujo luminoso en la PTAR.	187
Figura 3.110 Propuesta de iluminación Plataforma de trituración.	188
Figura 3.111 Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma trituración.....	189
Figura 3.112. Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma trituración.....	190
Figura 3.113. Propuesta de iluminación de la Plataforma polvorín.....	191
Figura 3.114 Alcance de flujo luminoso en la Plataforma polvorín.	192
Figura 3.115 Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma polvorín.....	193
Figura 3.116 Propuesta de iluminación en la Plataforma polvorín (depósito k).	195
Figura 3.117 Alcance del flujo luminoso en la Plataforma polvorín (depósito k). ...	196
Figura 3.118 Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma polvorín (depósito k).	197
Figura 3.119 Propuesta de iluminación Plataforma ciclones.	198
Figura 3.120 Alcance del flujo luminoso de la Plataforma ciclones.	199
Figura 3.121 Alcance máximo del flujo luminoso de la plataforma ciclones.	200
Figura 3.122 Propuesta de iluminación para la Plataforma estación terminal.	201
Figura 3.123 Alcance del flujo luminoso de la Plataforma estación terminal.	202
Figura 3.124. Alcance máximo del flujo luminoso de la Plataforma estación terminal.203	
Figura 3.125 Propuesta de iluminación para la Plataforma estación de regulación.204	
Figura 3.126 Alcance del flujo luminoso de la Plataforma estación de regulación. 205	
Figura 3.127 Alcance máximo del flujo luminoso de la Plataforma estación de regulación.	206
Figura 3.128 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Plataformas e infraestructura asociada.....	209
Figura 3.129 Localización general plataformas del proyecto.....	211
Figura 3.130 Esquema del muro en suelo mecánicamente estabilizado	221

Figura 3.131 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Vías.....	223
Figura 3.132 Localización general vías del proyecto.....	226
Figura 3.133 Sección típica vía para construcción – Vías con ancho de 7 metros.....	227
Figura 3.134 Sección típica carriles cambio de velocidad (carriles para acceder y salir a las instalaciones del proyecto).....	229
Figura 3.135 Sección típica vía para operación – Ancho 7,0 m.....	229
Figura 3.136 Sección típica vía para operación – Ancho 8,0 m.....	230
Figura 3.137 Sección típica vía para operación – Ancho de 11,0 m.....	230
Figura 3.138 Sección típica vía para operación – Ancho de 12,0 m.....	231
Figura 3.139 Carril de aceleración	231
Figura 3.140 Longitud mínima del carril de aceleración	232
Figura 3.141 Carril de desaceleración.....	233
Figura 3.142 Longitud mínima del carril de desaceleración.....	233
Figura 3.143 Sección Típica Vía Minera	234
Figura 3.144 Sección típica vía para la comunidad – 7 m	235
Figura 3.145 Camión categoría 3.....	236
Figura 3.146 Esquema del Camión articulado tipo Cat 740.....	237
Figura 3.147 Tractocamión 3S2.....	239
Figura 3.148 Dimensiones Caterpillar 785	240
Figura 3.149 Sección típica vía para operación – Ancho de 11,0 m.....	245
Figura 3.150 Sección típica vía para operación – Ancho de 12,0 m.....	246
Figura 3.151 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Sedimentadores.	312
Figura 3.152 Sedimentador La Colorada	316
Figura 3.153 Distribución Conceptual del Área de Mina.....	318
Figura 3.154 Esquema preliminar área Plataforma Campamentos y Oficinas....	325
Figura 3.155 Diagrama de flujo de procesos PTAP.....	334
Figura 3.156 Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP.....	335
Figura 3.157 Redes de Agua Residual del Campamento ala EBAR 1	337
Figura 3.158 Diagrama de flujo de procesos PTAR	339
Figura 3.159 Planta de Tratamiento de Agua Residual PTAR.....	340

Figura 3.160	Operaciones unitarias de planta – Beneficio y transformación	342
Figura 3.161	Vista Isométrica Planta de Beneficio ubicada en El Balsal	343
Figura 3.162	Flujograma Planta de Beneficio ubicada en El Balsal.....	343
Figura 3.163	Ramal de conexión de la central de generación térmica desde el Sistema Interconectado Nacional	372
Figura 3.164	Ubicación del poste o referencia k65 (no activo) y el poliducto Sebastopol – Medellin-Cartago (LAM0520).	373
Figura 3.165	Redes eléctricas y Central Hidroelectrica La Cascada, interceptadas por el proyecto.....	375
Figura 3.166	Vías (Red Vial Nacional, secundaria y terciarias), carreteables y su intercepción con las áreas del proyecto.	378
Figura 3.167	Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME).	380
Figura 3.168	Localización general depósitos del proyecto	384
Figura 3.169	Esquema general de filtro (sección transversal).....	391
Figura 3.170	Esquema canal en concreto (sección transversal)	393
Figura 3.171	Esquema cunetas en concreto (sección transversal)	395
Figura 3.172	Esquema general de drenajes depósito E y sus respectivas convenciones	396
Figura 3.173	Detalle filtro primario tipo 1	397
Figura 3.174	Planta depósito G con drenajes proyectados	398
Figura 3.175	Planta depósito K con todos sus drenajes.....	399
Figura 3.176	Detalle filtro primario tipo 4.....	400
Figura 3.177	Sección canal tipo C4.....	401
Figura 3.178	Detalles planta drenajes proyectados depósito L	401
Figura 3.179	Detalle filtro primario tipo 2.....	402
Figura 3.180	Detalle cuneta triangular RV2.....	403
Figura 3.181	Detalles planta drenajes proyectados depósito M	403
Figura 3.182	Filtro secundario.....	404
Figura 3.183	Detalles planta drenajes proyectados depósito O.....	405
Figura 3.184	Sección canal tipo C2.....	406
Figura 3.185	Detalles planta drenajes proyectados depósito R.....	407

Figura 3.186	Detalles planta drenajes proyectados depósito W	408
Figura 3.187	Detalles planta drenajes proyectados depósito Guacas WRF	409
Figura 3.188	Detalle filtro primario tipo 3	410
Figura 3.189	Detalle cuneta triangular RV1	410
Figura 3.190	Detalles planta drenajes proyectados depósito El Torito	411
Figura 3.191	Perfil longitudinal típico de un canal perimetral.....	412
Figura 3.192	Llave protección socavación	412
Figura 3.193	Depósito revegetalizado	413
Figura 3.194	Localización en planta de la ZODME (Depósito) E con las secciones de interés para el análisis geotécnico	415
Figura 3.195	Localización en planta de la ZODME (Depósito) G con las secciones de interés para los análisis geotécnicos.....	416
Figura 3.196	Localización en planta de la ZODME (Depósito) K con las secciones de interés para los análisis geotécnicos.....	417
Figura 3.197	Localización en planta de la ZODME (Depósito) L con la sección de interés para el análisis geotécnico	418
Figura 3.198	Localización en planta de la ZODME (Depósito) M con la sección de interés para el análisis geotécnico	419
Figura 3.199	Localización en planta de la ZODME (Depósito) O con las secciones de interés para los análisis geotécnicos.....	420
Figura 3.200	Localización en planta de la ZODME (Depósito) R con las secciones de interés para el análisis geotécnico	421
Figura 3.201	Localización en planta de la ZODME (Depósito) W con las secciones de interés para el análisis geotécnico	422
Figura 3.202	Localización en planta de la ZODME (Depósito) Guacas WRF con las secciones de interés para el análisis geotécnico.....	423
Figura 3.203	Localización en planta de la ZODME (Depósito) El Torito con las secciones de interés para el análisis geotécnico.....	424
Figura 3.204	Depósito clausurado	432
Figura 3.205	Generación de residuos área de mantenimiento de vehículos	463
Figura 3.206	Código de colores establecido en la resolución 2184 de 2019	467
Figura 3.207	Centro de acopio de residuos.....	471
Figura 3.208	Matriz de compatibilidad para el almacenamiento de los residuos peligrosos	472

Figura 3.209	Modelo de compostera.....	473
Figura 3.210	Cronograma general del Proyecto Gramalote Construcción y Montaje y Operación.....	477
Figura 3.211	Cronograma general del Proyecto Gramalote Cierre.....	478

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1	Vía San Antonio	37
Fotografía 3.2	Vía San Antonio	37
Fotografía 3.3	Vía a El Balsal, rieles en pendiente alta	39
Fotografía 3.4	Vía al Balsal, Batea.....	39
Fotografía 3.5	Vía al Balsal.....	40
Fotografía 3.6	Vía al Cerro Gramalote	42
Fotografía 3.7	Vía al predio El Torito.....	45
Fotografía 3.8	Vía al predio El Torito. Conexión Ruta Nacional 62.....	45
Fotografía 3.9	Vía a Cristales.....	47
Fotografía 3.10	Vía a Cristales.....	47
Fotografía 3.11	Vía quebrada La Palestina	49
Fotografía 3.12	Vía quebrada La Palestina	49
Fotografía 3.13	Equipos Mineros Principales preseleccionados (Equipos finales serán de tipo/capacidades similares)	147
Fotografía 3.14	Imagen del Camión articulado tipo Cat 740.....	237
Fotografía 3.15	Vehículo de diseño vías Mineras.....	240
Fotografía 3.16	Canales escalonados en concreto reforzados para depósitos	392
Fotografía 3.17	Cunetas en concreto para las bermas de los depósitos	394

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE.

ATENCION A REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN ADICIONAL ACTA 30 DE 30 DE JUNIO DE 2026

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote corresponde a una actividad minera que, por su escala y características técnicas se encuentra sujeta al régimen de licenciamiento ambiental de competencia nacional, conforme con lo establecido por el Decreto 1076 de 2015. De acuerdo con lo anterior, el proyecto minero cuenta con Licencia Ambiental, otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, mediante la Resolución No. 1514 de 25 de noviembre de 2016, modificada por la Resolución No. 309 de 29 de marzo de 2016 a través de la cual se resolvió el recurso de reposición interpuesto contra la misma; además modificada por la Resolución No. 782 de 8 de mayo de 2019, por solicitud del titular del instrumento.

Con posterioridad al otorgamiento de la licencia y su modificación, el avance en los análisis técnicos, operativos y territoriales evidenció la necesidad de ajustar el Plan de Trabajo y Obras (PTO), así como la disposición espacial de los componentes del proyecto. Dichos ajustes responden a la optimización de los diseños mineros y de infraestructura, lo que implica además cambios en el uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales y en la magnitud de los impactos ambientales significativos previamente evaluados y aprobados por la ANLA, sin que ello implique la generación de nuevos impactos ambientales, lo que de acuerdo con lo establecido en los numerales 1, 2, 3 y 4 del artículo 2.2.2.3.7.1. del Decreto 1076 de 2015 implica el trámite de solicitud de modificación de la licencia ambiental del proyecto.

Dichas modificaciones se enmarcan en los supuestos normativos aplicables a este tipo de trámite, asociados a la modificación de las condiciones del proyecto, obras y/o actividades, a la afectación y/o aprovechamiento de recursos naturales adicionales no contemplados inicialmente en el proyecto, a la variación en las condiciones de uso y/o afectación de los recursos naturales autorizados, a la modificación del área licenciada, así como a la modificación y/o devolución de permisos, y autorizaciones de intervención de áreas que no serán objeto de intervención por la optimización citada con anterioridad.

Estas modificaciones optimizan y aumentan la factibilidad del proyecto, con una disminución de la huella y un menor impacto ambiental (Figura 3.1). En general, los principales cambios

están relacionados con ajustes en el plan minero, diseño de la explotación y emplazamiento de estériles y materiales de baja ley. La optimización de los diseños conllevó la reconfiguración de vías mineras para la reducción de las distancias de los acarreos, la disminución de depósitos de material sobrante de excavación (ZODME) y el ajuste y relocalización de plataformas e instalaciones auxiliares y de apoyo (Ver plano I-P-0010719-VI-DG-GEN-010, Planta General del Proyecto).

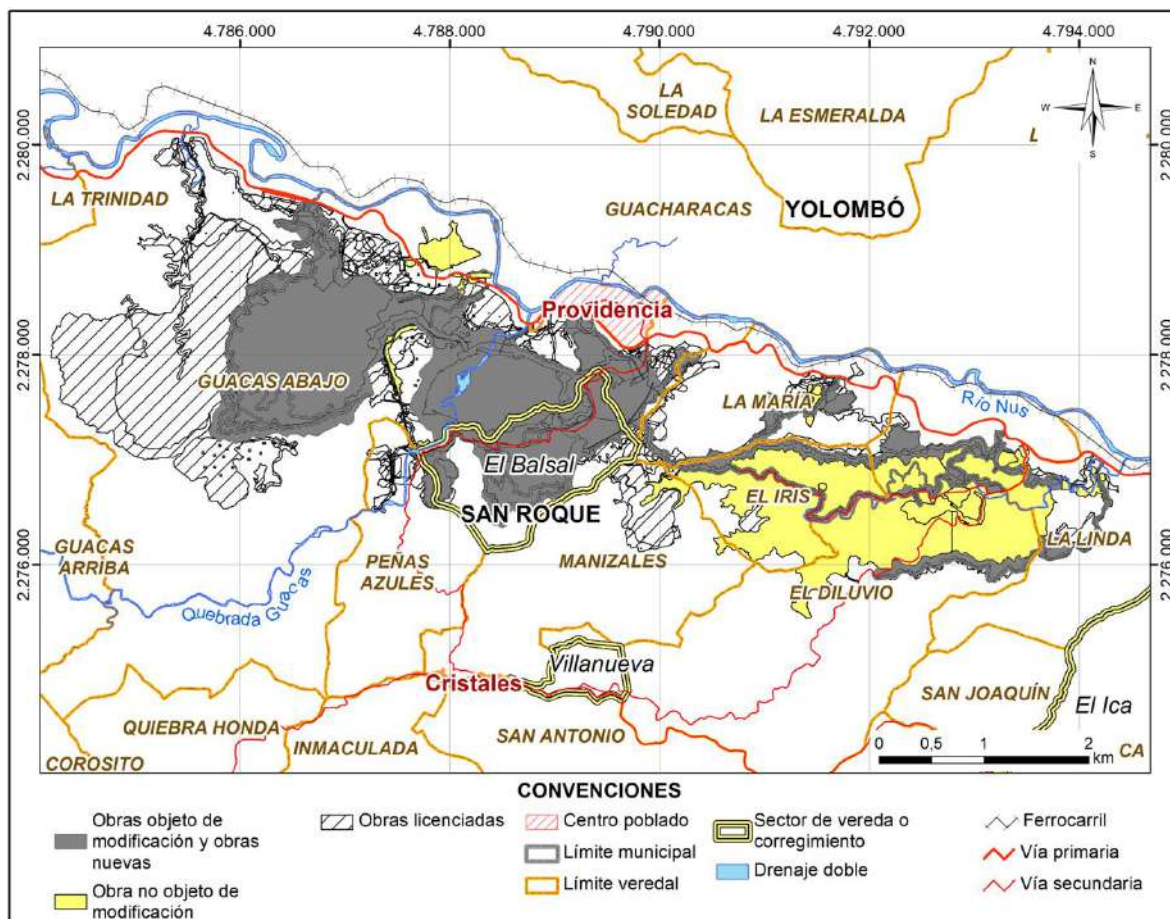


Figura 3.1 Obras Licenciadas Vs. Obras de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En la Tabla 3.1 se presentan las principales modificaciones propuestas con relación a la Licencia Ambiental aprobada.

Tabla 3.1 Resumen de las **principales modificaciones** con relación al proyecto licenciado

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Tajos (Frentes de explotación)	Tajo Gramalote Tajo Gramalote Satélite Tajo Monjas	Tajo Gramalote
Almacenamiento de estériles y Depósitos de materiales explotables	Depósito de Estériles (Cuencas quebradas El Topacio, El Banco y San Antonio) Depósitos de Óxidos 1 (Batea) y Óxidos 2 (El Banco) Depósito de Baja Ley (El Banco) Depósito de Baja Ley (El Banco)	Depósito San Antonio (Cuencas quebradas El Banco y San Antonio) Depósito El Balsal (Cuenca quebrada El Balsal)
Plataforma Trituración	Predio San Antonio Lote Uno. Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote	Predios El Balsal. Ubicada al Este del Tajo Gramalote
Ubicación Planta de beneficio	Predio El Banco. Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote	Predios La Colorada Lote 2 y El Balsal. Ubicada al Este del Tajo Gramalote
Capacidad Planta de beneficio	19 Mtpa (Capacidad nominal anual)	6 Mtpa (Sólo circuito de sulfuros)
Mineral Tratado	156 Mt (total óxidos más sulfuros)	76,7 Mt
Procesamiento	Trituración, Molienda, Flotación, Lixiviación CIP, Recuperación, Regeneración de carbón, Fundición, Detoxificación. (Circuitos de Óxidos y Sulfuros)	Trituración, Molienda, Flotación, Lixiviación CIP, Recuperación, Regeneración de carbón, Fundición, Detoxificación. (Sólo circuito de Sulfuros)
Zona de servicios mineros (talleres, bodegas, etc.)	Área Integrada de Operaciones (Predio El Banco. Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote)	Plataforma Zona de Servicios (Predio El Balsal. Ubicada al Este del Tajo Gramalote)
Vías / Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME)	~32 km de vías 14 ZODME	~25.5 km de vías (-20%) 10 ZODME
Otras Plataformas e Infraestructura asociada	Portería (Predio El Banco)	Portería: Plataforma La Mayoría (Predio La Mayoría)
	Campamento (Predio El Banco)	Campamentos y Oficinas (Predio La Mayoría)

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
	Polvorín (Predio Peñas Azules)	Plataformas Polvorín 1 (Construcción) y Polvorín 2 (Operación) (Predio El Balsal)
	Ciclones: 1 Plataforma	Ciclones: 3 Plataforma
Sedimentadores y obras anexas	9 sedimentadores	Optimizados: 2 Sedimentadores No Objeto de Modificación: 2 Sedimentadores Nuevo: 1 Sedimentador
Realineación de la quebrada Guacas	Túnel de desvío Guacas / Canal Desviación Guacas	Obras No Objeto de Modificación
Manejo de Relaves o Colas	Ubicada en la cuenca de la quebrada La Palestina	Obra No Objeto de Modificación
Canteras	3 canteras	1 cantera: No Objeto de Modificación 2 canteras: Objeto de Devolución
Cronograma (Etapas)	Construcción y montaje: 2,5 años Operación: 12 años Cierre y Post-cierre: 7,5 años	Construcción y montaje: 2,5 años Operación: 13 años (Incluye 3 años de sólo procesamiento) Cierre y Post-cierre: 7,5 años
Producción:		
Oro producido:	3,85 Moz	2,26 Moz
Plata producido:	2,4 Moz	1,01 Moz

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Con base en la revisión integral del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote y de la huella asociada a los componentes evaluados en la modificación propuesta, se identificaron obras objeto de modificación, obras no objeto de modificación y obras nuevas a desarrollar.

Las obras clasificadas como **obras objeto de modificación** corresponden a aquellas que presentan ajustes en su localización, geometría, extensión o configuración funcional, derivados del rediseño del Plan de Trabajo y Obras, del avance a nivel de ingeniería de factibilidad o de rediseños específicos, así como de estrategias particulares del proyecto; mientras que las **obras nuevas** están relacionadas con obras que en la licencia actual no son contempladas en esta localización y/o especificaciones. Por su parte, las **obras no objeto de modificación** corresponden a infraestructuras cuyos diseños, especificaciones técnicas y huella espacial se mantienen conforme a lo aprobado en la licencia ambiental vigente, sin introducir variaciones que impliquen cambios en estas (Ver Figura 3.2 y Tabla 3.2).

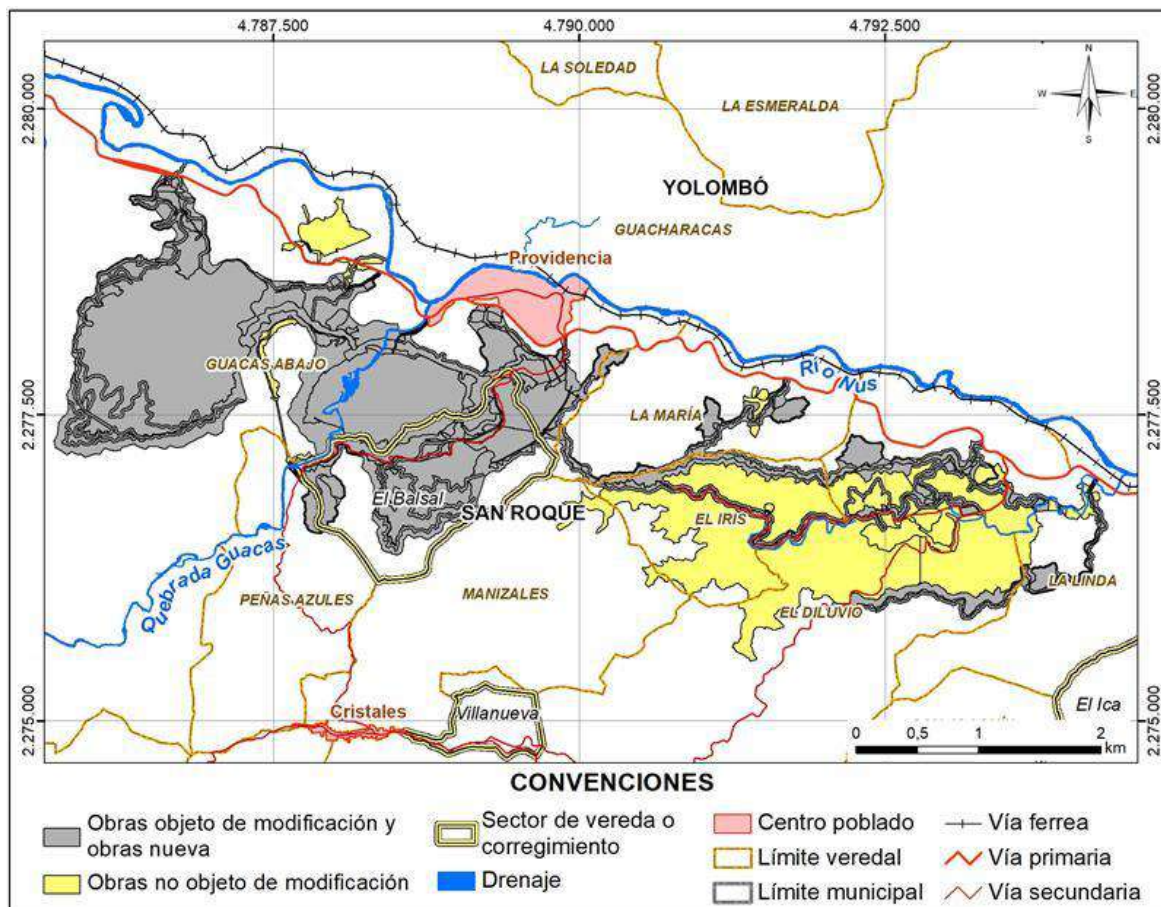


Figura 3.2 Obras objeto de la modificación, obras no objeto de la modificación y obras nuevas de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote

Fuente: Integral S.A, 2025, con información de Gramalote Colombia Limited

Tabla 3.2 Obras **objeto de modificación**, obras **no objeto de modificación**, obras nuevas y obras para devolución de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote

N°	Obras/Infraestructura		Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
1	Vías Topacio, San Antonio, Basal, Cerro Gramalote, PCH La Cascada, vía predio Torito y vía quebrada Palestina hacia el Trapiche.		R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
2	Vía a Cristales		R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Vía Sustitutiva Cristales
3	Vías para construcción:	Vía 1	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía de Acceso Este a Estación Terminal	--
		Vía 2	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Presa de Colas Sur
		Vía 2A	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Decantación
		Vía 2B	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 2B1	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 2C	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 2D	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 3	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía de Acceso Este a Estación Terminal
		Vía 4	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 7	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía El Balsal existente	--
		Vía 7A	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía El Balsal existente	--
		Vía 8	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía El Balsal existente
		Vía 8A	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Bocatoma
		Vía 9	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Vía 9A	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 9B	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 10	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Bocatoma	--
		Vía 11	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 12	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía La Bateíta	--
		Vía 13	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Sedimentador El Banco	--
Vía 14	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--		

N°	Obras/Infraestructura	Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
	Vía Piscina Colectora	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Filtración	--
	Vía Cajón Distribuidor	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Presa de Colas Norte	--
	Vía Ciclón	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Filtración
	Vía Polvorín	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Bocatoma	--
	Vía Planta Transferencia	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Bocatoma	--
	Vía Polvorín - Captación	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Bocatoma	--
	Vía Deposito D	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía El Balsal existente	--
	Vía Deposito K	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Vía Depósito K
	Vía Minera 1	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Minera ROM
	Vía Minera 2	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Minera San Antonio
	Vía Minera 3	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
	Vía Minera 5	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
	Vía Minera 6	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
	Vía Minera 7	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
	Vía Minera 8	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
	Vía Minera 9	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
	Vía Pionera (Ramal Oeste)	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
	Vía Pionera (Ramal Este)	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
	Vía Planta Sedimentador	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Sedimentador El Banco	--
	Vía Planta de Concreto	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
	Vía Presa de Colas 1	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Presa de Colas Norte
	Vía Presa de Colas 2	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Acceso El Torito
	Vía Presa de Colas 3	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
	Vía Portal Aguas Abajo Túnel de Decantación	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Depósito El Torito
	Acceso Depósito E1	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
	Acceso construcción AIO	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Acceso construcción planta	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Acceso a portería	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Acceso
	Vía Campamentos La Perla	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado

N°	Obras/Infraestructura		Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
		Vía Cristales - El Iris	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Sedimentador El Banco
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Cresta Sedimentador El Banco
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Sedimentador San Antonio
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Cresta Sedimentador San Antonio
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía La Bateíta
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Carriles cambio de velocidad vía Acceso
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Sedimentador La Colorada
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Acceso Palestina
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Plataforma Ciclones
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vía Ciclones Baja
4	Vías para operación configuración inicial:	Vía Minera 1	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
		Vía 1	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía de Acceso Este a Estación Terminal	--
		Vía 6B	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 13	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Sedimentador El Banco	--
		Vía 14	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 16	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 17	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 17A	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 18	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 18A	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 18B	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 19	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
		Vía 21	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 23	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Vía 24	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--

N°	Obras/Infraestructura		Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
		Vía 26	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 27	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Sedimentador Monjas	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Acceso Depósito E1	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Acceso construcción AIO	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
5	Vías para operación configuración final:	Vía 6B	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 13	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Sedimentador El Banco	--
		Vía 14	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 16	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 17	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 17A	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 18	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Vía 19	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
		Vía 20	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 21	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 23	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Vía 24	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 26	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Vía 27	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Vía Minera 10A	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera ROM	--
		Vía Minera 10B	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vía Depósito E
		Vía Minera 4	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Minera San Antonio	--
		Acceso Depósito E1	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
			Acceso construcción AIO	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación
	Modificación de la vía Nacional 62		R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado

N°	Obras/Infraestructura		Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
6	Plataformas e infraestructura asociada a ellas	Canal permanente de aguas de no contacto	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Canales de aguas de no contacto y Contacto San Antonio	--
		Canal temporal de aguas de no contacto	R-00782	Objeto de Modificación		
		Canal de aguas de no contacto al río Nus	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 1
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 2
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 3
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 4
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 5
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 6
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 7
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de no contacto San Antonio 8
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 1
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 2
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 3
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 4
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 5
					Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 6
Cambio de especificaciones y nombre	Canal de aguas de contacto San Antonio 7					
Área Integrada de Operaciones	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Plataforma Zona de Servicio		
Bombeo pozo de recolección de infiltraciones	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vía Filtración	--		

N°	Obras/Infraestructura	Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
	Captación	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Bocatoma	--
	Desarenador	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Bocatoma	--
	Plataforma San Antonio	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Plataforma Zona de Servicio	--
	Plataforma de trituración	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Plataforma Trituración
	Plataforma de concreto	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Plataforma Trituración	--
	Facilidades Mineras	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Plataforma Campamentos y Oficinas
	Portería	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Plataforma La Mayoría
	Campamento El Torito	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito El Torito	--
	Planta de transferencia	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Plataforma Polvorín 2 (Operación)	--
	Campamento La Perla	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
	Red de conducción de agua cruda	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Bocatoma	--
	Plataforma PTAR 1	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Plataforma Zona Residuos	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Plataforma Zona Polvorín Planta	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Plataforma Polvorín 2 (Operación)
	Zona de Ciclonado	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Plataforma Ciclonos
	PTAP	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	PTAP
	Tanque descarga	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	PTAR
	Planta de Acopio, Trituración y Concretos Inicial	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Planta de Acopio, Trituración y Concretos Cantera	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Plazoletas	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Áreas de Servicio	--
	Plazoleta de construcción constructores	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Áreas de Servicio	--
	Plazoleta de construcción temporales	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Áreas de Servicio	--
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Bocatoma
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Plataforma La Mayoría Construcción
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Plataforma EBAR

N°	Obras/Infraestructura	Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Tubería EBAR
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Plataforma Polvorín 1 (Construcción)
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Plataforma estación de regulación
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Plataforma estación terminal
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 1
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 2
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 3
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 4
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 5
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 6
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 7
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 8
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 9
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 10
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 11
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de servicio 12
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de no contacto El Balsal 1
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de no contacto El Balsal 2
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de no contacto El Balsal 3
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de no contacto El Balsal 4
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de contacto El Balsal 1
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de contacto El Balsal 2
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal de aguas de contacto El Balsal 3
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal Vía Bocatoma
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal La Colorada
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal Perimetral La Colorada
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal San Antonio - Guacas
7	Atagüa y tubería de desviación	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
8	Presa de Arranque (colas)	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
9	Presa Guacas	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado

N°	Obras/Infraestructura		Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
10	Túnel de desvío Guacas		R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
11	Canal Desviación Guacas		R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
12	Helipuerto		R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
13	Presas y sedimentadores a construir tanto en la etapa de Construcción y Montaje como en la de Operación	Área de manejo de colas	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Pozo de recolección de infiltraciones	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Poza de atenuación	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Sedimentador El Banco	--
		Presa sedimentador planta de proceso	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Presa sedimentador San Antonio	--
		Presa sedimentador campamento	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Presa sedimentador Este del depósito de estériles	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Presa sedimentador El Banco
		Presa sedimentador monja	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Presa sedimentador Oeste depósito de estériles	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Presa sedimentador El Banco	--
		Presa sedimentador presa de colas	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Presa sedimentador plataforma minera	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vertedero sedimentador La Colorada
		Presa sedimentador Tajo Gramalote	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Vertedero sedimentador La Colorada	--
		Presa de poza de atenuación	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Presa sedimentador El Banco	--
		Sedimentador Planta de procesos	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Sedimentador El Banco	--
		Sedimentador campamento	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
		Sedimentador Este del depósito de estériles	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Sedimentador El Banco
		Sedimentador Monjas	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Sedimentador Oeste depósito de estériles	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Sedimentador El Banco	--
		Sedimentador presa de colas	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado

N°	Obras/Infraestructura	Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
	Sedimentador plataforma minera	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Sedimentador La Colorada
	Sedimentador Tajo Gramalote	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Sedimentador La Colorada	--
	Vertedero de emergencia sedimentador campamento	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
	Vertedero de emergencia Este del depósito de Estériles	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Vertedero de emergencia sedimentador El Banco
	Vertedero de emergencia Oeste del depósito de Estériles	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vertedero de emergencia sedimentador El Banco	--
	Vertedero de emergencia sedimentador monjas	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Vertedero de emergencia sedimentador presa de colas	R-00782	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
	Vertedero de emergencia planta de procesos	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Vertedero de emergencia sedimentador El Banco	--
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Presa sedimentador San Antonio
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Sedimentador San Antonio
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Vertedero de emergencia sedimentador San Antonio
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Presa sedimentador La Colorada
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal descarga sedimentador La Colorada
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal descarga sedimentador San Antonio
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Canal descarga sedimentador El Banco
14	Almacenamiento de chatarra	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
15	Depósitos de material	Deposito A	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito Guacas WRF
		Deposito B	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito Guacas WRF

Nº	Obras/Infraestructura		Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
	sobrante de excavación	Deposito C	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito W	--
		Deposito D	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito K	--
		Deposito D1	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito E	--
		Deposito E	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Deposito E
		Deposito F	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito E	--
		Deposito G	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Deposito G
		Deposito H	R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
		Deposito I	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito K	--
		Deposito J	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito K	--
		Deposito K	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Deposito K
		Deposito L	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Deposito L
		Deposito M	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Deposito M
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Depósito Guacas WRF
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Depósito W
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Deposito R
		--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Depósito El Torito
--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Depósito O		
16	Tajo Gramalote		R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Tajo Gramalote
	Tajo Gramalote Satélite		R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Tajo Monjas		R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
16A	Retrollenado tajo Gramalote Satélite		R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Retrollenado tajo Monjas		R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
17	Cantera este 1		R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Cantera oeste 2		R-1514	Objeto de Devolución / Exclusión	Obra de devolución o exclusión para la Modificación	--
	Cantera Golder 3		R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
18	Depósito de Estériles		R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Depósito San Antonio
	--		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Depósito El Balsal
19	Depósito Baja Ley		R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito El Balsal	--
19A	Depósito Alta Ley		R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito El Balsal	--
20	Depósito Óxidos 1		R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito El Balsal	--

N°	Obras/Infraestructura	Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
20A	Depósito Óxidos 2	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio por Depósito El Balsal	--
21	Presa de colas	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
22	Planta de beneficio y transformación	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones y nombre	Plataforma Planta
23	Áreas de movilidad y multipropósito	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 1
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 2
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 3
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 4
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 5
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 6
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 7
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 8
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 9
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 10
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 11
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 12
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 13
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 14
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 15
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 16
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 17
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 18
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 19
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 20
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 21
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 22
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 23
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 24
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 25
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 26
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 27
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 28
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 29
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 30
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 31
		--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 32

N°	Obras/Infraestructura	Acto Admo	Modificación	Cambio	Obras/Infraestructura para la Modificación
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 33
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 34
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 35
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 36
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 37
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 38
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 39
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 40
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 41
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 42
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 43
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 44
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 45
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 46
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 47
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 48
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 49
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 50
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 51
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 52
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 53
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 54
	--	--	Obra Nueva	Obra nueva para la Modificación	Área de movilidad y multipropósito 55

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Si bien las obras clasificadas como no objeto de modificación mantienen su localización, diseño y especificaciones técnicas conforme a lo aprobado en la licencia ambiental vigente, estas se incluyen en el análisis de aprovechamiento forestal del presente estudio debido a la actualización de los insumos bióticos asociados al área de intervención. En particular, las coberturas y volúmenes de aprovechamiento forestal estimados para dichas áreas presentan variaciones respecto a los aprobados inicialmente, como resultado del crecimiento natural de los individuos arbóreos y, por ende, del incremento en el volumen maderable disponible. En este sentido, la incorporación de las obras no objeto de modificación en este estudio no obedece a cambios en la huella o en el diseño de las infraestructuras, sino a la necesidad de reflejar de manera técnica las condiciones reales del componente biótico, garantizando consistencia entre la evaluación ambiental, los volúmenes de aprovechamiento forestal y la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental.

De acuerdo con lo anterior y con el propósito de dar mayor claridad, a continuación, se presenta la relación de las obras e infraestructura que continúan conforme a lo autorizado mediante el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y/o el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 00782 de 2019; y que no son objeto de modificación.

Tabla 3.3 Obras e infraestructura que continúan conforme a lo autorizado mediante el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y/o el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 00782 de 2019 y que no son objeto de modificación

N°	Obras/Infraestructura		Estado		Especificaciones
			Existente	Proyectada	
1	Vías Topacio, San Antonio, Basal, Cerro Gramalote, PCH La Cascada, vía predio Torito y vía quebrada Palestina hacia el Trapiche.		X		De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
3	Vías para construcción:	Vía 9		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
		Acceso Depósito E1		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018
		Vía Campamentos La Perla		X	
4	Vías para operación configuración inicial:	Vía 23		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
		Vía 27		X	
		Acceso Depósito E1		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA

N°	Obras/Infraestructura		Estado		Especificaciones
			Existente	Proyectada	
					MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018
5	Vías para operación configuración final:	Vía 23		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
		Vía 27		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018
		Acceso Depósito E1		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018
	Modificación de la vía Nacional 62			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
6	Plataformas e infraestructura asociada a ellas	Campamento La Perla		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018
7	Atagüa y tubería de desviación			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
8	Presa de Arranque			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
9	Presa Guacas			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
10	Túnel de desvío Guacas			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
11	Canal Desviación Guacas			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
12	Helipuerto			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015

N°	Obras/Infraestructura		Estado		Especificaciones
			Existente	Proyectada	
13	Presas y sedimentadores para construir tanto en la etapa de Construcción y Montaje como en la de Operación	Área de manejo de colas		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
		Presa sedimentador campamento		X	
		Sedimentador campamento		X	
		Pozo de recolección de infiltraciones		X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018
		Presa sedimentador presa de colas		X	
		Sedimentador presa de colas		X	
		Vertedero de emergencia del sedimentador campamento		X	
		Vertedero de emergencia sedimentador presa de colas		X	
17	Cantera Golder 3			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015
21	Presa de colas			X	De acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Teniendo en cuenta que con ocasión de la modificación ya no serán intervenidas por el proyecto algunas obras e infraestructura, éstas son objeto de devolución y/o exclusión, y se relacionan a continuación.

Tabla 3.4 Obras e infraestructura autorizadas mediante el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y/o el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 00782 de 2019; y que son objeto de **devolución y/o exclusión** en el trámite de modificación

N°	Obras/Infraestructura
3	Vía 2B
	Vía 2B1
	Vía 2C
	Vía 2D
	Vía 4
	Vía 11
	Acceso construcción AIO
	Acceso construcción planta

N°	Obras/Infraestructura
	Vía Cristales - El Iris
4	Vías para operación configuración inicial:
	Vía 6B
	Vía 16
	Vía 17
	Vía 17A
	Vía 21
	Vía 24
	Vía 26
	Vía Sedimentador Monjas
	Acceso construcción AIO
5	Vías para operación configuración final:
	Vía 6B
	Vía 16
	Vía 17
	Vía 17A
	Vía 20
	Vía 21
	Vía 24
	Vía 26
	Acceso construcción AIO
6	Plataformas e infraestructura asociada a ellas
	Plataforma PTAR 1
	Plataforma Zona Residuos
	Planta de Acopio, Trituración y Concretos Inicial
	Planta de Acopio, Trituración y Concretos Cantera
13	Presas y sedimentadores para construir tanto en la etapa de Construcción y Montaje como en la de Operación
	Presa sedimentador monja
	Sedimentador Monjas
	Vertedero de emergencia sedimentador monjas
14	Almacenamiento de chatarra
15	Depósitos de material sobrante de excavación
	Deposito H
16	Tajo Gramalote Satélite
	Tajo Monjas
16A	Retrolleado tajo Gramalote Satélite
	Retrolleado tajo Monjas
17	Cantera este 1
	Cantera oeste 2

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

A continuación, se presenta el detalle de las obras e infraestructura nuevas o que requieren modificación respecto a lo autorizado mediante el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, modificado por el artículo segundo de la Resolución 0309 de 2016 y/o el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 00782 de 2019; y que por ende son objeto de modificación de la licencia del Proyecto.

Tabla 3.5 Obras e infraestructura objeto de modificación de la licencia ambiental del Proyecto

N°	Obras/Infraestructura	Estado		Especificaciones
		Existente	Proyectada	
2	Vía Sustitutiva Cristales		X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.2. Infraestructura de transporte del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental

N°	Obras/Infraestructura	Estado		Especificaciones
		Existente	Proyectada	
3	Vías	Vía Sedimentador El Banco	X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.2. Infraestructura de transporte del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Vía Cresta Sedimentador El Banco	X	
		Vía Sedimentador San Antonio	X	
		Vía Cresta Sedimentador San Antonio	X	
		Vía La Bateña	X	
		Carriles cambio de velocidad vía Acceso	X	
		Vía Acceso	X	
		Vía El Balsal existente	X	
		Vía Bocatoma	X	
		Vía Depósito K	X	
		Vía Depósito E	X	
		Vía Sedimentador La Colorada	X	
		Vía Acceso El Torito	X	
		Vía Depósito El Torito	X	
		Vía Acceso Palestina	X	
		Vía Presa de Colas Norte	X	
		Vía Presa de Colas Sur	X	
		Vía Decantación	X	
		Vía Cantera	X	
		Vía Filtración	X	
		Vía de Acceso Este a Estación Terminal	X	
		Vía Plataforma Ciclones	X	
		Vía Ciclones Baja	X	
		Vía Minera ROM	X	
		Vía Minera San Antonio	X	
6	Plataformas e infraestructura asociada a ellas	Plataforma La Mayoría Construcción	X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.1.1. Plataformas e infraestructura asociada del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Plataforma La Mayoría	X	
		Plataforma Campamentos y Oficinas	X	
		Plataforma Trituración	X	
		Plataforma Zona de Servicio	X	
		Plataforma Polvorín 1 (Construcción)	X	
		Plataforma Polvorín 2 (Operación)	X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.1.1. Plataformas e infraestructura asociada del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Plataforma Ciclones	X	
		Plataforma estación de regulación	X	
		Plataforma estación terminal	X	
		Bocatoma	X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.3. Instalaciones auxiliares del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Plataforma EBAR	X	
		Tubería EBAR	X	
		PTAP	X	
		PTAR	X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.1.1. Plataformas e infraestructura asociada del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Área de servicio 1	X	
		Área de servicio 2	X	
		Área de servicio 3	X	
		Área de servicio 4	X	
		Área de servicio 5	X	
		Área de servicio 6	X	

N°	Obras/Infraestructura	Estado		Especificaciones
		Existente	Proyectada	
	Área de servicio 7		X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.1.4.4. del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
	Área de servicio 8		X	
	Área de servicio 9		X	
	Área de servicio 10		X	
	Área de servicio 11		X	
	Área de servicio 12		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 1		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 2		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 3		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 4		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 5		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 6		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 7		X	
	Canal de aguas de no contacto San Antonio 8		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 1		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 2		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 3		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 4		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 5		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 6		X	
	Canal de aguas de contacto San Antonio 7		X	
	Canal de aguas de no contacto El Balsal 1		X	
	Canal de aguas de no contacto El Balsal 2		X	
	Canal de aguas de no contacto El Balsal 3		X	
	Canal de aguas de no contacto El Balsal 4		X	
	Canal de aguas de contacto El Balsal 1		X	
	Canal de aguas de contacto El Balsal 2		X	
	Canal de aguas de contacto El Balsal 3		X	
	Canal Vía Bocatoma		X	
	Canal La Colorada		X	
	Canal Perimetral La Colorada		X	
	Canal San Antonio - Guacas		X	

N°	Obras/Infraestructura		Estado		Especificaciones
			Existente	Proyectada	
13	Presas y sedimentadores a construir tanto en la etapa de Construcción y Montaje como en la de Operación	Presa sedimentador El Banco		X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.2.7 Sedimentadores del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Sedimentador El Banco		X	
		Vertedero de emergencia sedimentador El Banco		X	
		Presa sedimentador San Antonio		X	
		Sedimentador San Antonio		X	
		Vertedero de emergencia sedimentador San Antonio		X	
		Presa sedimentador La Colorada		X	
		Sedimentador La Colorada		X	
		Vertedero sedimentador La Colorada		X	
		Canal descarga sedimentador La Colorada		X	
		Canal descarga sedimentador San Antonio		X	
		Canal descarga sedimentador El Banco		X	
15	Depósitos de material sobrante de excavación	Deposito E		X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.6.1.1. Diseño de depósitos del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Deposito G		X	
		Deposito K		X	
		Deposito L		X	
		Deposito M		X	
		Depósito O		X	
		Deposito R		X	
		Depósito W		X	
		Depósito Guacas WRF		X	
		Depósito El Torito		X	
16	Tajo Gramalote			X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.1.1. Diseño geométrico de la explotación del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
18	Depósito San Antonio			X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.1.4. Depósitos de estériles y acopio de mineral del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
	Depósito El Balsal			X	
22	Plataforma Planta			X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.1.1. Plataformas e infraestructura asociada del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
23	Áreas de movilidad y multipropósito	Área de movilidad y multipropósito 1		X	Según las especificaciones técnicas descritas en el numeral 3.3.2.1.2. Área de movilidad y multipropósito del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
		Área de movilidad y multipropósito 2		X	
		Área de movilidad y multipropósito 3		X	
		Área de movilidad y multipropósito 4		X	
		Área de movilidad y multipropósito 5		X	
		Área de movilidad y multipropósito 6		X	
		Área de movilidad y multipropósito 7		X	
		Área de movilidad y multipropósito 8		X	
		Área de movilidad y multipropósito 9		X	

N°	Obras/Infraestructura	Estado		Especificaciones
		Existente	Proyectada	
	Área de movilidad y multipropósito 10		X	
	Área de movilidad y multipropósito 11		X	
	Área de movilidad y multipropósito 12		X	
	Área de movilidad y multipropósito 13		X	
	Área de movilidad y multipropósito 14		X	
	Área de movilidad y multipropósito 15		X	
	Área de movilidad y multipropósito 16		X	
	Área de movilidad y multipropósito 17		X	
	Área de movilidad y multipropósito 18		X	
	Área de movilidad y multipropósito 19		X	
	Área de movilidad y multipropósito 20		X	
	Área de movilidad y multipropósito 21		X	
	Área de movilidad y multipropósito 22		X	
	Área de movilidad y multipropósito 23		X	
	Área de movilidad y multipropósito 24		X	
	Área de movilidad y multipropósito 25		X	
	Área de movilidad y multipropósito 26		X	
	Área de movilidad y multipropósito 27		X	
	Área de movilidad y multipropósito 28		X	
	Área de movilidad y multipropósito 29		X	
	Área de movilidad y multipropósito 30		X	
	Área de movilidad y multipropósito 31		X	
	Área de movilidad y multipropósito 32		X	
	Área de movilidad y multipropósito 33		X	
	Área de movilidad y multipropósito 34		X	
	Área de movilidad y multipropósito 35		X	
	Área de movilidad y multipropósito 36		X	
	Área de movilidad y multipropósito 37		X	
	Área de movilidad y multipropósito 38		X	
	Área de movilidad y multipropósito 39		X	
	Área de movilidad y multipropósito 40		X	
	Área de movilidad y multipropósito 41		X	
	Área de movilidad y multipropósito 42		X	
	Área de movilidad y multipropósito 43		X	
	Área de movilidad y multipropósito 44		X	
	Área de movilidad y multipropósito 45		X	
	Área de movilidad y multipropósito 46		X	
	Área de movilidad y multipropósito 47		X	
	Área de movilidad y multipropósito 48		X	
	Área de movilidad y multipropósito 49		X	
	Área de movilidad y multipropósito 50		X	
	Área de movilidad y multipropósito 51		X	
	Área de movilidad y multipropósito 52		X	
	Área de movilidad y multipropósito 53		X	
	Área de movilidad y multipropósito 54		X	
	Área de movilidad y multipropósito 55		X	

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Por otro lado, algunas de las actividades del proyecto Gramalote autorizadas en la licencia vigente del proyecto, a través del numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y/o el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019, requieren ser modificadas.

Tabla 3.6 Relación de las actividades del Proyecto Gramalote autorizadas en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015 y el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019 Vs. Modificación de la licencia en trámite

N°	Actividades	Acto Admo	Modificación	Cambio	Actividades para la Modificación
1	Reasentamiento	R-01447	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
2	Exploración adicional y de avanzada	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
3	Desvío de la quebrada Guacas	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
4	Desvío vía Cristales	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
5	Trabajos de extracción	R-1514	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Trabajos de extracción
6	Proceso de beneficio y transformación de minerales	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Proceso de beneficio y transformación de minerales
7	Tratamiento de colas	R-1514	No Objeto de Modificación	No presenta cambios para la Modificación	Continúan conforme a lo autorizado
8	Remanejo de materiales	R-00782	Objeto de Modificación	Cambio de especificaciones	Remanejo de materiales
9	Retrollenado	R-00782	Objeto de Devolución / Exclusión	Actividad de devolución o exclusión para la Modificación	--

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

De acuerdo con lo anterior y con el propósito de dar mayor claridad, a continuación, se presenta la relación de las actividades que continúan conforme a lo autorizado mediante el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, modificado por el Artículo Primero de la resolución 02427 de 2019, el Artículo Primero de la Resolución 01447 de 2021 y el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019; y que no son objeto de modificación.

Tabla 3.7 Actividades que **continúan** conforme a lo autorizado mediante el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, modificado por el Artículo Primero de la resolución 02427 de 2019, el Artículo Primero de la Resolución 01447 de 2021 y el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019; y que no son objeto de modificación

N°	Actividades	Especificaciones
1	Reasentamiento	De acuerdo con lo establecido en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, modificado por el Artículo Primero de la Resolución 02427 de 2019 y el Artículo Primero de la Resolución 01447 de 2021; y los lineamientos y especificaciones descritos en el PMA_SOC_06 Programa de Reasentamiento
2	Exploración adicional y de avanzada	De acuerdo con lo establecido en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Anexo R1 del radicado 2015031450-1-000 del 16 de junio de 2015 (Información Adicional)

N°	Actividades	Especificaciones
3	Desvío de la quebrada Guacas	De acuerdo con lo establecido en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el EIA radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015 y 2015031450-1-000 del 16 de junio de 2015
4	Desvío vía Cristales	De acuerdo con lo establecido en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015
7	Tratamiento de colas	De acuerdo con lo establecido en el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015; y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Con ocasión de la modificación ya no serán necesario el desarrollo de ciertas actividades, por lo cual éstas son objeto de exclusión de lo autorizado en los actos administrativos de la licencia actual del proyecto.

Tabla 3.8 Actividades autorizadas mediante el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019; y que son objeto de exclusión en el trámite de modificación

N°	Actividades
9	Retrollenado

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En este contexto, a continuación, se presenta el detalle de las actividades que requieren modificación respecto a lo autorizado en la Resolución 1514 de 2015, modificado por el numeral 2 del Artículo Tercero de la Resolución 00782 de 2019; y que por ende son objeto de modificación de la licencia del Proyecto.

Tabla 3.9 Actividades objeto de modificación de la licencia ambiental del Proyecto

N°	Actividades	Especificaciones
5	Trabajos de extracción	Según las especificaciones descritas en el numeral 3.3.1 Sistema y método de explotación del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
6	Proceso de beneficio y transformación de minerales	Según las especificaciones descritas en el numeral 3.4 BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN DE MINERALES del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental
8	Remanejo de materiales	Según las especificaciones descritas en el numeral 3.3.1.4 Depósitos de estériles y acopio de material del Capítulo 3 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) de la Modificación de la licencia ambiental

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Finalmente, en la siguiente figura se presenta el Área Proyecto asociada a la modificación y el Área Proyecto relacionada con el expediente LAV0018-00-2015 de la licencia actual del “PROYECTO MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO - GRAMALOTE” (geovisor.anla.gov.co); de acuerdo con las actividades, obras e infraestructura objeto de modificación de licencia y teniendo en cuenta lo autorizado en la Resolución 1514 de 2015, modificado por la Resolución 0309 de 2016 y la Resolución 00782 de 2019.

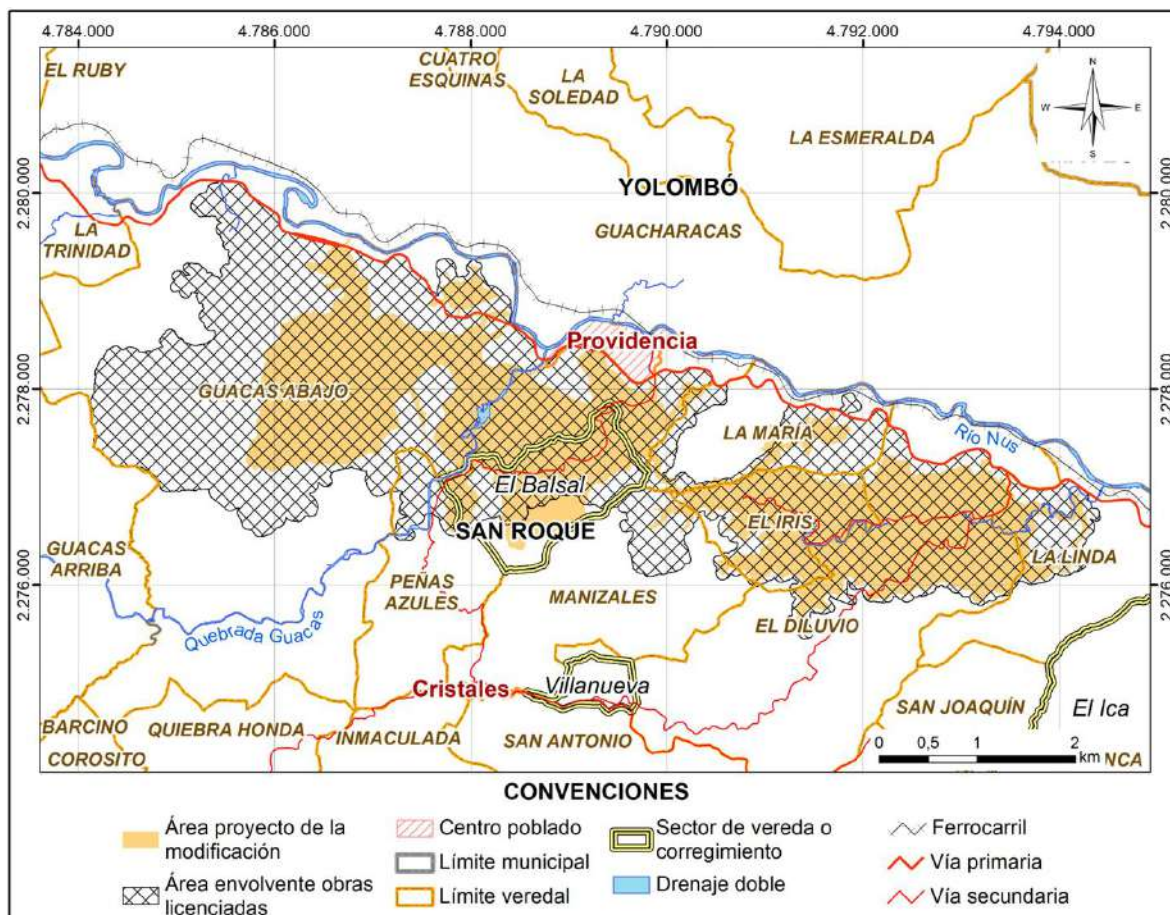


Figura 3.3 Área Proyecto asociada a la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto “Gramalote” y Área Proyecto de la Modificación

Fuente: Integral S.A, 2025, con información de Gramalote Colombia Limited (GCL)

El Área Proyecto amparada por la licencia ambiental vigente presenta una extensión de 1.894,29 ha. Por su parte, el Área Proyecto asociada a la modificación propuesta abarca 999,12 ha. Ambas áreas presentan una superposición de 972,30 ha, además de 26,82 ha adicionales correspondientes exclusivamente al Área Proyecto de la modificación.

Es importante señalar que el Área Proyecto licenciada actualmente no se modifica, dado que la actividad denominada Exploración adicional y de avanzada, autorizada mediante el numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, no es objeto de modificación dentro del presente trámite. En consecuencia, y considerando la integración de las áreas superpuestas y el área adicional asociada a la modificación, el Área Proyecto definitiva que delimitará el espacio destinado a las obras y a la operación del proyecto, en el marco del expediente LAV0018-00-2015, corresponderá a un total de 1.921,11 ha.

Como parte del ejercicio desarrollado por la compañía, ante la necesidad de ajustar el proyecto, se evaluaron las alternativas más adecuadas para presentar una propuesta que

responda a las expectativas económicas y sociales del proyecto, logrando optimizaciones en el contexto general de este, una disminución de la huella de intervención efectiva del proyecto, y por ende un menor impacto, y garantizando un aprovechamiento responsable y sostenible de los recursos.

3.1 LOCALIZACIÓN

3.1.1 Localización general del Proyecto

La Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se ubica en el nordeste del departamento de Antioquia, en jurisdicción del municipio de San Roque, Colombia. El área del proyecto se encuentra aproximadamente a 100 km por carretera al nororiente de Medellín y a 400 km por carretera al noroccidente de Bogotá. Las zonas objeto de modificación comprenden las veredas Guacas Abajo, Peñas Azules, La María, La Linda, El Diluvio, Manizales y el centro poblado (CP) del corregimiento de Providencia en el municipio de San Roque (véase la Figura 3.4). Ver [mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-LOCTM](#). Dicho mapa se presenta en escala 1:75.000 con el fin de visualizar la ubicación de la totalidad del título minero, complementado con las curvas de nivel, hidrografía, accidentes geográficos, asentamientos humanos y división político-administrativa de carácter departamental, municipal y veredal

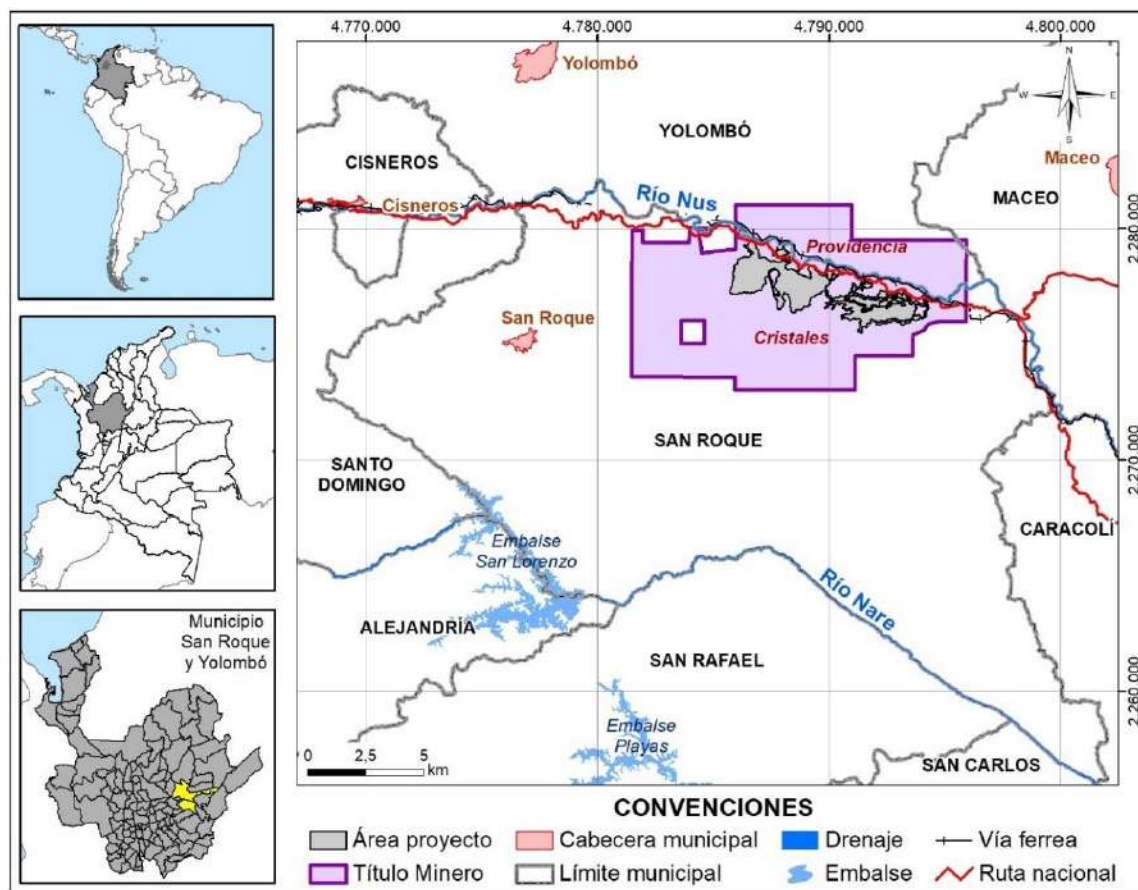


Figura 3.4 Localización político-administrativa del proyecto

Fuente: Integral S.A, 2025, con información de Gramalote Colombia Limited (GCL)

3.1.2 Localización específica del Proyecto

Las actividades mineras relacionadas con la Modificación de licencia están contenidas en el Plan de Trabajo y Obra (PTO) que corresponde al Contrato Único de Concesión identificado en el Catastro Minero con la placa T14292011 (ver Figura 3.4 y ANEXOS_DESCRIPCION_CONTRATO_CONCESION).

Este contrato cuenta con un Programa de Trabajos y Obras (PTO) aprobado por la Autoridad Minera, mediante la Resolución S201500356632 de 22 de diciembre de 2015, modificada por la Resolución 2016060082224 del 21 de octubre de 2016, la Resolución 2017060089964 del 30 de junio de 2017 y la Resolución 2018060230502 del 6 de julio de 2018. En la Tabla 3.10 se presentan las coordenadas de alindamiento del título minero en mención, con una cabida total de 8.720,71 ha.

Tabla 3.10 Zona de alindación construcción y montaje del contrato T14292011

Punto	Este (m)	Norte (m)
1	4.785.955,45	2.279.127,09
2	4.785.969,00	2.279.855,82
3	4.788.085,22	2.279.362,46
4	4.788.448,72	2.279.190,74
5	4.788.504,56	2.278.655,81
6	4.788.618,40	2.278.598,58
7	4.788.742,60	2.278.245,44
8	4.788.981,90	2.278.426,87
9	4.789.368,74	2.278.415,05
10	4.789.698,89	2.278.072,46
11	4.790.279,34	2.278.378,11
12	4.793.022,25	2.277.860,44
13	4.794.772,64	2.276.935,05
14	4.794.762,65	2.276.001,41
15	4.794.272,57	2.275.881,50
16	4.794.114,07	2.275.615,93
17	4.793.616,85	2.275.427,06
18	4.793.598,48	2.275.719,99
19	4.791.627,64	2.275.462,28
20	4.791.627,16	2.275.234,36
21	4.791.115,92	2.275.508,35
22	4.791.082,74	2.275.884,29
23	4.789.648,57	2.276.035,29
24	4.789.354,35	2.276.821,64
25	4.788.842,28	2.276.708,77
26	4.787.964,33	2.276.118,85
27	4.787.280,77	2.276.211,27
28	4.787.226,05	2.276.803,18
29	4.786.576,32	2.276.827,56
30	4.786.312,91	2.276.122,36
31	4.784.004,89	2.277.151,93
32	4.784.007,66	2.278.448,49
33	4.784.918,61	2.278.572,50
34	4.784.919,56	2.279.016,35

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

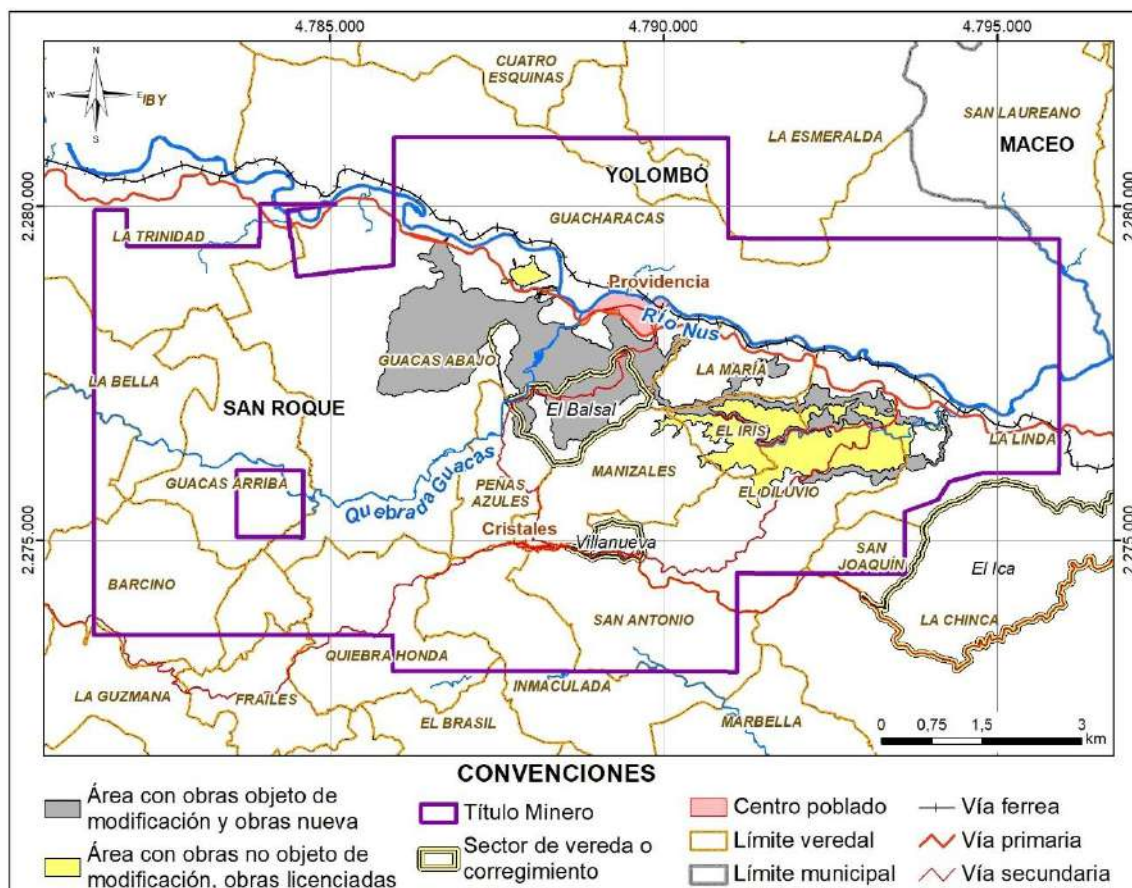


Figura 3.5 Alinderación del título minero integrado

Fuente: Integral S.A, 2025, con información Gramalote Colombia Limited

Dentro de los aspectos más relevantes en la localización del proyecto está la cercanía de las obras al centro poblado de Providencia. En la Figura 3.6 se puede observar que la vivienda más cercana del centro poblado de Providencia se encuentra a una distancia de 196 m del borde exterior del tajo Gramalote y a 758 m del centroide del mismo tajo. De igual manera, la distancia del centroide del Tajo Gramalote al centroide del centro poblado es de 1.220 m. Esta situación fue cuidadosamente considerada desde la ejecución de los diseños del proyecto, con el fin de evitar posibles afectaciones a la comunidad.

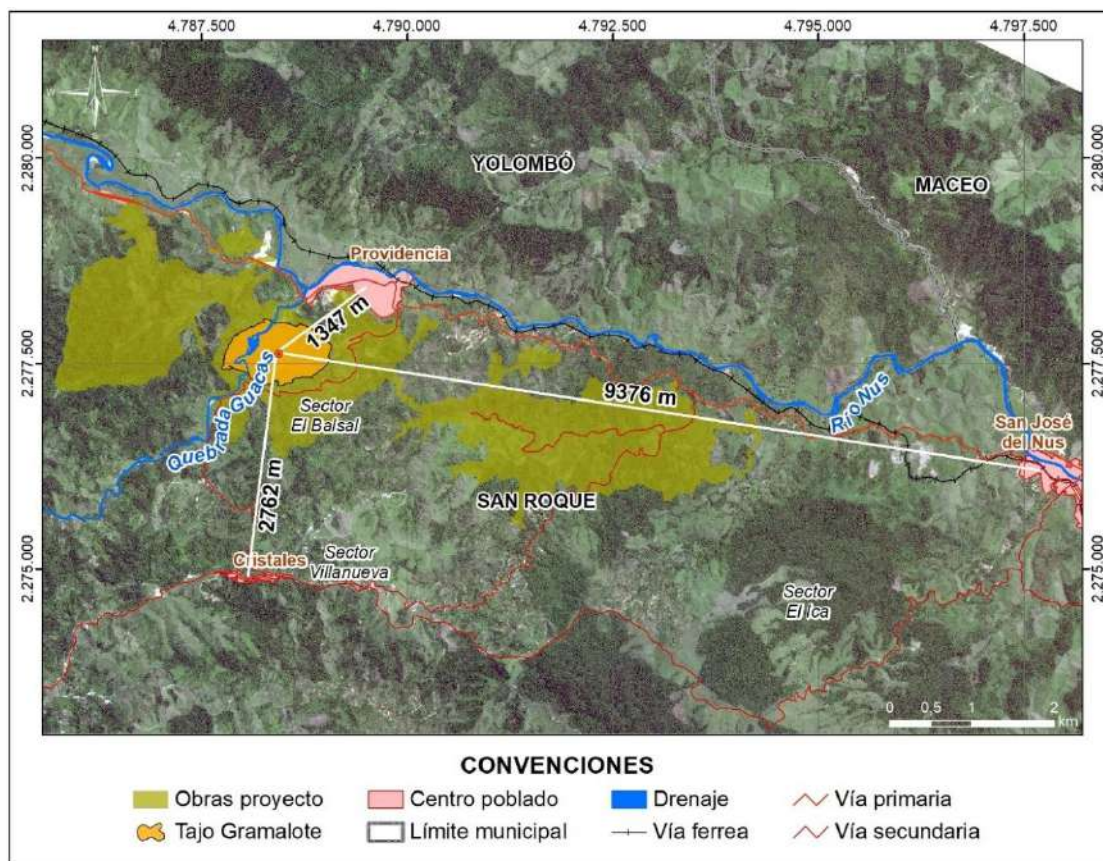


Figura 3.6 Localización específica del Proyecto

Fuente: Integral S.A, 2025, con información de Gramalote Colombia Limited

Para soportar la información mediante cartografía, se presentan tres mapas de localización del proyecto los cuales incluyen como base: curvas de nivel, hidrografía, accidentes geográficos y asentamientos humanos.

El primer mapa presenta la localización general del proyecto y del título minero en el contexto departamental, municipal y veredal. Este mapa se presenta a escala 1:75.000 para garantizar la visualización del contexto mencionado. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-LOCTM

El segundo permite identificar en escala 1:25.000 la huella del proyecto objeto de modificación con el contexto departamental, municipal y veredal y la infraestructura asociada a equipamientos colectivos. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-LOCAP

El tercero permite identificar en escala 1:15.000 la huella del proyecto objeto de modificación con el contexto departamental, municipal y veredal y la infraestructura asociada a equipamientos colectivos donde se referencian los sitios de explotación y procesamiento del mineral (consolidando la extracción, beneficio, descarga dentro del

proyecto y de los sitios de disposición de sobrantes del proceso minero) de terceros informales y en proceso de formalización. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-INFRA.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

La Modificación de la Licencia Ambiental para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote contempla el desarrollo de actividades de construcción, montaje y explotación de yacimientos de oro, plata y otros minerales asociados, así como las operaciones de beneficio asociadas, dentro del área amparada por el **Contrato Único de Concesión T14292011**.

Para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se ha definido la explotación mediante un tajo a cielo abierto (Tajo Gramalote), modalidad que se ajusta a la geometría del depósito y a su posición cercana a la superficie. Esta alternativa permite un manejo adecuado de los volúmenes a remover y facilita la operación con los equipos mineros previstos para el proyecto.

La operación se desarrollará a partir de ciclos de perforación y voladura, seguidos por el cargue y transporte del material mediante equipos de gran capacidad. Un conjunto de retroexcavadoras y cargadores será responsable del cargue en camiones mineros, los cuales movilizarán el mineral hacia la planta de procesamiento, los sectores de acopio temporal o las zonas destinadas al manejo de estériles, de acuerdo con la clasificación del material. Para el soporte de la operación se emplearán bulldozers, motoniveladoras y vehículos de servicio encargados de la conformación de vías, empuje de material, limpieza y mantenimiento general.

Las actividades principales de exploración, construcción, explotación, beneficio, transporte interno, cargue, acarreo, disposición de estériles y demás componentes operativos del Proyecto podrán ser ejecutadas directamente por la sociedad titular o a través de terceros vinculados mediante contratos civiles o comerciales, en los términos previstos en la normatividad minera y ambiental vigente.

La eventual participación de terceros en la ejecución material de determinadas actividades no implicará cesión, transferencia ni sustitución de la titularidad del Contrato Único de Concesión ni de la Licencia Ambiental, ni subrogación en los derechos y obligaciones derivados de dichos instrumentos.

En caso de estructurarse esquemas empresariales independientes para el desarrollo de procesos industriales asociados al proyecto, incluyendo aquellos que puedan operar bajo regímenes especiales previstos en la legislación colombiana, tales actividades se ejecutarán bajo vínculo contractual con el titular, manteniéndose en todo momento en cabeza de Gramalote Colombia Limited la responsabilidad exclusiva e integral por el cumplimiento de las obligaciones ambientales, así como la sujeción al control y seguimiento por parte de la autoridad ambiental competente, en los términos del instrumento de manejo ambiental vigente.

3.2.1 Infraestructura existente

De acuerdo con los términos de referencia la infraestructura debe considerar vías carreteables, líneas férreas y otra infraestructura asociada al transporte, que incluya su descripción y estado; así como la infraestructura social. Para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se presenta la infraestructura vial y la infraestructura social y/o productiva.

3.2.1.1 Infraestructura vial

Para acceder al Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se utiliza la Ruta Nacional 62 que comunica el Municipio de Medellín con Puerto Berrío y otras ciudades del oriente y el norte de Colombia. Las vías para acceder o que conducen al proyecto corresponden a la red vial primaria del país, por lo que toda su longitud se encuentra totalmente pavimentada, algunos trayectos en mejor estado que otros, pero todos presentan algún tratamiento de la superficie de rodadura. En general, estas vías serán usadas para transporte de equipos en la etapa de construcción y montaje, dado que son las que comunican al proyecto con los diferentes puertos de Colombia como son los de Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y Buenaventura.

En cuanto a los accesos internos a las distintas áreas del proyecto, se dispone de vías existentes que hacen parte del sistema terciario y secundario del municipio de San Roque, tales como el acceso al corregimiento de Cristales que es una vía terciaria pública, que está construida en afirmado sin otra superficie de rodadura y que, eventualmente puede ser objeto de utilización, también hay vías internas existentes que son carreteables privados de acceso a las fincas y que se encuentran dentro de los predios.

A continuación, se presenta el estado actual de las vías e infraestructura de transporte que va a ser utilizada o modificada por el Proyecto.

3.2.1.1.1 Vía San Antonio

Esta es una vía terciaria que se desprende de la Ruta Nacional 62, desarrollándose en su mayoría en el mismo sentido de la quebrada San Antonio. Presenta una longitud aproximada de 1,3 km y un ancho de 3 m. A 150 m del inicio de la vía, se presenta una bifurcación con una longitud de 0,6 km.

La curvatura de esta vía es acorde para una velocidad de 20 km/h y las pendientes longitudinales son bajas, menores al 5%, con excepción de los últimos 100 m de vía en donde la pendiente se incrementa hasta el 12%. Los primeros 300 m de la vía y la bifurcación, presentan un afirmado en precarias condiciones. Después de los primeros 300 m, la vía cruza una zona deforestada por actividades mineras, lo cual hace que su curvatura sea irregular, no bien definida.

En la Figura 3.7 se observa la vista en planta de esta vía y en la Fotografía 3.1 y la Fotografía 3.2 se visualiza su estado.

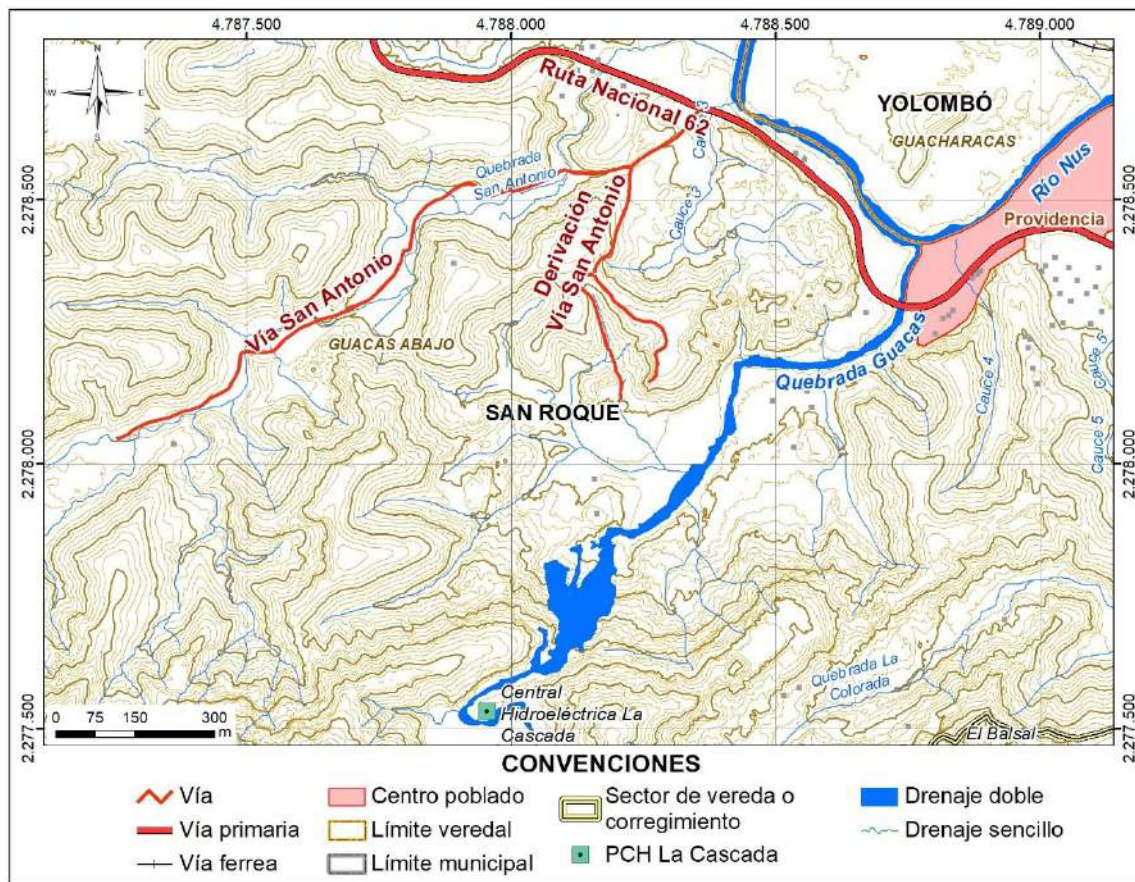


Figura 3.7 Vista en planta Vía San Antonio y Derivación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.1 Vía San Antonio

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.2 Vía San Antonio

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.2.1.1.2 Vía a El Balsal (quebrada Guacas, aguas arriba de la bocatoma de la PCH La Cascada)

La vía denominada al Balsal, corresponde a una vía terciaria de acceso hacia el predio Peñas Azules, en un sector reconocido como Los Cachos que se desprende de la Ruta Nacional 62, con un ancho variable entre 3 m y 4 m, y una curvatura adecuada para una velocidad de 20 km/h. Las condiciones de la vía son favorables, presentando afirmado en aceptable estado para el tránsito de vehículos; el cruce de las cañadas se efectúa por medio de bateas. En general la vía presenta pendientes menores al 12%, pero en dos sectores especiales, la pendiente longitudinal es mayor al 15% y presenta rieles de concreto. La longitud de la vía es de 5,7 km, el trazado se puede apreciar en la Figura 3.8 y su visualización en la Fotografía 3.3, Fotografía 3.4 y Fotografía 3.5.

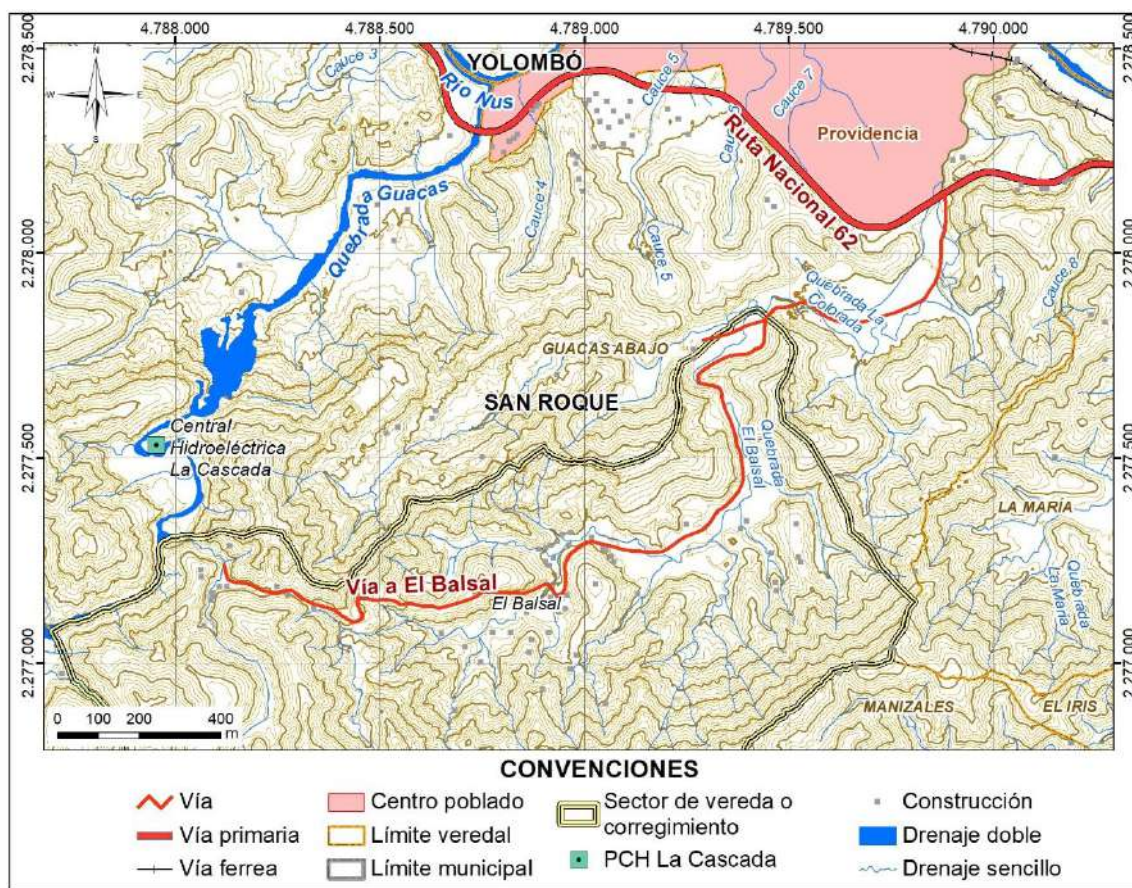


Figura 3.8 Vista en planta de la vía al Balsal

Fuente: Integral S.A, 2025.



Fotografía 3.3 Vía a El Balsal, rieles en pendiente alta
Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.4 Vía al Balsal, Batea
Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.5 Vía al Balsal

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.2.1.1.3 Vía al Cerro Gramalote (quebrada Guacas, aguas arriba de la bocatoma de la PCH La Cascada)

Esta vía que conduce al mirador de la PCH La Cascada, a través de las laderas del cerro Gramalote, corresponde a una vía terciaria, la cual se desprende de la vía al Balsal a 670 m desde la Ruta Nacional 62, en condiciones aceptables de transitabilidad. El cruce de las fuentes de agua se efectúa por medio de bateas. La longitud de esta vía es de 1,4 km aproximadamente y el ancho es variable entre 3 m y 4 m. Su curvatura es adecuada para una velocidad de 20 km/h y las pendientes longitudinales presentan pendientes menores del 12%, con algunas excepciones.

En la Figura 3.9 se ilustra la vista en planta para esta vía y en la Fotografía 3.6 se visualiza su estado.

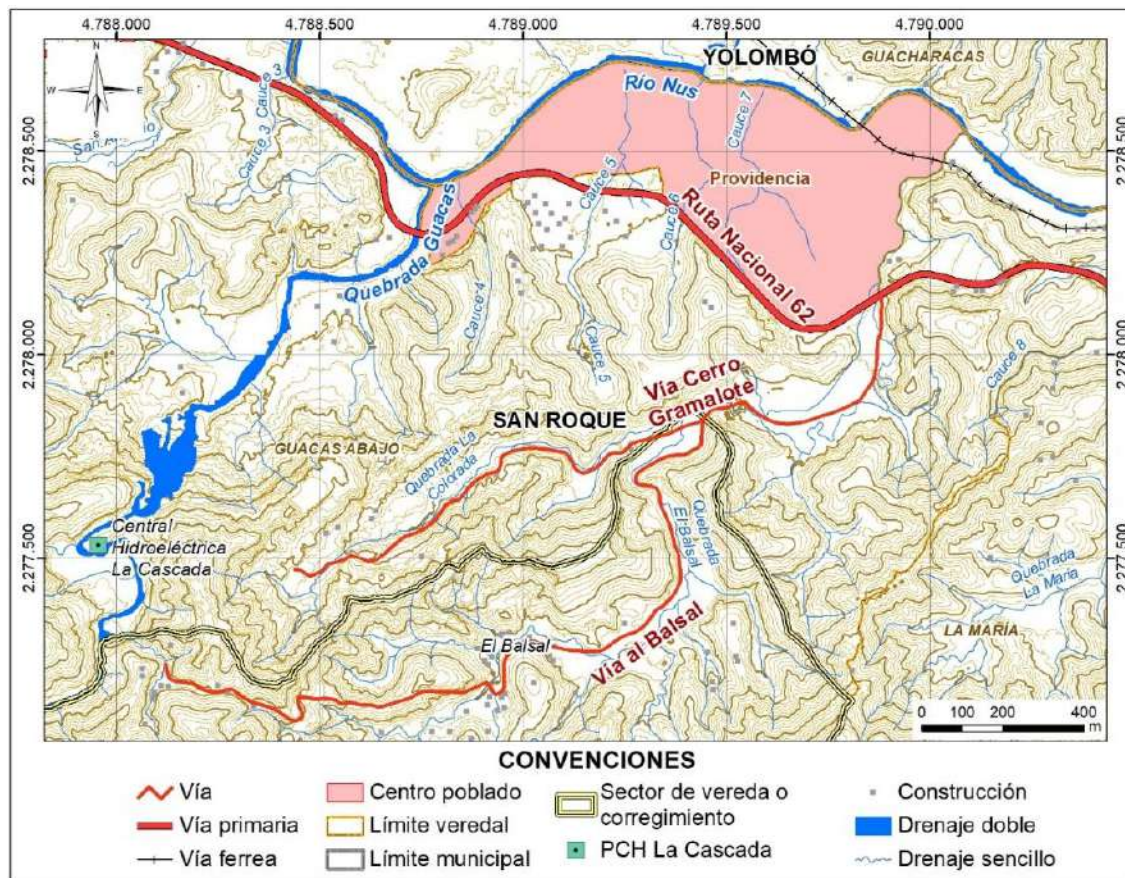


Figura 3.9 Vista en planta de la vía al cerro Gramalote

Fuente: Integral S.A, 2025.



Fotografía 3.6 Vía al Cerro Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.2.1.1.4 Vía a la PCH La Cascada

La PCH La Cascada cuenta con un acceso, de características de vía terciaria, paralela a la quebrada Guacas en su margen izquierda partiendo desde la Ruta Nacional 62.

Tiene una longitud de 1 km y un ancho de 4 m, con buenas condiciones de transitabilidad. La curvatura es adecuada para una velocidad de 20 km/h y presenta pendientes longitudinales bajas (menores del 8%).

En la Figura 3.10 se ilustra la vista en planta de esta vía. En esta última, también se puede apreciar el acceso al predio La Bateita, sobre la margen derecha de la quebrada Guacas.

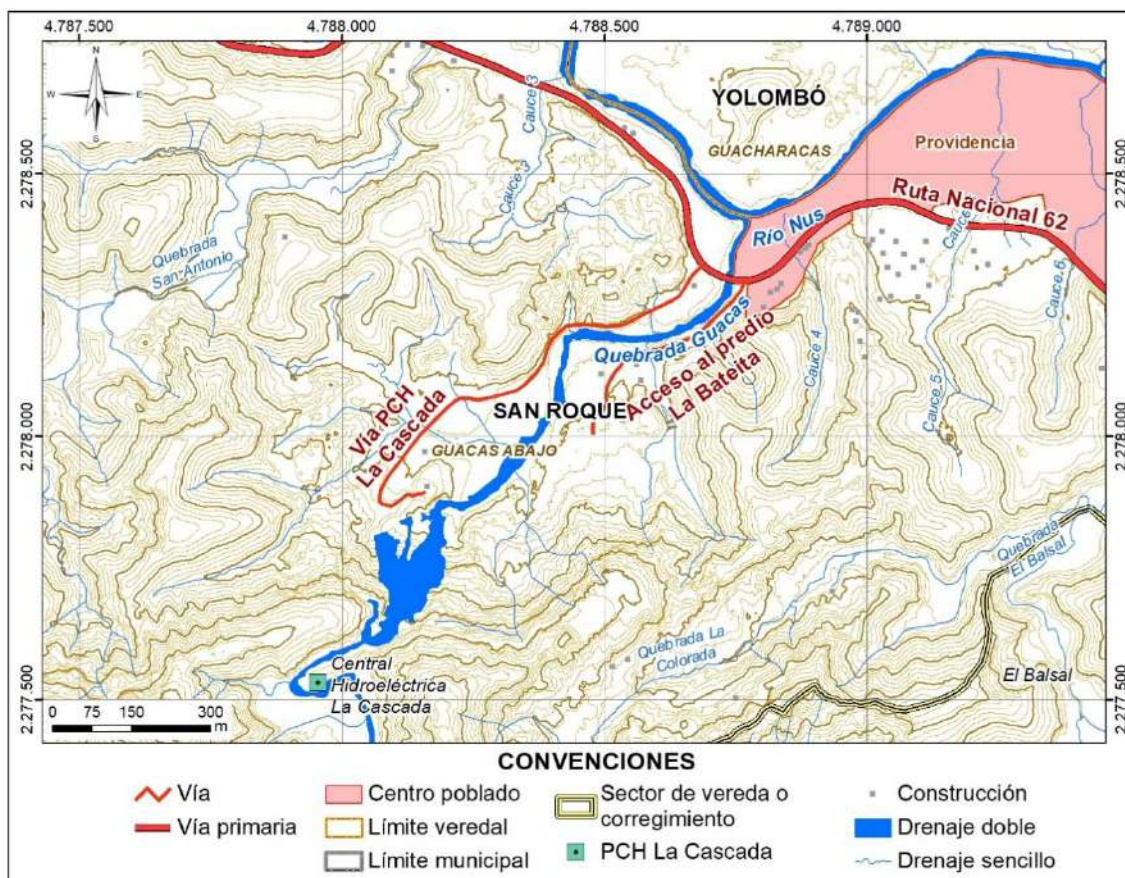


Figura 3.10 Vista en planta de la vía a la PCH La Cascada

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.2.1.1.5 Vía al predio El Torito

La vía terciaria de acceso al predio El Torito, inicia en la Ruta Nacional 62 y se encuentra actualmente en buen estado, con un ancho de calzada que varía entre de 4 m a 5 m. Tiene una longitud aproximada de 0,4 km y no presenta obras hidráulicas. Su curvatura es adecuada para una velocidad de 20 km/h y las pendientes longitudinales son menores al 12%. En la Figura 3.11 se muestra la vista en planta de esta vía y su estado se visualiza en la Fotografía 3.7 y en la Fotografía 3.8.

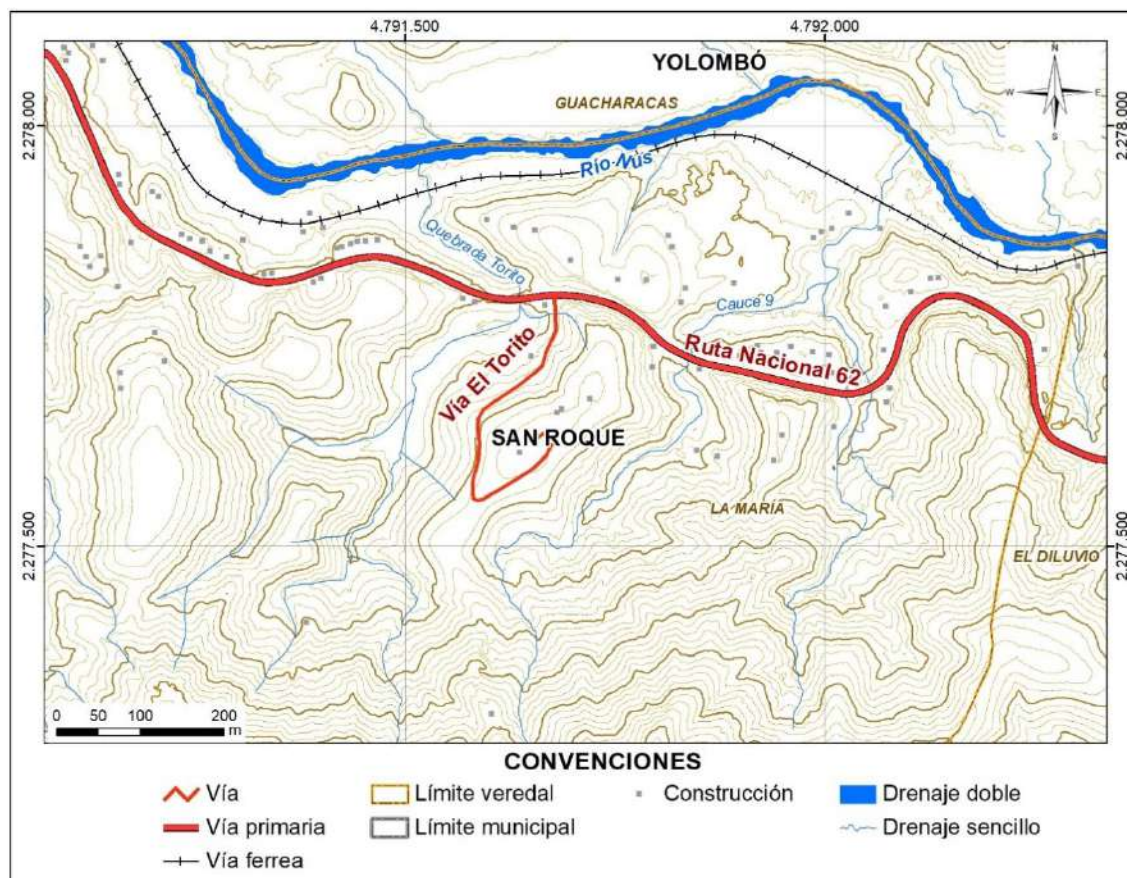


Figura 3.11 Vista en planta vía al predio El Torito

Fuente: Integral S.A, 2025.



Fotografía 3.7 Vía al predio El Torito

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.8 Vía al predio El Torito. Conexión Ruta Nacional 62

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.2.1.1.6 Vía a Cristales

La vía de acceso al corregimiento de Cristales corresponde a una vía pública terciaria que inicia en la Ruta Nacional 62. Tiene una longitud de 8 km, con un ancho que varía entre 4 m y 5 m, aunque en algunos sitios presenta un ancho de banca de 3 m. La curvatura de la

vía es adecuada para una velocidad de diseño de 20 km/h, sus pendientes longitudinales son menores al 12% exceptuando los últimos 500 m antes de llegar al corregimiento de Cristales en donde la pendiente aumenta aproximadamente al 20%.

En general, el afirmado de la vía se encuentra en buen estado con cunetas en tierra. La carretera a Cristales presenta conexión con otras vías, como son la vía a la quebrada La Palestina, vía hacia San José del Nus y vía hacia la vereda Manizales.

En la Figura 3.12 se observa la vista en planta de esta vía, en las que se señalan algunas particularidades como derrumbes, zona de cortes, estado del afirmado en algunos segmentos de la vía, entre otros. En la Fotografía 3.9 y en la Fotografía 3.10 se observan características de esta vía.

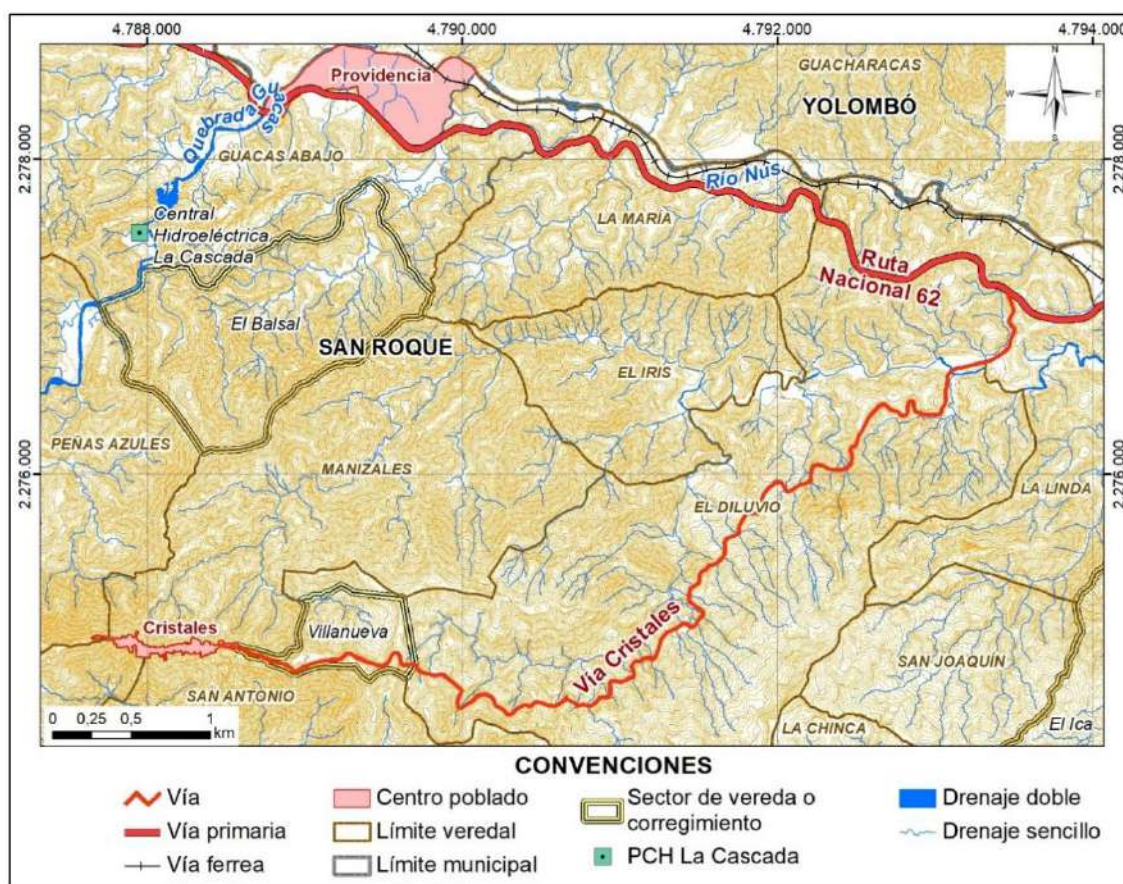


Figura 3.12 Vista en planta vía a Cristales

Fuente: Integral S.A, 2025.



Fotografía 3.9 Vía a Cristales
Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.10 Vía a Cristales
Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.2.1.1.7 Vía quebrada La Palestina (hacia El Trapiche)

Corresponde a una vía terciaria que transcurre paralela a la quebrada Palestina, de 3,3 km de longitud, presenta un afirmado en mal estado. La curvatura de la vía en general es adecuada con algunos radios muy cerrados para una velocidad de 20 km/h y con pendientes longitudinales bajas.

En algunos sectores de la vía se detectan algunas obras de estabilización como gaviones, pero no hay presencia de obras hidráulicas. En la Figura 3.13 se observa la vista en planta de esta vía; en la Fotografía 3.11 y la Fotografía 3.12.

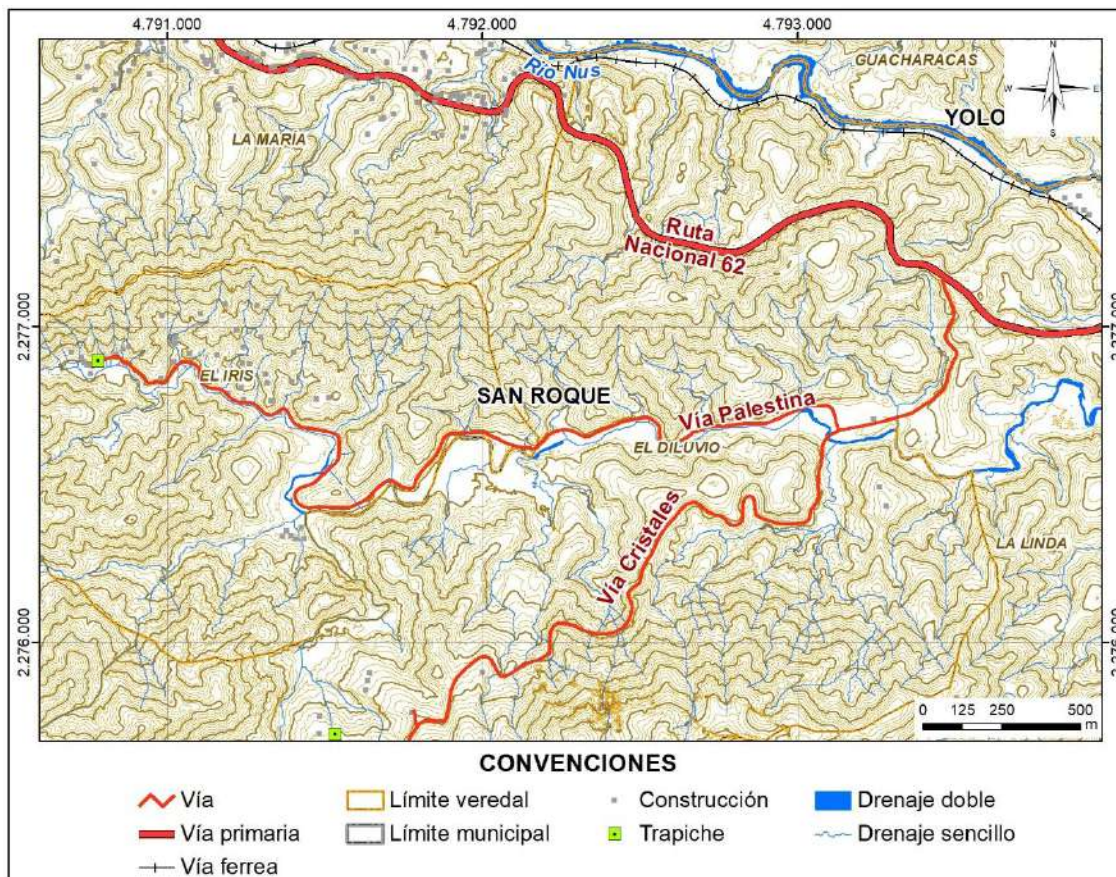


Figura 3.13 Vista en planta vía quebrada La Palestina

Fuente: Integral S.A, 2025.



Fotografía 3.11 Vía quebrada La Palestina

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.



Fotografía 3.12 Vía quebrada La Palestina

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Dado que la realización del proyecto interfiere esta vía de acceso en una longitud aproximada de 2,5 km, se propone la construcción de una variante que permita el acceso al corregimiento desde la vía Nacional 62, la cual tendrá una longitud aproximada 3,6 km y empalmará con la vía existente a una distancia de 4,8 km del centro poblado.

Los 3,6 km de vía nueva tendrán una pendiente aproximada de 6%, mucho menor que la vía existente y el ancho será de 7 m, compensando de esta forma una vía más larga con unas mejores especificaciones técnicas, para uso de la comunidad.

3.2.1.2 Infraestructura social y/o productiva

En las veredas donde se localizará el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se identificó un conjunto diverso de equipamientos sociales, comunitarios, educativos, recreativos, deportivos y productivos distribuidos en las veredas Guacas Abajo, Peñas Azules, La María, La Linda, El Diluvio, Manizales y el CP Providencia. En la Tabla 3.11, se presenta la descripción por localidad, destacando el tipo de infraestructura, su funcionalidad y su localización georreferenciada. Véase I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-EQUI.

Tabla 3.11. Equipamiento social de las veredas que serán intervenidas por el proyecto

Localidad	Nombre	Tipo de equipamiento	Este (m)	Norte (m)
Centro poblado del Cgto. Providencia	Institución Educativa Rural Providencia	Educativo	4.789.362,82	2.278.503,31
	Puesto de salud	Salud	4.789.903,16	2.278.400,66
	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	4.789.893,22	2.278.404,02
	Cancha – institución educativa	Escenario deportivo	4.789.329,60	2.278.491,28
	Cancha	Escenario deportivo	4.789.927,94	2.278.522,19
	Coliseo	Escenario deportivo	4.789.118,79	2.278.513,75
	Iglesia Católica	Religioso	4.789.898,69	2.278.388,52
	Iglesia Momento Misionero Unido	Religioso	4.789.834,91	2.278.483,84
	Iglesia Pentecostal	Religioso	4.789.341,80	2.278.500,07
	Iglesia Cristiana	Religioso	4.789.641,36	2.278.473,51
	Asonlir (Antigua escuela)	Infraestructura comunitaria	4.789.872,88	2.278.288,00
	Centro de formación La Bateita	Educativo	4.788.581,50	2.278.154,86
	Centro de Desarrollo Infantil – CDI	Educativo	4.789.883,04	2.278.343,25
	Parque infantil zona coliseo	Escenario recreativo	4.789.134,02	2.278.528,50
	Parque infantil cerca limite Yolombó	Escenario recreativo	4.789.882,70	2.278.547,79
	Gimnasio al aire libre	Escenario recreativo	4.789.116,34	2.278.531,88
El Diluvio	Centro Educativo Rural San Juan - Sede El Diluvio	Educativo	4.791.422,67	2.275.065,29
	Placa polideportiva	Escenario deportivo	4.791.419,91	2.275.093,47

Localidad	Nombre	Tipo de equipamiento	Este (m)	Norte (m)
	Sede adulto mayor	Infraestructura comunitaria	4.791.065,38	2.274.776,81
	Parque infantil	Escenario recreativo	4.791.431,39	2.275.045,09
	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	4.791.003,54	2.274.697,81
	Trapiche Diluvio Medio	Productivo	4.791.532,98	2.275.707,93
	Trapiche Diluvio Arriba	Productivo	4.791.241,04	2.275.114,21
Guacas Abajo	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Guacas Abajo	Educativo	4.785.943,99	2.275.687,00
	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	4.785.820,03	2.275.652,74
	Cancha	Escenario deportivo	4.785.796,80	2.275.659,93
	Hotel y restaurante La Batea	Recreativo	4.788.129,17	2.278.748,04
	Iglesia Cristiana	Religioso	4.785.322,02	2.275.563,34
	Trapiche	Productivo	4.786.445,16	2.276.034,47
	Trapiche	Productivo	4.785.675,66	2.275.632,56
La María	Centro Educativo Rural San Juan - Sede La María	Educativo	4.790.932,66	2.278.101,36
	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	4.791.671,07	2.277.782,14
	Cancha	Escenario deportivo	4.790.912,08	2.278.104,95
	Trapiche	Productivo	4.790.977,61	2.277.940,89
Manizales	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Manizales	Educativo	4.789.573,77	2.275.891,37
	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	4.789.038,06	2.275.664,21
	Parque infantil	Escenario recreativo	4.789.578,88	2.275.882,10
	Cancha	Escenario deportivo	4.789.582,70	2.275.895,15
	Trapiche	Productivo	4.789.770,90	2.276.522,26
Peñas Azules	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Peñas Azules	Educativo	4.787.478,62	2.275.663,18
	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	4.787.461,96	2.275.859,01
	Cancha	Escenario deportivo	4.787.447,45	2.275.847,12

Localidad	Nombre	Tipo de equipamiento	Este (m)	Norte (m)
	Cancha (CER)	Escenario deportivo	4.787.466,65	2.275.637,26
	Parque infantil	Escenario recreativo	4.787.472,56	2.275.661,54
	Proyecto recreativo	Recreativo - turístico	4.787.514,70	2.276.084,58
Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	Cancha	Escenario deportivo	4.789.274,59	2.277.338,80
	Parque infantil	Escenario recreativo	4.789.251,07	2.277.337,96
	Trapiche (no está en funcionamiento)	Productivo	4.788.937,28	2.277.110,75

Fuente: Integral S.A, 2025.

- Centro Poblado (CP) del Corregimiento Providencia

El CP concentra la mayor oferta de servicios y equipamientos comunitarios del territorio, al funcionar como nodo articulador para las veredas circundantes. Se identifican equipamientos educativos, entre ellos la Institución Educativa Rural Providencia, el Centro de Formación La Bateita y el Centro de Desarrollo Infantil (CDI), los cuales cumplen funciones de educación básica, formación complementaria y atención a la primera infancia. Así mismo, se encuentra un puesto de salud que presta servicios de primer nivel de atención a la población rural.

En materia de infraestructura comunitaria, se registran la caseta comunal y la sede de ASONLIR (antigua escuela), que funcionan como espacios de reunión social, gestión comunitaria y apoyo a actividades culturales. La infraestructura religiosa está representada por cuatro templos de distintas denominaciones: Iglesia Católica, Momento Misionero Unido, Iglesia Pentecostal e Iglesia Cristiana.

El componente recreativo–deportivo está conformado por dos canchas, un coliseo, dos parques infantiles y un gimnasio al aire libre.

- Vereda El Diluvio

En esta vereda se identifican equipamientos para la estructura social de la comunidad. Se encuentra el Centro Educativo Rural San Juan – Sede El Diluvio, acompañado de una placa polideportiva y un parque infantil. Complementariamente, existen dos infraestructuras comunitarias: la sede del adulto mayor y la caseta comunal.

Adicionalmente, se evidencian dos infraestructuras productivas (Trapiche Diluvio Medio y Trapiche Diluvio Arriba), relacionados con las actividades agroindustriales tradicionales basadas en la caña panelera.

- Vereda Guacas Abajo

La vereda cuenta con una infraestructura educativa representada por el Centro Educativo Rural San Juan – Sede Guacas Abajo, junto con una caseta comunal y una cancha que funcionan como puntos de encuentro social y deportivo. Se identifican además

infraestructuras recreativas y turísticas, como el Hotel y Restaurante La Batea, y una iglesia cristiana que presta servicios religiosos a la comunidad.

En cuanto al componente productivo, existen dos trapiches que sustentan actividades de producción panelera, característica económica predominante en la vereda y un hotel.

- Vereda La Linda

En la vereda La Linda no se registran equipamientos sociales, comunitarios, educativos o productivos actualmente en funcionamiento. La ocupación es dispersa y de carácter estrictamente residencial y agropecuario.

- Vereda La María

En esta vereda se identifican tres categorías principales: educación, infraestructura comunitaria y actividades productivas. El Centro Educativo Rural San Juan – Sede La María es el principal equipamiento de formación escolar. Como soporte comunitario se encuentra la caseta comunal, que funciona como espacio de reunión y actividades veredales. La vereda también cuenta con una cancha y un trapiche, ambos localizados en el mismo sector y relacionados con actividades deportivas y productivas, respectivamente.

- Vereda Manizales

La vereda cuenta con un Centro Educativo Rural San Juan – Sede Manizales. Se identifican además una caseta comunal, un parque infantil, una cancha y un trapiche.

- Vereda Peñas Azules

En Peñas Azules se documenta el Centro Educativo Rural San Juan – Sede Peñas Azules, la caseta comunal, junto con varias canchas (incluida la del CER) y un parque infantil, conforman la infraestructura para actividades sociales y recreativas.

La vereda también cuenta con un proyecto recreativo–turístico, que se consolida como una alternativa económica asociada al uso del paisaje y servicios turísticos.

- Sector El Balsal (Guacas Abajo)

En este sector se identifican una cancha, un parque infantil y un trapiche inactivo que, aunque no se encuentran en uso productivo, forman parte de la estructura comunitaria y del inventario de equipamientos locales.

3.2.2 Resultados de la exploración geológica

El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote está localizada en el extremo norte de la cordillera Central al nordeste del departamento de Antioquia. Esta zona está constituida en su mayoría por rocas pertenecientes a la unidad geológica del Batolito Antioqueño, cuerpo intrusivo que conforma el núcleo de la cordillera Central de los Andes colombianos.

Estructuralmente, el Batolito Antioqueño está limitado por dos grandes sistemas estructurales; hacia el oeste por el Sistema de Fallas Romeral y hacia el este, por el Sistema de fallas de Palestina. Otras estructuras se encuentran limitadas por el Batolito Antioqueño,

la mayoría producidas por esfuerzos termales y presiones magmáticas debido a la contracción durante el enfriamiento del cuerpo, las cuales exhiben patrones estructurales semicirculares (Gerla, 1988), de pocos metros de espesor y varios kilómetros de longitud (Feininger, Barrero L, & Castro Q, 1972). El marco estructural del área comprende así mismo, lineamientos a gran escala de dirección preferencial E-W a NW-SE. Estas estructuras regionales extensionales incluyen las fallas, Cisneros, Nare, las zonas de cizalla Cristales y Sofía.

El yacimiento se considera un ejemplo de depósitos de oro intrusivos controlados estructuralmente, cuyas características son:

- Comúnmente encontrados en asociaciones sedimentarias de margen continental que han sido intruidas por plutones detrás de los arcos de margen continental. Normalmente se desarrollan en etapas tardías de la orogenia o en condiciones post-colisionales.
- Pueden ser de cualquier edad, aunque son más conocidos en rocas paleozoicas a mesozoicas.
- Las rocas huésped corresponden a intrusiones graníticas y a diversas rocas sedimentarias metamorfoseadas. Es raro encontrar rocas volcánicas asociadas. Los granitoides son litológicamente variables, pero normalmente corresponden a granodiorita, cuarzomonzonita a granito. La mayoría de las intrusiones tienen algún grado de variación litológica que aparecen como múltiples fases que pueden incluir monzonita, monzogranito, granitos de albita, sienita alcalina y sienita.
- Las fases más diferenciadas comúnmente contienen feldespato y cuarzo y menos de 5% de minerales máficos. Las intrusiones de grano medio a grueso son comúnmente equigranulares, pero pueden contener megacristales de feldespato potásico o fenocristales porfíricos de cuarzo, plagioclasa o biotita. La biotita es común, la hornblenda sólo se observa localmente, raramente se encuentra piroxeno y la moscovita y la turmalina son comunes en fases altamente fraccionadas, aplitas o pegmatitas. Las intrusiones tienen un estado de oxidación primaria reducido.
- La mineralización está fuertemente controlada estructuralmente y relacionada espacialmente con intrusiones granitoides altamente diferenciadas. La mineralización comúnmente se encuentra dentro o cerca de las fases más evolucionadas de la intrusión.
- Las vetas laminares son planares y a menudo paralelas a las estructuras regionales. Son generalmente extensionales sin desplazamiento de paredes, aunque algunos sistemas de vetas también pueden incluir vetas en cizallas.
- Zonas de alteración relativamente restringidas que son más obvias como bordes estrechos de alteración a lo largo de las vetas. La alteración generalmente consiste en los mismos minerales que ocurren en las vetas, normalmente albita, feldespato potásico, biotita, sericita, carbonato (dolomita) y algo de pirita. La alteración pervasiva, dominada por la sericita, sólo ocurre en asociaciones con las zonas de mineral de mejor tenor.
- Mineralización de oro en vetas de cuarzo con espesores desde milímetros hasta metros, alojadas en intrusiones graníticas equigranulares a porfíricas y cornubiana adyacente. Las vetas forman matrices paralelas (laminadas) y, en menor proporción, stockworks débilmente desarrollados; la densidad de las vetas y de las vetillas es un elemento

crítico para definir la mena. El oro nativo se encuentra asociado con algo de pirita, arsenopirita, pirrotita, scheelita y minerales de bismuto y telurio.

- Los sulfuros son por lo general menores al 3 % y pueden ser inferiores al 1 %. Varios depósitos/intrusiones tienen vetas tardías y periféricas de arsenopirita, estirrita o galena. El oro nativo, a veces visible, ocurre asociado con algo de pirita, arsenopirita, loellingita, pirrotita, cantidades variables de scheelita o raramente wolframita, y a veces molibdenita, bismutinita, bismuto nativo, maldonita, telurobismutinita, bismita, teluridas, tetradimita, galena y calcopirita.

3.2.2.1 Investigación superficial y subterránea

3.2.2.1.1 Exploración superficial

El modelo topográfico hasta 2020 se basó en cartografía a escala 1:2000, utilizando restitución fotogramétrica de fotografías aéreas pancromáticas a escala 1:10 000. Se capturaron los puntos de acceso y los sistemas de drenaje, se construyó un modelo digital de elevación con curvas de nivel a intervalos de 2 m. Una ortofoto con una resolución de píxeles de 0,3 cm permite identificar objetos de 1 m.

Se generó un mosaico semicontrolado con un píxel de 0,8 cm a partir de fotografías aéreas en color a escala 1:12 000. Estos datos se complementaron y controlaron con 16 puntos de control geodésico topografiados con equipos GPS de doble frecuencia con precisión milimétrica, lo que proporcionó una precisión de hasta un centímetro.

En enero de 2020, la firma especialista en levantamientos topográficos Geoscan Ingeniería, completó un estudio de detección y localización por luz (LIDAR) de 125 km². El sistema utilizado fue un ALIS-560 con una frecuencia de pulso láser de hasta 400 kHz y una velocidad de medición efectiva de 150 mediciones por segundo con un ángulo de exploración de +30/-30 (60) grados. La elevación del vuelo fue de 500 m sobre el terreno (elevación más alta del terreno), con un solapamiento del 100% entre líneas y una precisión RMS <10 cm (con puntos de control). Se utilizó un GPS activo PPK para el control, con bases situadas a 50 km de distancia entre sí. Dos vértices georreferenciados para el control y 12 bases cubrieron la zona. Se entregaron modelos DTM y DSM de alta resolución con una precisión vertical de 5 cm en sistemas de proyección: WGS84 y MAGNA-SIRGAS.

Geoscan presentó 576 archivos LAS con los cuales el profesional en topografía de Gramalote generó un modelo digital del terreno utilizando la nube LAS y el software Global Mapper V21 completando la verificación general del proyecto.

Los levantamientos topográficos de los collares de perforación se basan en puntos de control geodésicos o monumentos para garantizar una precisión inferior a 10 cm. En enero de 2020 se instalaron varios puntos de control en las zonas de Mirador, Bateita, Balsal y Trinidad para complementar los puntos de control instalados anteriormente por Gramalote. La localización de estos monumentos se llevó a cabo utilizando equipos diferenciales GNSS de alta tecnología de Topcon Ref. GR-5n con antenas receptoras base y móviles, así como el software Topcon Tools para el posprocesamiento.

3.2.2.1.2 Exploración subterránea

La exploración del subsuelo es una etapa clave en la caracterización detallada del depósito mineral, proporcionando información más precisa sobre la continuidad, extensión y características geotécnicas e hidrogeológicas del cuerpo mineralizado. Esta fase complementa los estudios de exploración superficial mediante la ejecución de labores subterráneas, perforaciones y estudios específicos, permitiendo una mayor confiabilidad en la estimación de recursos minerales.

A. Exploración directa

La Tabla 3.12 resume las perforaciones realizadas hasta el 21 de mayo de 2025 en todo el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Las perforaciones realizadas en el proyecto incluyen perforaciones RC y con extracción de testigos, con un total de 1.245 perforaciones (269.049 m). La fecha límite de la base de datos de perforación de recursos para Gramalote fue el 9 de marzo de 2022.

Tabla 3.12 Resumen de campañas de perforación

Campaña	Propósito	Tipo	No Pozos	Metros
2006–2007	Exploración	Núcleo	46	13.062,11
2007-2008	Exploración	Túnel	2	481,10
2008	Condenación	Núcleo	1	200,90
2008	Exploración	Núcleo	9	2.830,07
2008	Relleno/Definición	Núcleo	60	20.138,37
2010–2017	Exploración	Núcleo	62	20.698,79
2010–2017	Metalurgia	Núcleo	16	3.688,06
2010–2017	Relleno/Definición	Núcleo	350	58.902,38
2010–2017	Geotecnia	Núcleo	32	6.629,13
2010–2017	Condenación	Núcleo	76	12.341,25
2010–2017	Relleno/Definición	RC	180	14.134,00
2019–2022	Relleno/Definición	Núcleo	211	69.437,80
2019–2022	Metalurgia	Núcleo	22	9.632,07
2019–2022	Exploración	Núcleo	5	1.413,44
2019–2022	Infraestructura	Núcleo	124	3.668,02
2019–2022	Condenación/Exploración	Núcleo	6	1.699,64
2022	Hidrogeología	Núcleo	11	527,62
2024	Infraestructura	Núcleo	7	211,88
2025	Infraestructura	Núcleo	25	695,54
Total			1.245	240.392,00

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

Hay 907 perforaciones (aproximadamente 193.126 m) y dos muestreos de galerías (481 m) que respaldan la estimación de recursos minerales para Gramalote.

Las ubicaciones de los collares de perforación utilizados en las estimaciones de recursos minerales se muestran en la Figura 3.14 para Gramalote, los pozos de perforación completados con fines geotécnicos y metalúrgicos se incluyen en los totales de perforación de recursos. Estos pozos de perforación no se analizaron sistemáticamente, pero el

registro proporcionó información sobre la superficie de meteorización y las interpretaciones estructurales que forman parte de los modelos de recursos.

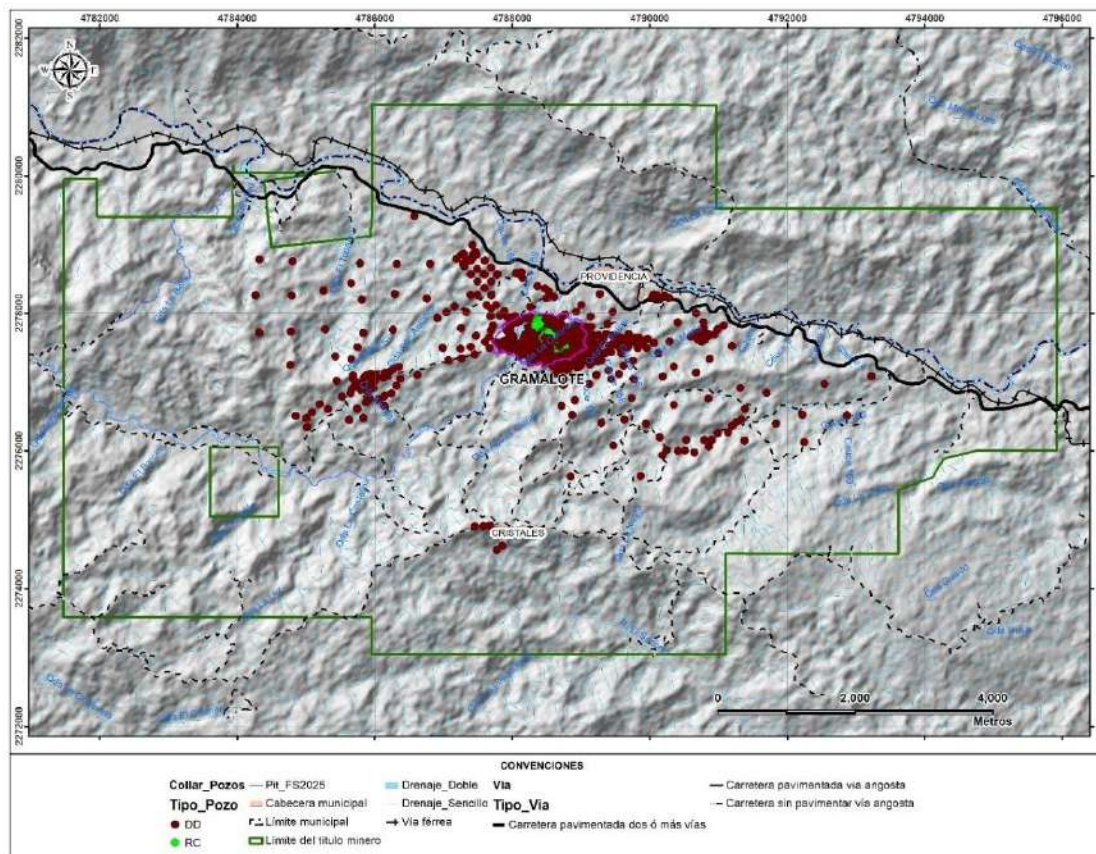


Figura 3.14 Localización collar de perforaciones título 14292

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

La Tabla 3.13 resume la campaña de perforación en el yacimiento, cuya localización se muestra en la Figura 3.15, la cual se extendió hasta el 9 de marzo de 2022.

Tabla 3.13 Perforaciones utilizadas para la estimación de recursos

Operador	Propósito	Año	Tipo	No Pozos	Metros
AngloGold	Exploración	2006–2007	Núcleo	43	12.312,34
AngloGold	Exploración	2006–2008	Túnel	1	240,00
B2Gold	Relleno/Definición	2008	Núcleo	60	20.138,37
B2Gold	Exploración	2008	Túnel	1	241,10
B2Gold	Exploración	2008	Núcleo	6	1.829,23
B2Gold	Condenación	2008	Núcleo	1	200,9
GCL	Metalurgia	2010–2017	Núcleo	14	3.148,06

Operador	Propósito	Año	Tipo	No Pozos	Metros
GCL	Exploración	2010–2017	Núcleo	23	8.183,11
GCL	Relleno/Definición	2010–2017	Núcleo	308	44.129,36
GCL	Geotecnia	2010–2017	Núcleo	17	6.048,91
GCL	Condenación	2010–2017	Núcleo	16	2.488,63
GCL	Relleno/Definición	2010–2017	Núcleo	180	14.134,00
B2Gold	Metalurgia	2019–2022	Núcleo	22	9.632,07
B2Gold	Relleno/Definición	2019–2022	Núcleo	211	69.437,80
B2Gold	Infraestructura	2019–2022	Núcleo	1	30,08
B2Gold	Exploración	2019–2022	Núcleo	5	1.413,44
Subtotal Túnel				2	481,10
Subtotal Perforación				907	193.126,30
Total				909	193.607,40

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

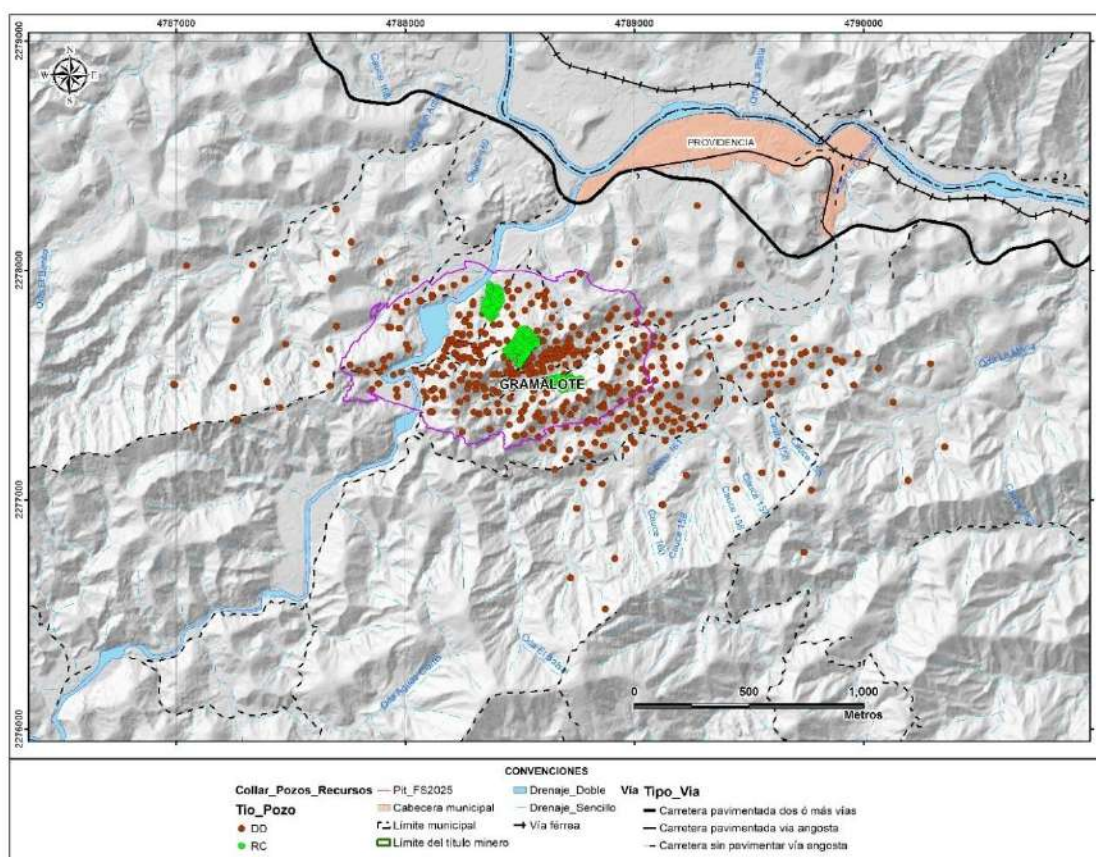


Figura 3.15 Ubicación de collares de perforaciones utilizadas para la estimación de recursos

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

B. Exploración indirecta

Entre 2003 y 2007, Gramalote completó un estudio piloto interno con magnetómetro terrestre sobre Gramalote y algunos de los yacimientos periféricos. El programa tenía como objetivo comprobar la posibilidad de utilizar la información del campo magnético con fines de exploración a nivel regional. Se estudiaron un total de 116 km lineales en 59 líneas.

En 2009, Gramalote completó un estudio con magnetómetro aéreo de 490 km lineales (líneas norte-sur) (Tabla 3.14 y Figura 3.16).

En 2012, MPX completó un estudio radiométrico con magnetómetro aéreo para Gramalote Colombia. Se sobrevolaron un total de unos 3000 km lineales sobre un área de 35.000 ha, cubriendo las propiedades mineras existentes en ese momento en líneas norte-sur espaciadas a 200 m.

Tabla 3.14 Coordenadas vértices bloque geofísica Gramalote

Punto	Este (m)	Norte (m)
1	4.751.877,30	2.268.903,02
2	4.756.878,96	2.268.883,46
3	4.756.893,08	2.272.484,61
4	4.766.895,99	2.272.445,30
5	4.766.887,35	2.270.244,72
6	4.770.488,27	2.270.230,61
7	4.770.484,35	2.269.230,36
8	4.776.085,63	2.269.208,45
9	4.776.082,89	2.268.508,30
10	4.780.483,78	2.268.491,10
11	4.780.492,78	2.270.791,54
12	4.792.494,66	2.270.744,48
13	4.792.490,74	2.269.744,36
14	4.798.491,38	2.269.720,86
15	4.798.530,35	2.282.122,02
16	4.767.134,83	2.282.247,08
17	4.767.139,61	2.283.447,39
18	4.764.538,91	2.283.457,77
19	4.764.534,13	2.282.257,44
20	4.760.933,10	2.282.271,79
21	4.760.910,08	2.276.470,07
22	4.751.907,19	2.276.505,65

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

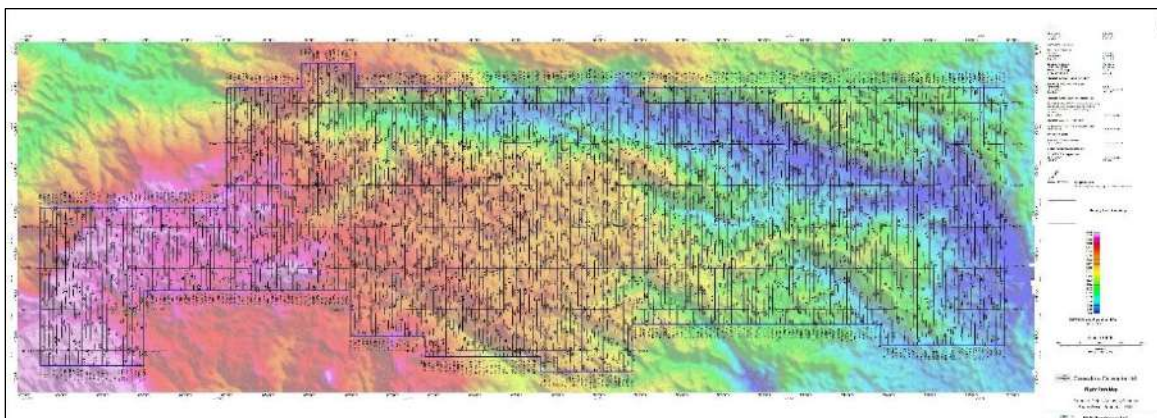


Figura 3.16 Localización y cubrimiento de estudios geofísicos

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.2 Caracterización geológica y mineralógica

En el área general del proyecto, los principales tipos composicionales dentro del Batolito Antioqueño son tonalita y granodiorita, con monzonita subordinada y gabro. Diques alaskíticos, félsicos y andesíticos han intruído el complejo. Los principales tipos de rocas se resumen en la Tabla 3.15. Las dataciones realizadas por Gramalote sugieren que la mineralización de oro está asociada con las últimas etapas de cristalización del batolito.

Tabla 3.15 Principales tipos de roca

Unidad	Descripción
Tonalita, granodiorita	Consisten principalmente de cristales de plagioclasa, cuarzo y minerales máficos (biotita y hornblenda) (Figura 3.19, Figura 3.21 y Figura 3.22)
Cuarzodiorita	Contenido de cuarzo de 10-20 %, predominando sobre la plagioclasa cálcica y los minerales máficos, con contenido variable (hornblenda y/o biotita). Los máficos pueden ser alterados a clorita.
Diorita porfírica de grano fino	Texturas ígneas porfíricas, plagioclasa y fenocristales de cuarzo de 0,5 a 2 mm de diámetro, embebidos en una matriz afanítica. La matriz contiene también minerales máficos tales como hornblenda y mica (biotita) (Figura 3.20).
Dique de microdiorita	Similar a la diorita porfírica, pero de tamaño cristalino <0,5 mm, presente en áreas adyacentes al depósito mineral y en forma de diques centimétricos ocasionalmente afectados por eventos hidrotermales en el contacto con la tonalita/granodiorita huésped (Figura 3.17 y Figura 3.22)
Aplitas y pegmatitas	Las aplitas consisten principalmente de feldespato alcalino, cuarzo y mica (biotita localmente). Típicamente, textura afanítica, que varía en tamaño de mm a cm de escala (Figura 3.18). Las pegmatitas tienen componentes similares, pero son más gruesas.

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

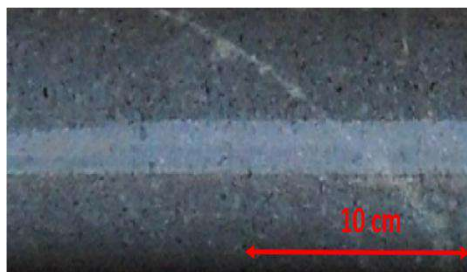


Figura 3.17 Dique de microdiorita
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

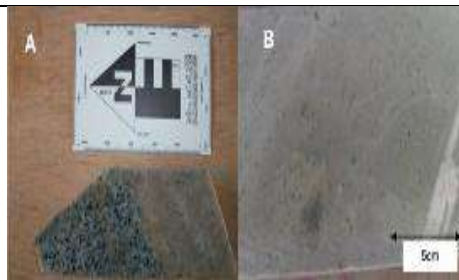


Figura 3.18 Aplitas y pegmatitas. A) Dique de pegmatita en contacto con tonalita de grano medio. B) Aplita de textura afanítica y composición félsica.
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



Figura 3.19 Tonalita fresca
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

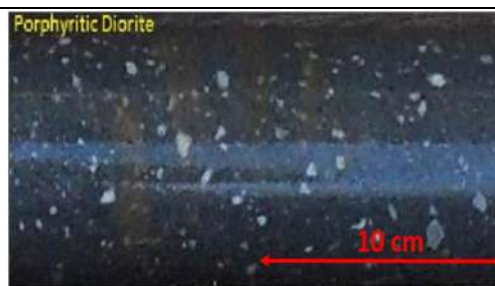


Figura 3.20 Diorita porfídica
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

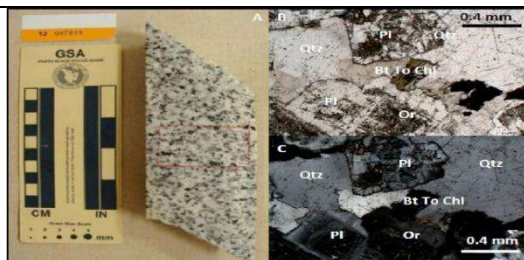


Figura 3.21 Tonalita fresca y ortoclasa. Núcleo de tonalita fresca. A) microfotografía mostrando cuarzo (Orz), plagioclasa (Pl) y ortoclasa (Or). B) Igual que A), con luz polarizada y nicoles cruzados
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

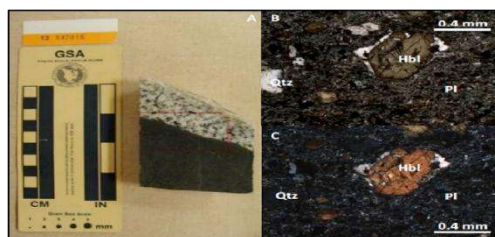


Figura 3.22 Contacto diorita fina/tonalita
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.2.1 Alteraciones del depósito

La alteración está controlada estructuralmente y ocurre tanto en zonas amplias como en bordes delgados alrededor de las vetas. En el depósito mineral, los bordes de las vetas varían desde unos pocos milímetros hasta 10 cm. Las zonas de alteración más amplias imitan el comportamiento de las vetas y progresan desde una zona exterior de cuarzo-sericita a zonas interiores potásicas y de carbonato – carbonato sericita. En la superficie se identifica una zona de alteración argílica menor (Figura 3.23 y Figura 3.24).

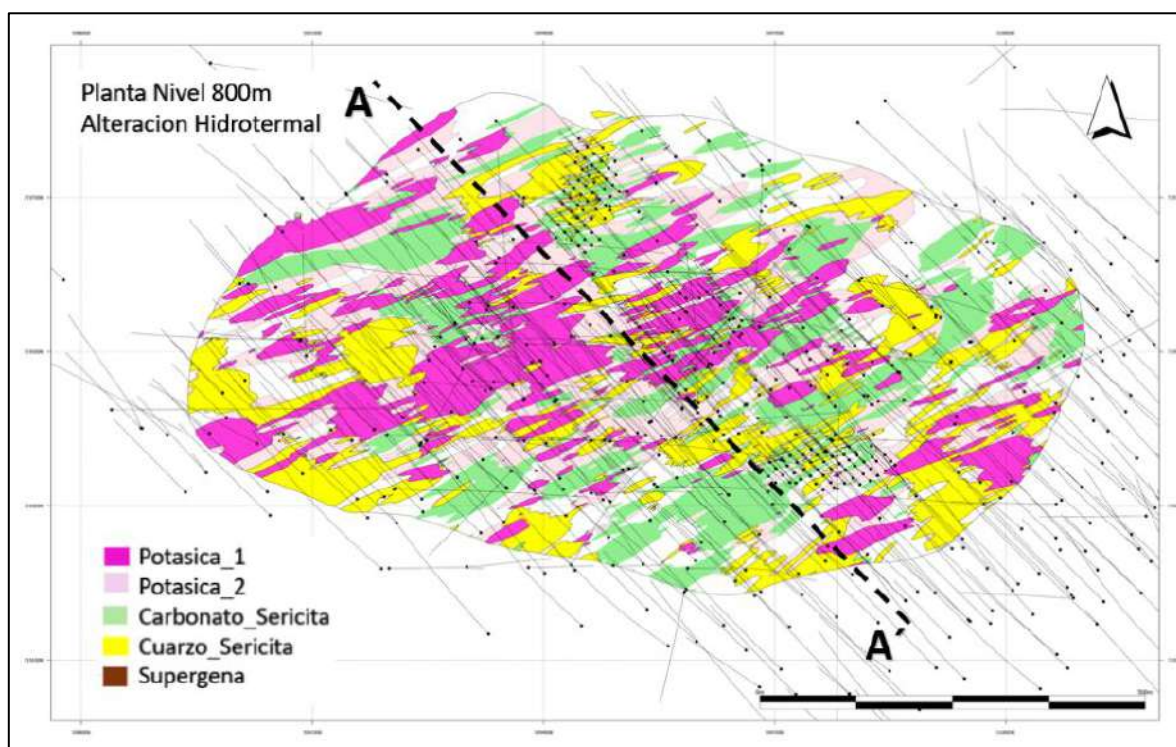


Figura 3.23 Modelo de alteración del depósito - vista en planta

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

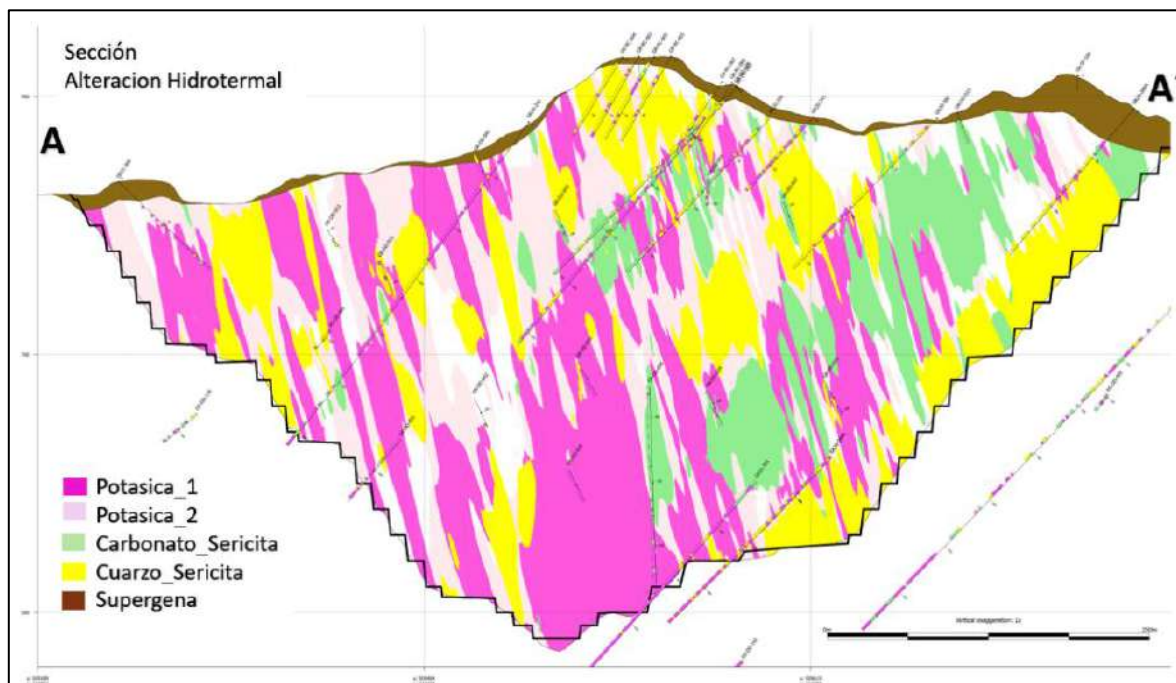


Figura 3.24 Modelo de alteración del depósito – Sección del núcleo del depósito

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

Se identifican típicamente tres zonas de alteración difusa y superpuesta que alternan de roca fresca a vetas mineralizadas en un rango generalmente menor de 20 cm (Figura 3.25):

- Una sericita incipiente distal (alteración de plagioclasa a una zona de mica fina) con magnetita parcialmente oxidada y biotita alterada a clorita.
- Una sericitización extensa intermedia y una zona de carbonato incipiente con pirita reemplazando a la magnetita y una carbonatización incipiente.
- Una zona proximal sin magnetita, $\pm$ feldespato-K, moscovita que reemplaza completamente a la clorita y una mayor carbonatización.

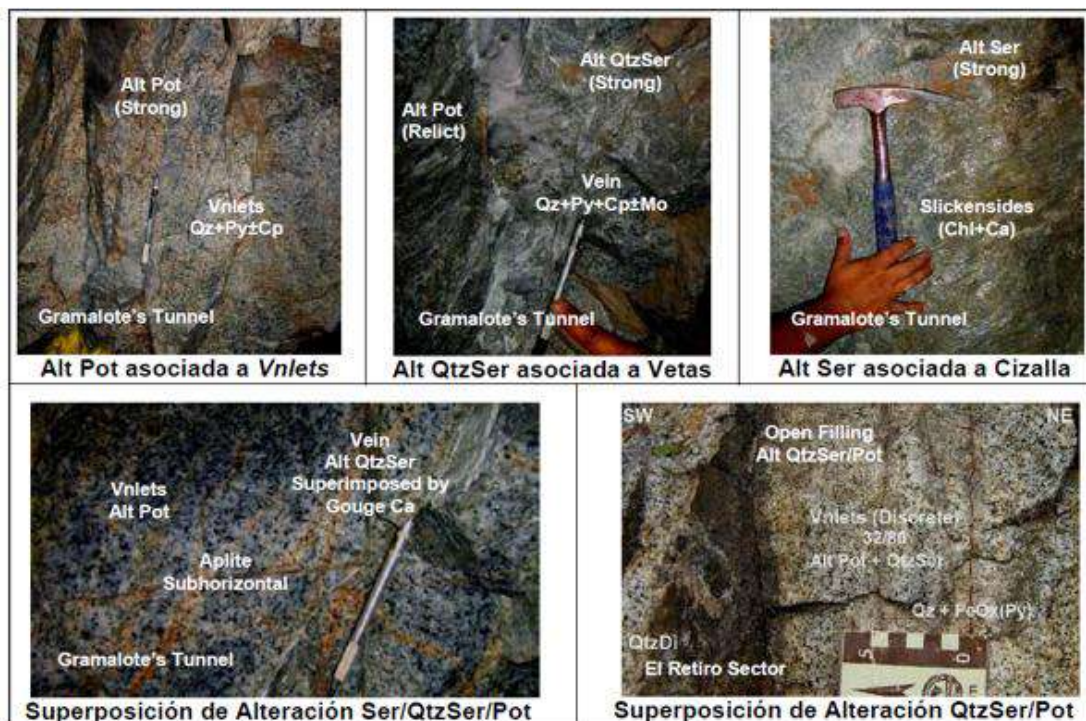


Figura 3.25 Tipos de alteración

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.2.2 Mineralizaciones y concentraciones de interés económico

El depósito mineral tiene unas dimensiones de 1.300 x 1.500 x 700 m. La mineralización ha sido probada con perforación hasta una profundidad de aproximadamente 650 m.

La mineralización está alojada en una tonalita uniforme de grano medio con cantidades menores de granodiorita y aplita. Diques de composición diorítica a granodiorítica y granítica se encuentran en toda el área de depósito mineral y constituyen menos del 1% en volumen del macizo rocoso observado. La tonalita huésped es débilmente magnética y la mineralización/alteración es magnéticamente destructiva, por lo que los mapas de magnetismo muestran las zonas mineralizadas con bajo valor.

La mineralización ocurre dentro de varias zonas que se fusionan periódicamente tanto a lo largo del rumbo como en el buzamiento. Las zonas varían de 10 a 150 m de espesor con buzamientos verticales a subverticales al sur - sureste. El depósito permanece abierto en profundidad y a lo largo del rumbo. Los tenores anómalos de oro están relacionados con tres asociaciones de alteración sobreimpuestas, con destrucción de texturas; las cuales corresponden a potásica, cuarzo-sericita y sericita-carbonato.

Las características de la destrucción de magnetita en estas zonas se definen claramente a partir de estudios magnéticos aéreos y terrestres sobre la roca huésped de tonalita, la cual

es débil a moderadamente magnética. La mineralización está alojada en vetas, ya sea en vetas laminadas o en stockworks locales, y está controlada estructuralmente.

La Figura 3.26 muestra una sección transversal en el que se identifican las tres zonas de mineralización del depósito, asociadas con los tipos de vetas y alteraciones:

- Cuarzo-calcita-pirita (Bajo grado - LG): es una asociación de cuarzo de grano fino y calcita con pirita de grano muy fino. Este tipo de veta generalmente no alberga oro.
- Cuarzo-pirita-calcopirita (Alto grado - HG): es el huésped de oro más importante, típicamente asociado con bordes de feldespatos potásico. El oro se presenta en fracturas en pirita junto con calcopirita.
- Cuarzo-calcita-mica blanca (Halo): es comúnmente estéril, pero puede mostrar contenidos moderados de oro. Las vetas se identifican comúnmente gracias a bordes de mica blanca. Los tipos de vetas se resumen desde la más joven hasta la más vieja. La mineralización de oro anómala está asociada con las vetas Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 5, siendo las Tipos 1 y Tipo 2, las predominantes.

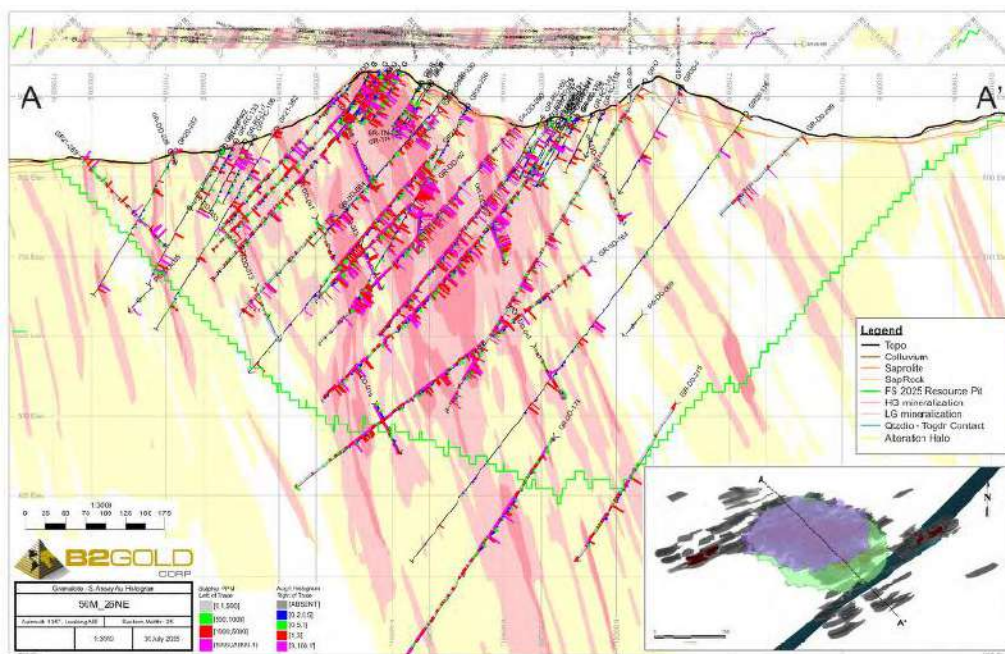


Figura 3.26 Sección trasversal -Dominios definidos para el depósito; amarillo (Halo), rosado claro (LG) y rosado oscuro (HG)

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

Tabla 3.16 Tipos de vetas

Veta	Composición	Descripción
Tipo 1	Cuarzo $\pm$ pirita	Puede tener calcopirita. Aristas bien definidas y formas generalmente rectas con aspecto tabular. Más contenido de cuarzo que azufre y generalmente asociado a halos de alteración potásico (Figura 3.27).
Tipo 2	Cuarzo + carbonato + pirita + calcopirita	Normalmente muestran salbandas irregulares y con las formas de las lentes cuando el grosor es centimétrico. Contiene cantidad variable de pirita y calcopirita. El carbonato es típicamente siderita o anquerita, principalmente asociado con halos de alteración cuarzosericita (Figura 3.28).
Tipo 3	Pirita fina	Vetas compuestas casi exclusivamente de pirita con cantidad variable de cuarzo. Forma vetas trenzadas brechadas. Color gris oscuro debido al contenido de pirita (Figura 3.29).
Tipo 4	Cuarzo + molibdenita $\pm$ pirita	Bandas de color gris azulado con abundante molibdenita. Formas variables y aristas generalmente irregulares. Contiene cantidad variable de pirita y calcopirita. Su espesor es de algunos centímetros (Figura 3.30).
Tipo 5	Pirita gruesa + cuarzo	Vetas con más pirita que cuarzo. Aristas irregulares con cantidad variable de calcopirita. La pirita es euhédrica, de grano grueso a medio, en comparación con la pirita gris de grano muy fino que se encuentra en las vetas Tipo 3 (Figura 3.31).
Tipo 6	Carbonato	Vetas de carbonato sin sulfuros.
Tipo 7	Clorita $\pm$ epidota	Cantidad variable de carbonato y ocasionalmente pirita fina.

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



Figura 3.27 Veta Tipo I

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



Figura 3.28 Veta Tipo II

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



Figura 3.29 Veta Tipo III

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



Figura 3.30 Veta Tipo IV

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



Figura 3.31 Veta Tipo V

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

La mineralización en el saprolito y en la roca meteorizada (óxido) está meteorizada in situ y no muestra evidencias de transporte significativo o desplazamiento. La mineralización meteorizada está limitada a las áreas que se encuentran directamente por encima de la mineralización fresca y representa un pequeño porcentaje de la mineralización. El espesor del saprolito/roca meteorizada varía entre 5 – 50 m, con un espesor promedio de 21 m para el total del depósito mineral y de 15 m por encima de la mineralización.

La relación plata - oro es aproximadamente de 1:1. La mineralización primaria consiste en pirita y calcopirita. Los minerales secundarios incluyen rutilo y mineral titanífero. El oro libre se encuentra como oro argentífero coetáneo con diversos teluridos y minerales de sulfosales de bismuto.

3.2.2.2.3 Geoquímica

Se han recolectado un total de 7608 muestras de suelo, 5743 muestras de roca, 7609 muestras en trincheras y 132 muestras de sedimentos activos como parte de las distintas fases de exploración del proyecto (Figura 3.32). Esta campaña de muestreo ha permitido delinear áreas con potencial geológico, contribuyendo a la identificación de prospectos minerales relevantes. Gracias a esta información, se logró delimitar el área donde actualmente se encuentra ubicado el depósito Gramalote, consolidando su marco geológico y respaldando su viabilidad técnica para etapas posteriores del desarrollo minero.

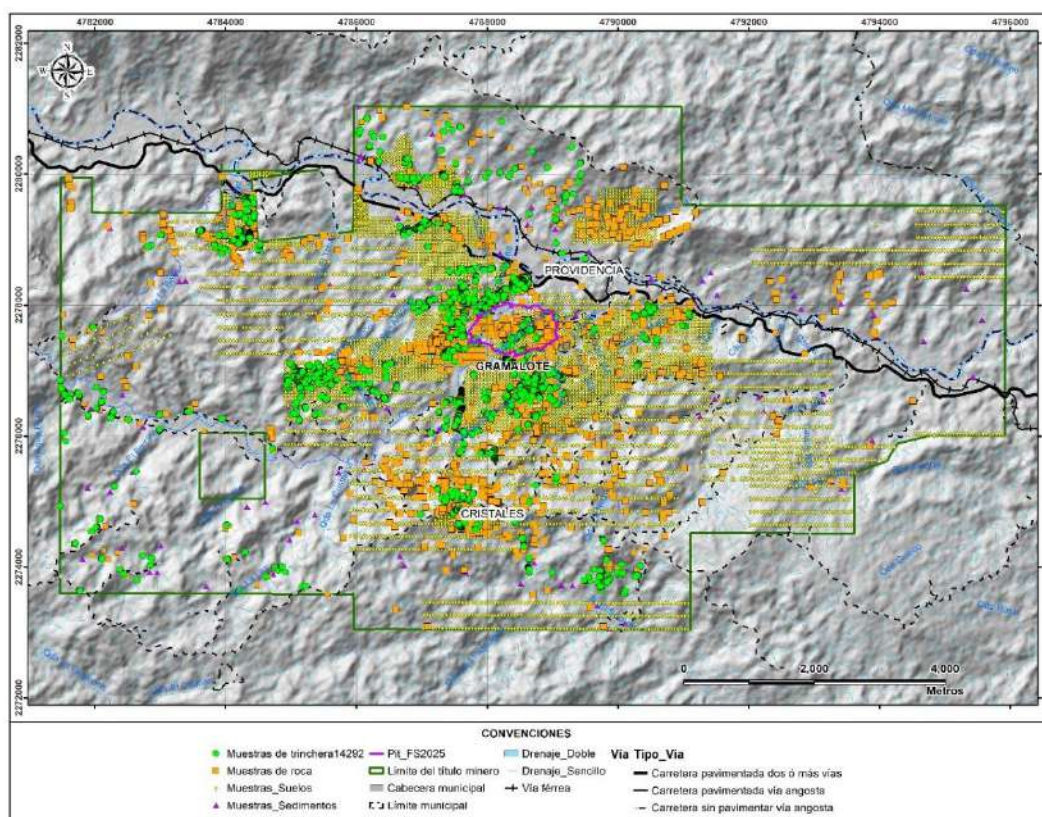


Figura 3.32 Muestras de suelo, roca, trincheras y sedimentos activos tomados en el título 14292

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

En la exploración del subsuelo por medio de perforaciones tipo diamantina y de aire reverso (RC), se cuenta con el soporte de datos geoquímicos de 103.529 muestras a las cuales se les ha realizado análisis de los diferentes elementos con los cuales se caracterizó la mineralización del depósito Gramalote (Figura 3.33).

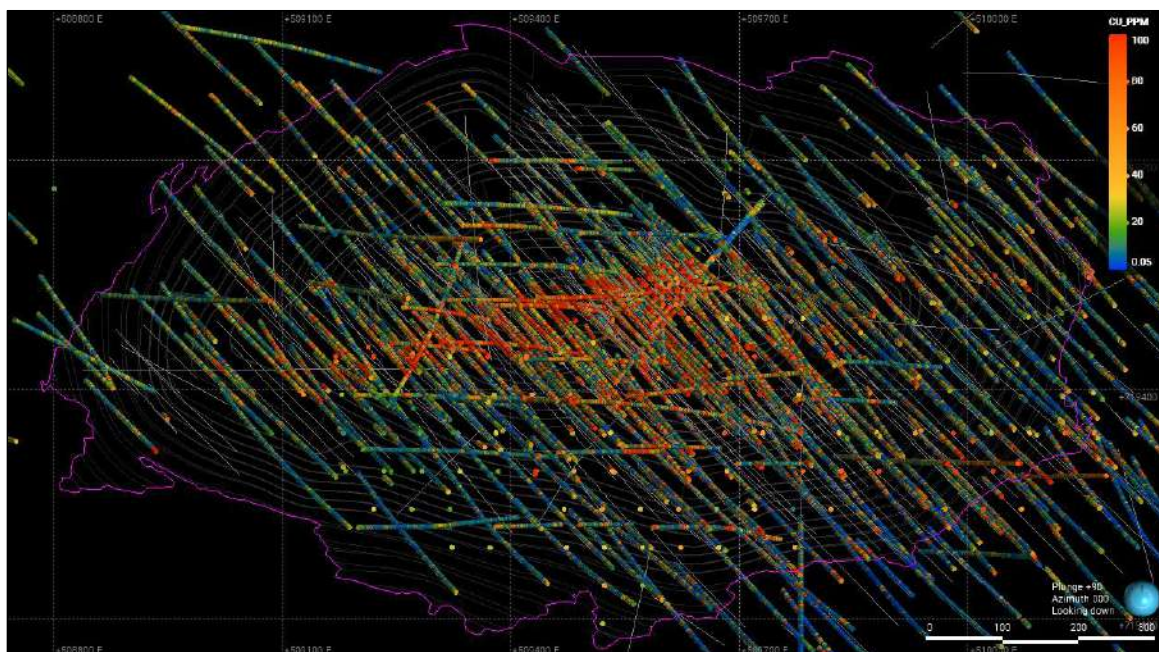


Figura 3.33 Muestreo perforaciones Gramalote – vista planta

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

El tipo de depósito asociado al yacimiento Gramalote, vinculado a intrusiones graníticas se caracteriza por tener una geoquímica relacionada a un origen magmático e hidrotermal. El tipo de sistema estructural del área de Gramalote hace que se presenten elementos distintivos como Bi, Te, S, Cu que presentan relación con la mineralización de oro y plata del sistema, además de tener una baja concentración de sulfuros.

En el núcleo del depósito se observa una asociación geoquímica dominante entre Au, Ag, Bi, Te, S y Cu, vinculada directamente a la mineralización de interés. Esta se encuentra alojada en estructuras de tipo stockwork y venillas laminadas de cuarzo, con presencia subordinada de sulfuros. El sistema corresponde a un ambiente reductor, donde fluidos hidrotermales con temperaturas estimadas entre 250 °C y 400 °C se movilizaron a través de fracturas asociadas a zonas de cizalla. La precipitación del oro se produjo como resultado de variaciones de pH y temperatura del sistema, favoreciendo su concentración en las zonas estructuralmente más permeables.

Estas asociaciones geoquímicas proveniente de los análisis de laboratorio en muestras de suelos y rocas son usadas como vectores para identificar las zonas de potencial en el área donde se desarrolla el proyecto.

En la Figura 3.34 se observa una marcada correlación entre la mineralización de oro y plata en el núcleo del depósito y la presencia de elementos como bismuto, telurio, azufre y cobre. Estos elementos muestran concentraciones elevadas en el centro del sistema, mientras que sus valores disminuyen progresivamente hacia las zonas periféricas. Esta dispersión geoquímica está asociada a una reducción en los tenores y volúmenes de mineralización,

reflejando una transición desde zonas centrales más amplias y enriquecidas hacia sectores marginales más estrechos, donde la circulación de fluidos hidrotermales fue limitada y menos efectiva para alojar el mineral de interés.

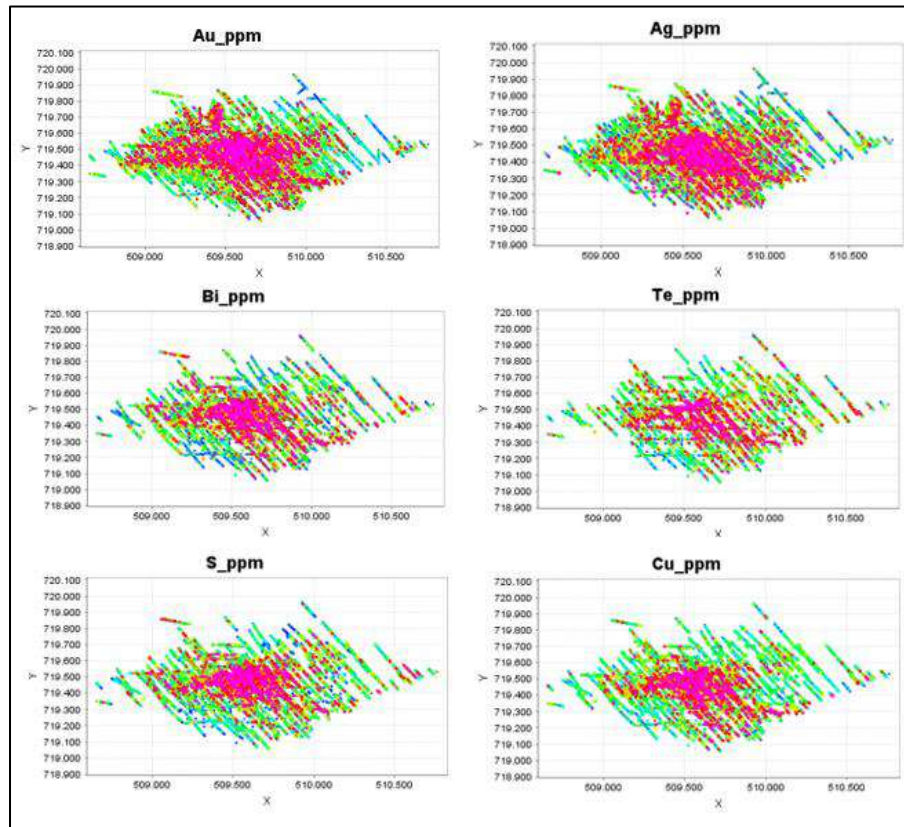


Figura 3.34 Correlación geoquímica de los elementos asociados a la mineralización del depósito Gramalote

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

A partir de los resultados obtenidos del análisis geoquímico de las muestras superficiales, fue posible delimitar con mayor precisión la zona de interés dentro del depósito principal. Esta información sirvió como base para la construcción de un modelo de interpolación de la mineralización, utilizando técnicas geoestadísticas que permitieron estimar la distribución espacial del contenido metálico (Figura 3.35). Dicho modelo facilitó la planificación estratégica de las campañas de perforación, orientando los esfuerzos hacia zonas con mayor potencial económico. Como resultado, se logró confirmar la continuidad de la mineralización en profundidad y en las extensiones laterales, fortaleciendo el entendimiento geológico del yacimiento.

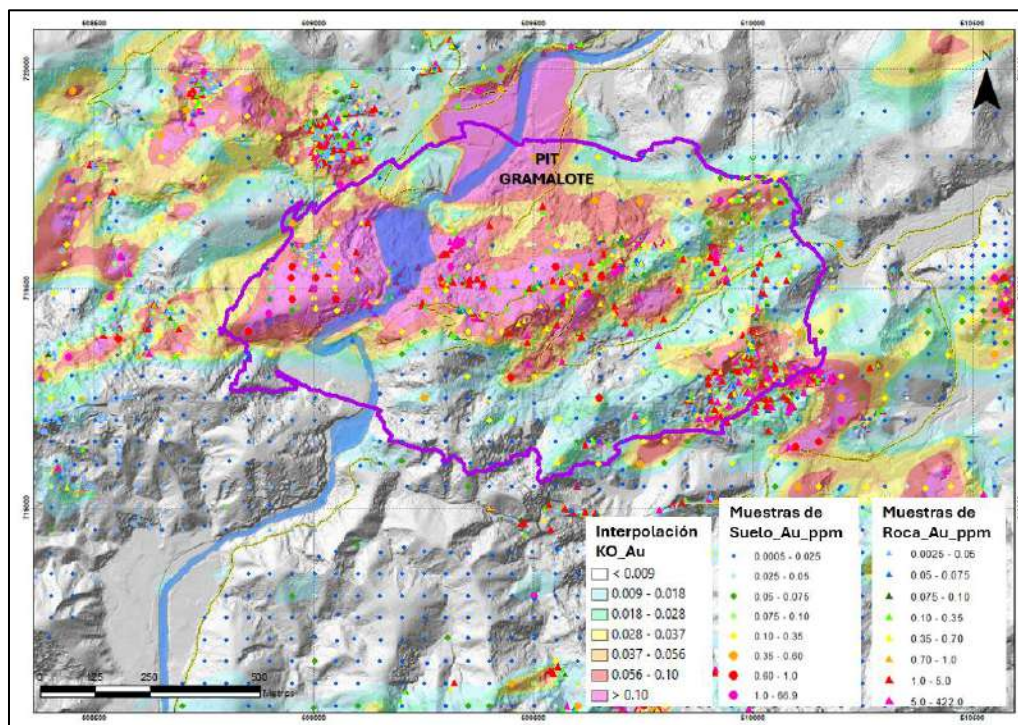


Figura 3.35 Mapa de interpolación de oro para muestras de superficie del depósito Gramalote

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

Mediante las perforaciones planificadas durante las fases exploratorias se obtuvo información geoquímica detallada del depósito en profundidad, lo que permitió validar las anomalías superficiales previamente identificadas. Estas campañas facilitaron la caracterización de la distribución vertical de elementos clave asociados a la mineralización, tales como oro (Au), plata (Ag), bismuto (Bi), telurio (Te), arsénico (As) y cobre (Cu), y permitieron definir con mayor claridad la zonación geoquímica del sistema mineralizado. Los datos recolectados fueron fundamentales para la calibración y refinamiento del modelo geológico del depósito, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones en el modelamiento de recursos y planificación minera.

En la Figura 3.36 se presentan secciones preliminares del modelo, en las cuales se analizaron las anomalías geoquímicas asociadas a la mineralización principal, tanto en sus extensiones laterales como en profundidad. Estas secciones permitieron identificar patrones de distribución de elementos clave, delimitar zonas de interés y evaluar la continuidad del sistema mineralizante más allá del núcleo del depósito.

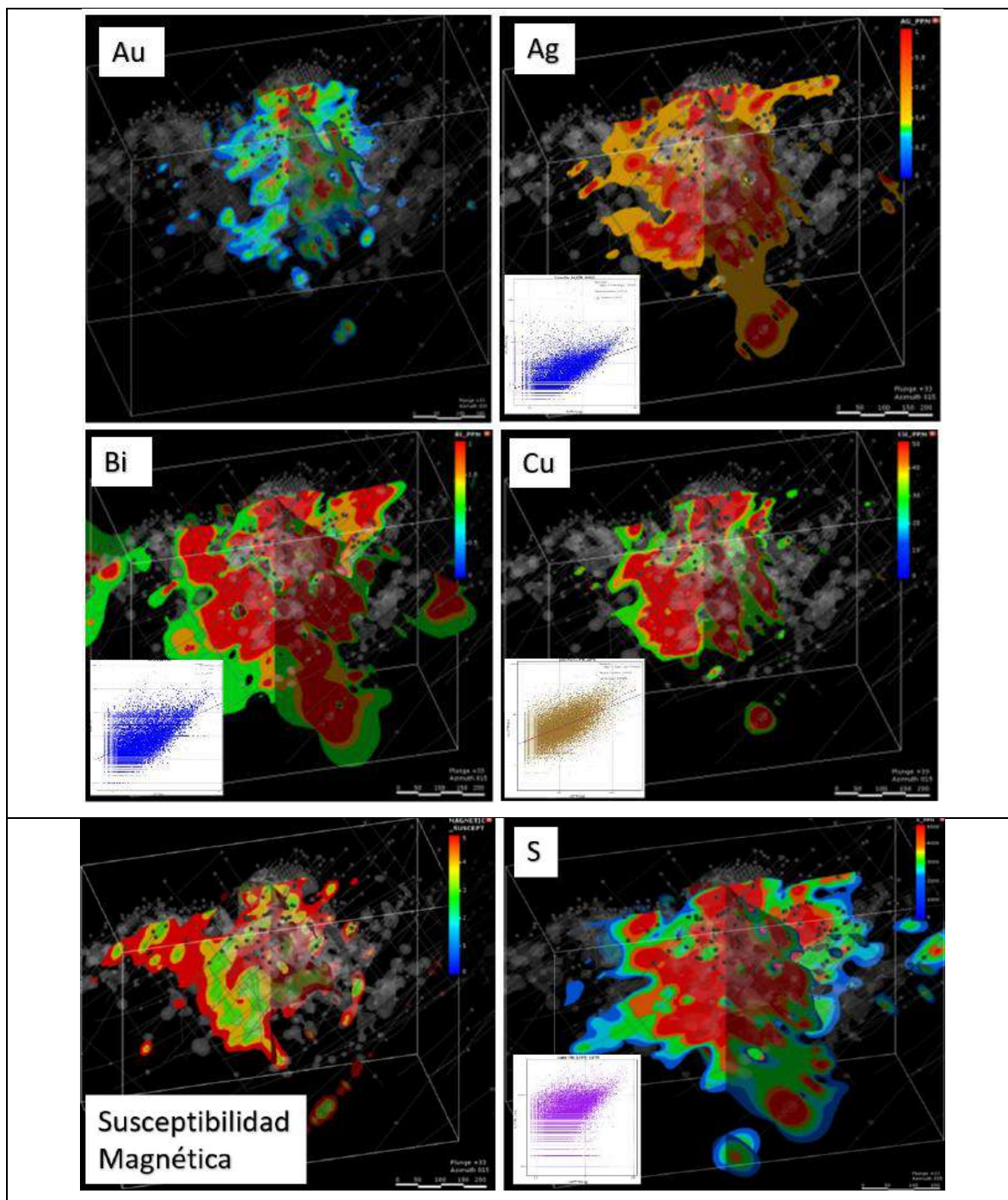


Figura 3.36 Secciones de interpolación geoquímica de oro para muestras de perforación del depósito Gramalote

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.3 Modelo Geológico

Para la creación del modelo geológico usado en la estimación de recursos se tienen en cuenta los dominios litológicos, estructurales, de meteorización y mineralización. Todos estos datos extraídos de la exploración geológica del subsuelo y de superficie que gramalote ha producido durante las diferentes fases.

Se crearon modelos de estructuras frágiles y corredores estructurales basados en los datos de las perforaciones orientadas y no orientadas, lineamientos topográficos y geofísicos de los diferentes métodos interpretados.

Los modelos para vetas y estructuras fueron usados para orientar las tendencias en las interpretaciones de zonas mineralizadas y en la estimación de la ley.

Dentro de la construcción del modelo geológico del yacimiento se interpretaron dominios de mineralización de bajo tenor (LG), alto tenor (HG) (Figura 3.37). Ambos dominios se utilizaron para el capping del tenor de oro, pero sólo el LG (que incluye el dominio HG) fue usado en la estimación final.

Si bien se ha identificado una fuerte correlación entre el vetilleo, las alteraciones y el contenido de sulfuros con el tenor de oro, existe una alta variabilidad de los datos, por lo que los parámetros geológicos que se registraron no son suficientemente confiables para definir los dominios geológicos. De esta forma, para controlar la estimación de los recursos, se crearon sólidos, definiendo así los siguientes dominios:

- Aureola (Halo): usada para separar el material realmente estéril de mineral con potencial. Fue definida basándose en el venilleo, los sulfuros y la alteración logueados. El material de aureola se encuentra todo por debajo del tenor de corte y no es reportado dentro de las declaraciones de recursos.
- Bajo tenor (LG): definido sólo para tenor de Au a un límite nominal de 0,1 g/t y con una longitud general >6 m. El límite fue definido de forma que estuviera por debajo del tenor de corte económico esperado de 0,15 g/t Au.
- Alto tenor (HG): definido sólo para tenor de Au a un límite nominal de 0,5 g/t y con una longitud general >4 m. Los sólidos sólo fueron creados alrededor de zonas que pudieran ser reconocidas en múltiples perforaciones. Las zonas de alto tenor pequeñas y discontinuas se asignaron al dominio de bajo tenor.

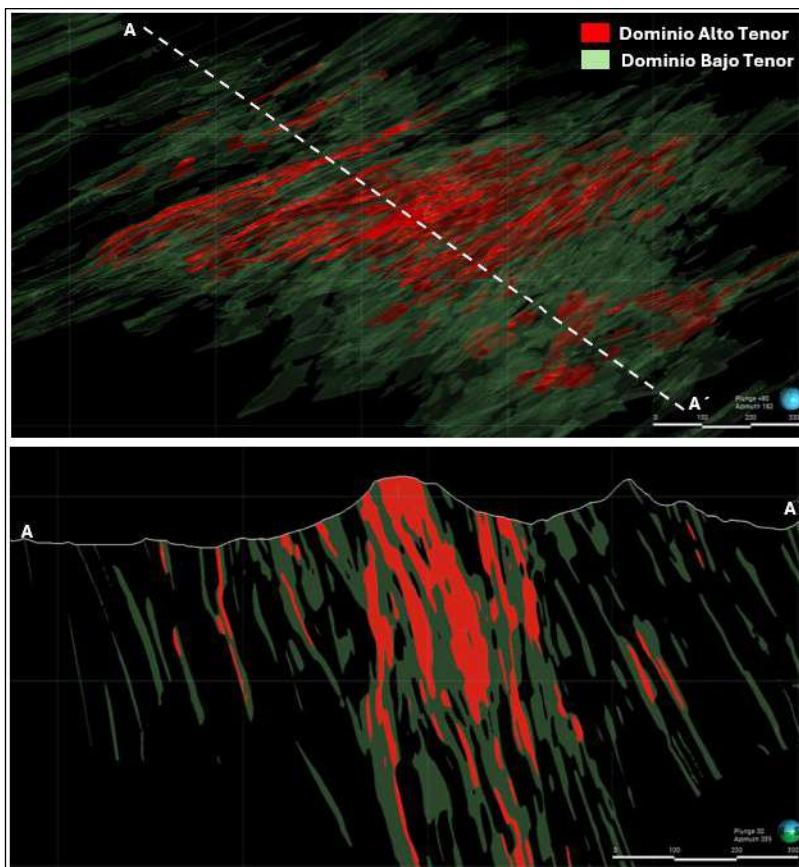


Figura 3.37 Dominios geológicos en el depósito

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.4 Modelo de Meteorización

A partir de los registros de logueo de las perforaciones y los mapeos de superficie, se crearon superficies que representan las bases de suelo/coluvión, aluvión, retrolonado, saprolito y roca meteorizada (saprock). En áreas con perforaciones limitadas, se realizaron ajustes a la superficie topográfica. Estas superficies se crearon bajando la superficie topográfica por medio de la interpolación del espesor de cada material.

El suelo/coluvión fue usado para la asignación de la densidad, pero el tenor no fue estimado para este tipo de material. El saprolito y la roca meteorizada (saprock) se utilizaron para asignar la densidad y para los dominios geomecánicos, pero no se utilizaron como límites en las estimaciones del tenor de mineral. Debido a un enriquecimiento localizado de Ag en el saprolito, el material meteorizado fue tratado de forma separada para la estimación de Ag.

La mineralización dentro del saprolito y la roca meteorizada (saprock) se encuentra meteorizada in situ y no muestra un desplazamiento significativo con relación a la roca fresca.

3.2.2.5 Estimación de recursos minerales

Para la estimación y categorización de los recursos minerales asociados al Contrato de Concesión T14292011, se llevó a cabo un análisis exploratorio detallado de los datos geológicos y geoquímicos disponibles. Este proceso incluyó la integración de información de superficie y subsuelo, lo que permitió construir un modelo geológico y de recursos robusto para la zona de interés. Dicho modelo sirvió como base para definir la geometría del cuerpo mineralizado, caracterizar su distribución espacial y establecer categorías de recursos conforme con los estándares internacionales de reporte, contribuyendo significativamente a la planificación de las etapas de exploración y evaluación económica del proyecto

3.2.2.5.1 Análisis exploratorio de datos

Se realizó una exhaustiva revisión de las observaciones geológicas del logueo con respecto a los controles de la mineralización de Au y Ag. Los principales controles de dicha mineralización son:

- Abundancia de vetas (vetas Tipo 1, Tipo 2, Tipo 4 y Tipo 5)
- Intensidad de la alteración (potásica, sericítica, carbonatos)
- Abundancia de sulfuros (pirita y calcopirita)

La comparación univariada de estas características logueadas muestra un incremento general en el tenor con respecto al incremento de la abundancia/intensidad. La Figura 3.38, la Figura 3.39 y la Figura 3.40 muestran el análisis gráfico de la intensidad de las alteraciones, la abundancia de los diferentes tipos de vetas y la abundancia de sulfuros respectivamente.

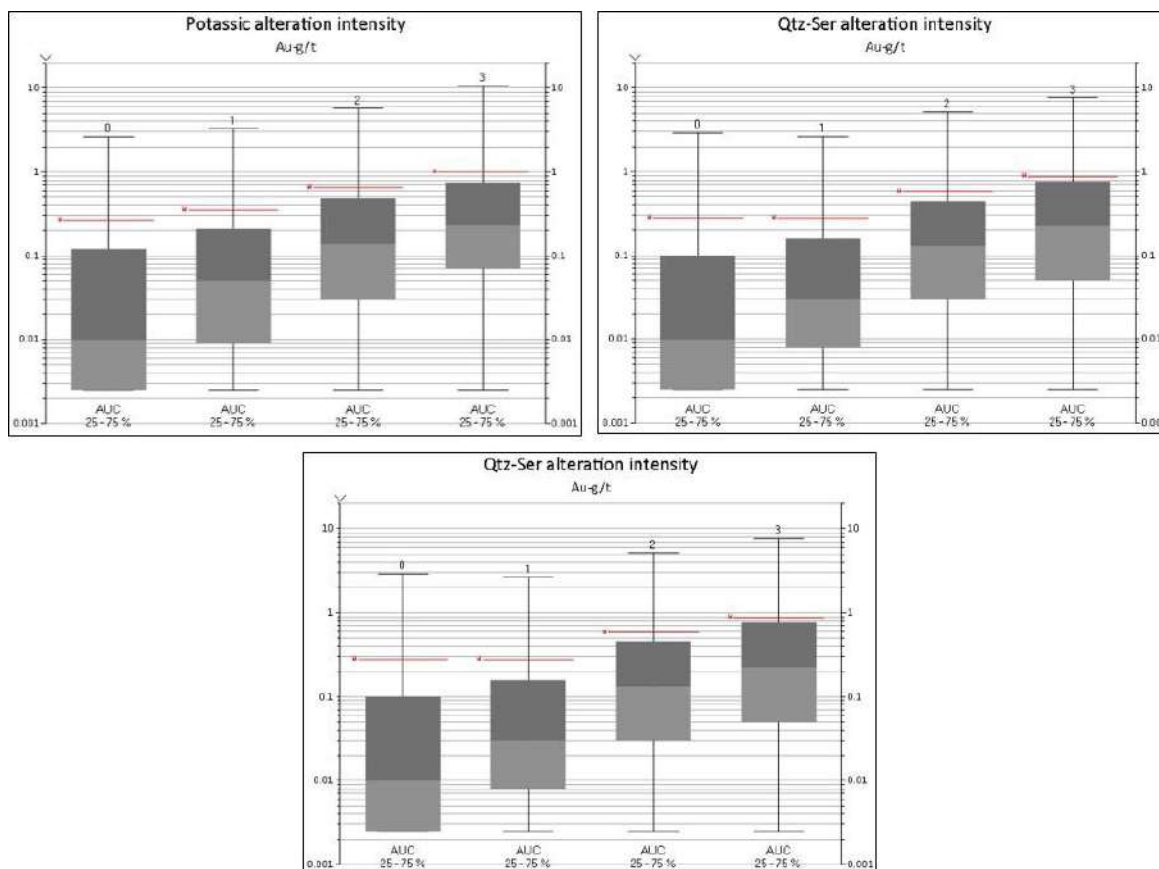


Figura 3.38 Intensidad de las alteraciones de la mineralización

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

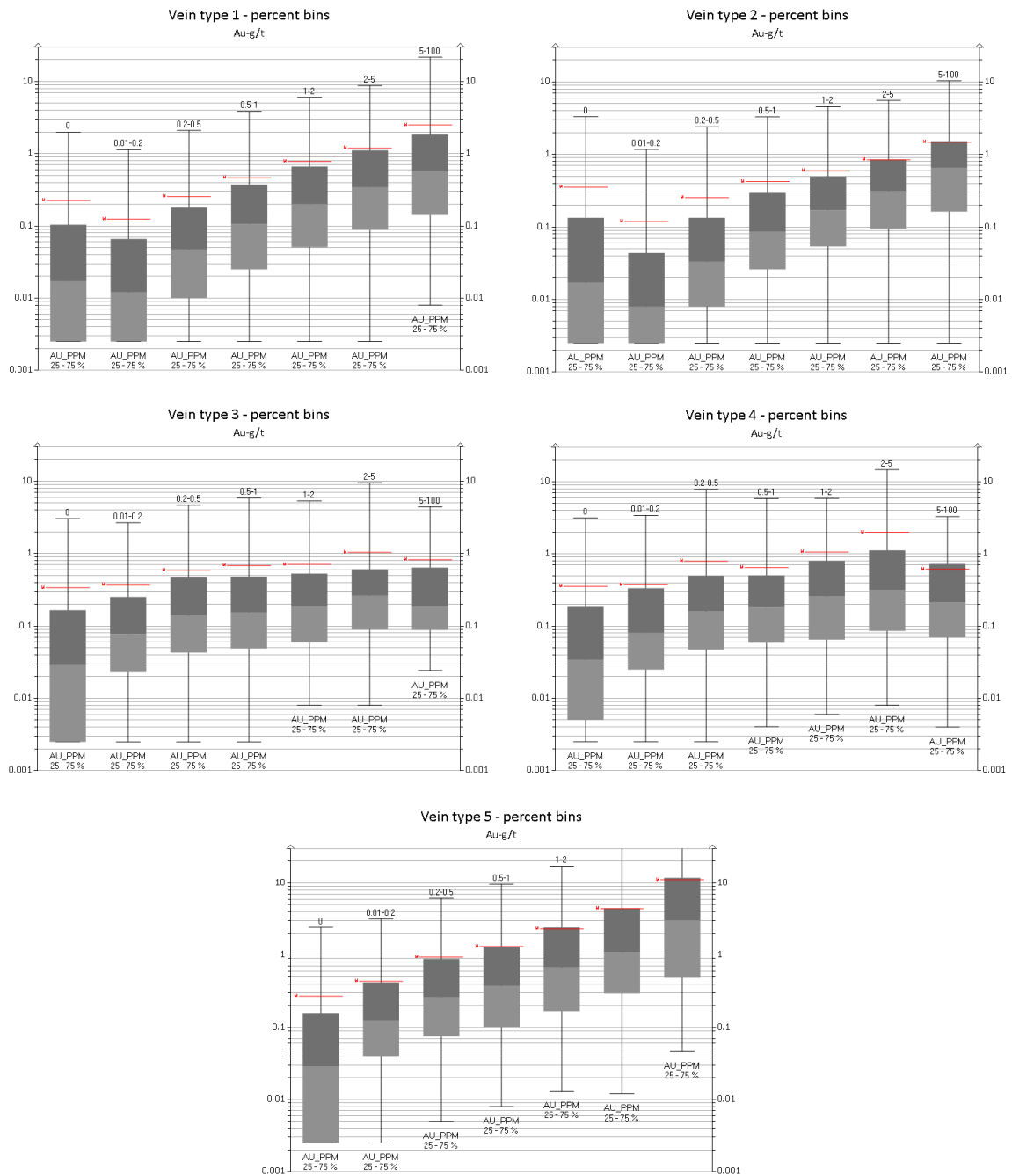
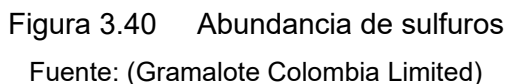


Figura 3.39 Abundancia de los tipos de vetas
Fuente: (Gramalote Colombia Limited)



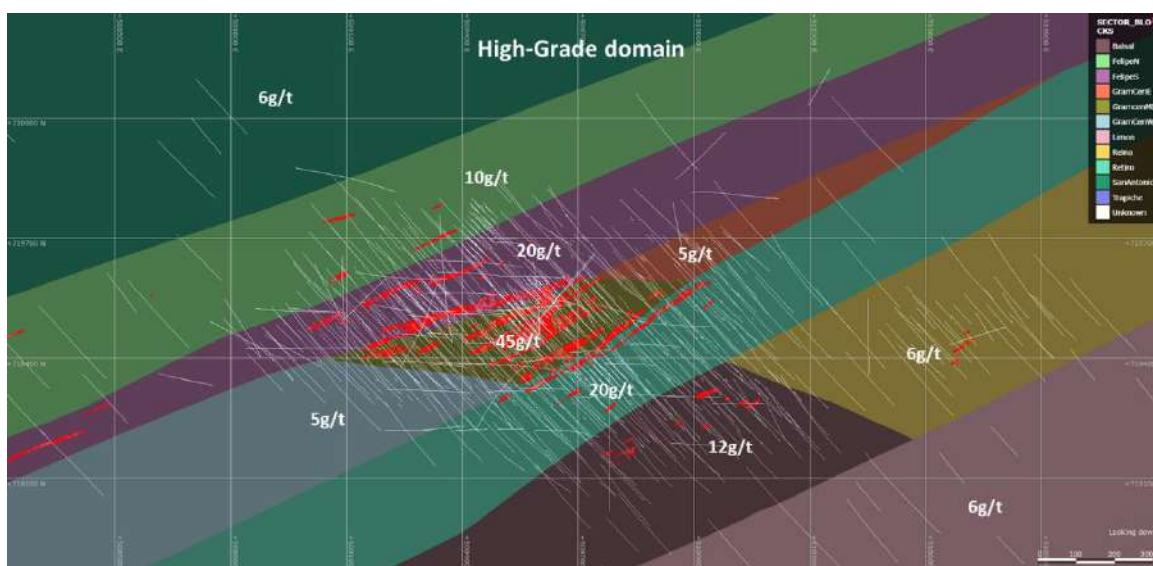
Los dominios LG y HG se subdividieron en dominios con capping para representar diferentes posiciones estructurales dentro del yacimiento. Los dominios con capping no se utilizaron como límites durante las estimaciones de tenor y sólo se utilizaron como regiones de diferentes niveles de capping (Tabla 3.17).

Tabla 3.17 Niveles de capping de Au

Sector Estructural	Nivel Capping Au		Nivel Capping Ag	
	Alto Tenor	Bajo Tenor	Alto Tenor	Bajo Tenor
San Antonio	6	2	10	4
Felipe Norte	10	3	7	5
Felipe Sur	20	6	20	15
Gramalote Este	5	3	2	5
Gramalote Central	45	6	50	40
Gramalote Oeste	5	3	12	4
Retiro	20	5	60	20
Balsal	12	4	12	9
Reina	6	3.5	4	3
Limon	6	3	1.5	1.5

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

El capping remueve aproximadamente el 4 % del contenido de oro (basado en la comparación de modelos idénticos, usando datos con capping y sin capping con un tenor de corte de 0 g/t) (Figura 3.41).



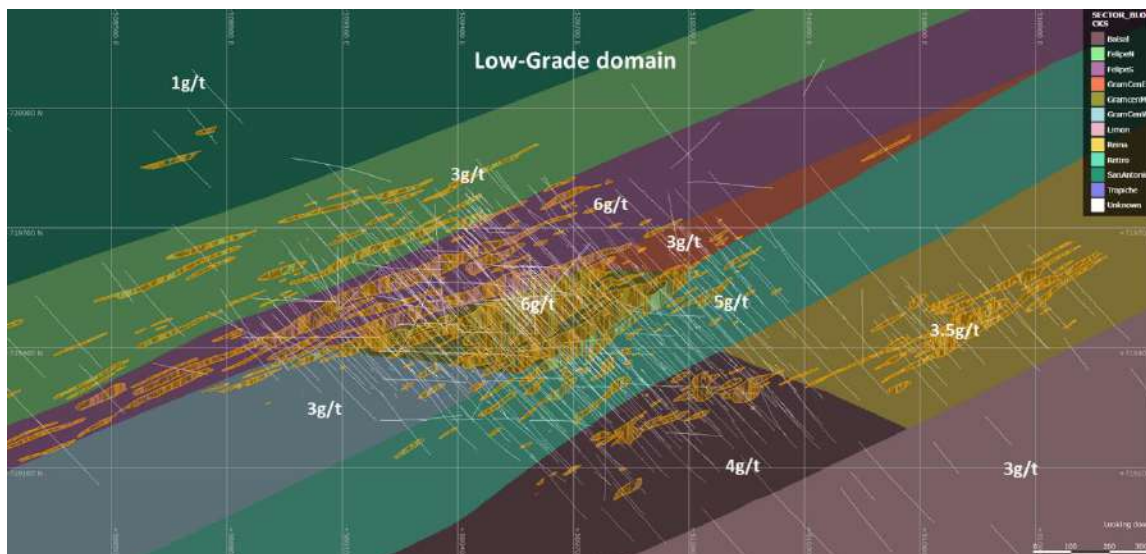


Figura 3.41 Dominios de capping Au

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

El material meteorizado se encuentra enriquecido en Ag. Por tanto, se realizó un capping de los datos de Ag por estado de meteorización en cada zona mineralizada (Tabla 3.18).

Tabla 3.18 Niveles de capping de Ag

Dominio	Dominio con Capping	Nivel cap Ag (g/t)	Dominio	Dominio con Capping	Nivel Cap Ag (g/t)
Bajo Tenor (LG)	Fresca	3-40	Alto tenor (HG)	Fresca	2-60
	Roca alterada	3-12		Roca alterada	1-100
	Saproilito	3-12		Saproilito	1-100

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.5.3 Asignación de densidad

Hasta 9 de marzo de 2022, se tomaron 10.111 medidas de densidad aparente en núcleos de perforación usando la metodología de desplazamiento de agua. Las muestras se tomaron cada 25 m aproximadamente. Para núcleos HQ, se usaron muestras de 20 cm de núcleo y para núcleos NQ se usaron muestras de 25 cm.

La densidad fue estimada en el modelo usando la interpolación por ID2 de las medidas de densidad de los núcleos de perforación. Las densidades aparentes se aplicaron al modelo donde no hubo estimación, basándose en la media del dominio y el estado de meteorización. Los valores anómalos o "outliers" obvios, se excluyeron de la base de datos antes de realizar los cálculos. La Tabla 3.19 muestra los valores de densidad aparente usados en el modelo de recursos.

Tabla 3.19 Densidades asignadas al modelo de recursos

Meteorización	Mineralizado					Esteril				
	n	Media	Desv Std	CV	Densidad Modelo	n	Media	Desv Std	CV	Densidad Modelo
Saprolito	162	1,66	0,31	0,19	1,66	115	1,64	0,28	0,17	1,65
Saprock	63	2,23	0,38	0,17	2,15	59	2,18	0,4	0,18	2,19
Roca Fresca	5477	2,65	0,05	0,02	2,64	1305	2,65	0,05	0,02	2,65

Fuente: (Gramalote Colombia Limited)

3.2.2.5.4 Recursos y reservas

Los recursos y reservas minerales fueron clasificadas utilizando los Estándares de Definición CIM.

Los recursos que fueron considerados factibles de ser explotados por el método de minado a cielo abierto, se restringieron dentro de envoltorios de tajo conceptuales de Lerchs y Grossmann (L-G), usando los parámetros de optimización como precios, costos, recuperaciones de oro y plata.

Los parámetros y supuestos principales usados para definir la envoltorio de los Recursos Minerales para Gramalote fueron; los precios del oro y plata, el tamaño de la planta de procesos (6 Mtpa), la recuperación de oro en función del tener de cada bloque (92,7% - 97,6%), los costos de minado de proceso, y los taludes del tajo. Basados en los costos y supuestos, el punto de equilibrio de los tenores de corte para el cálculo de Recursos Minerales fue de 0,3 g/t Au para sulfuros.

Así mismo, como parte integral de la actualización y optimización del PTO, fueron recalculadas las reservas minerales del proyecto.

La estimación de las Reservas Minerales se basó entre otras consideraciones; en solo la inclusión del depósito Gramalote como área de explotación a través del método convencional de minería a cielo abierto, un tenor de oro de 0,96 g/t de ley media, con 2,36 Moz de contenido, un tenor de plata de 1,03 g/t de ley media, con 2,54 Moz de contenido, la recuperación metalúrgica promedio de 95,6%, los costos de venta por onza, incluidas regalías, costos promedio de minería por tonelada extraída, costos promedio de procesamiento por tonelada procesada y costos generales promedio del proyecto por tonelada procesada. Las reservas minerales se reportan por encima de una ley de corte de 0,40 g / t Au.

Consecuente con lo anterior, debido al cambio del estándar y los ajustes en las mallas de recursos y por consiguiente de las reservas del proyecto, los tajos licenciados denominados Monjas y Gramalote Satélite, no son incluidos en el plan minero actualizado, por lo que no serán intervenidos o explotados por el proyecto, por lo que estas obras, incluyendo la actividad de retrolleado asociado a estas, son objeto de devolución y/o exclusión en el trámite actual de modificación.

El tenor de corte de los recursos es diferente al de las reservas debido al uso de distintos precios de oro y plata para recursos y reservas.

3.2.3 Fases y actividades del Proyecto

El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, tal como lo establece la Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2015, se diseñó para ser desarrollado en cuatro etapas o fases: reasentamiento (3 años), construcción y montaje (2,5 años), operación (11 años) y abandono, cierre y post cierre (7,5 años); sin embargo, por medio de la modificación acogida mediante Resolución 00782 de 2019 se estableció la ampliación de la etapa de operación en un (1) año más, para un total de 12 años para la etapa en mención. Así mismo, por medio de la Resolución 02427 del 11 de diciembre de 2019 la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, acogió la solicitud de extensión de la etapa de Reasentamiento y determinó que esta etapa “*no estará sujeta a ningún término*”, pues el reasentamiento deberá efectuarse como **obligación de resultado**. No obstante, mediante la Resolución 01447 del 18 de agosto de 2021 esta Autoridad realiza un ajuste vía seguimiento, modificando la actividad No. 1 del numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2015, modificado por el Artículo Primero de la Resolución 2427 del 11 de diciembre de 2019, en el sentido de determinar que “*La sociedad GRAMALOTE COLOMBIA LIMITED podrá adelantar la etapa de construcción y montaje, de manera concomitante con el reasentamiento escalonado, para lo cual deberá cumplir y observar las disposiciones que en materia de reasentamiento ha fijado el Banco Mundial, la Corporación Financiera Internacional, las mejores prácticas internacionales y las demás obligaciones que se establezcan por esta Autoridad Nacional.*”.

Actualmente, el proyecto de minería de oro a cielo abierto Gramalote se encuentra en etapa de Reasentamiento (RE), y pretende iniciar actividades de construcción y montaje una vez en cumplimiento de los numerales 1 y 9 del Artículo Cuarto de la Resolución 01447 de 2021, informe a las Autoridades ANLA con antelación la fecha prevista para dar inicio formal a la mencionada etapa, confirmando las unidades sociales que serán sujeto de aplicación de los diferentes criterios habilitantes y el esquema escalonado según el progreso o avance de las obras o actividades, así como el progreso del resultado del proceso de reasentamiento.

En este sentido, las etapas o fases se mantienen con un ajuste en el cronograma. La etapa o fase de construcción y montaje se sigue estimando para ser desarrollada durante 2,5 años; la operación (explotación y beneficio) se amplía a 13 años; y el abandono, cierre y post cierre se mantiene en 7,5 años.

3.2.3.1 Fase de construcción y montaje

De acuerdo de Ley 685 del 15 de agosto de 2001, Código de Minas, la etapa de construcción y montaje se define así: “*Terminado definitivamente el período de exploración, se iniciará el período de tres (3) años para la construcción e instalación de la infraestructura y del montaje necesarios para las labores de explotación. Sin embargo, el concesionario, sin perjuicio de su obligación de iniciar oportunamente la explotación definitiva, podrá realizar, en forma anticipada, la extracción, beneficio, transporte y comercialización de los minerales en la cantidad y calidad que le permitan la infraestructura y montajes provisionales o incipientes de que disponga. Para el efecto dará aviso previo y escrito a la autoridad concedente, de acuerdo con un Programa de Obras y Trabajos de la explotación*”.

provisional y anticipada.” (Artículo 72). Las actividades asociadas a la etapa de Construcción y Montaje se presentan y se describen en la Tabla 3.20.

No se incluyen actividades como construcción y montaje presa de colas y obras asociadas, helipuerto, túnel, presa y canal desviación del Guacas, sedimentador Campamento, entre otras; por ser obras no objeto de modificación.

Tabla 3.20 Fase de construcción y montaje

Actividad	Definición
Operación de casinos, oficinas y campamentos	Almacenamiento de insumos peligrosos y no peligrosos, disposición de residuos sólidos y la operación de sistema de tratamiento de agua (abastecimiento y vertimiento)
Transporte y acarreo	Cargue, transporte y descargue de agregados, material proveniente de la excavación, material proveniente de la remoción de la cobertura vegetal y suelo orgánico, así como también transporte de maquinaria y equipos, insumos, residuos de construcción y productos químicos entre otros. Se incluye además el transporte del personal de la obra.
Desmonte	Retiro de la cobertura vegetal para todas las actividades constructivas. Incluye zona de tajo, los depósitos, las vías, etc.
Descapote	Retiro del suelo orgánico, previo al desarrollo de las actividades de construcción.
Excavaciones y voladuras	Proceso de remoción de material o roca de un lugar. La excavación incluye operaciones de profundización, ruptura y cargue del material removido. Incluye construcción del tajo.
Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito, plataformas e infraestructura asociada, y áreas de movilidad y multipropósito.	Construcción de obras de arte, sistemas de drenaje y adecuación de sitios para la disposición de material proveniente de las excavaciones, suelo orgánico, desmonte, escombros, etc. y construcción de cimentaciones del depósito de estériles
Preparación de concretos y agregados	Incluye suministro de agua para preparación de concretos.
Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles	Construcción de edificaciones e infraestructura, construcción de obra negra y obra blanca, obras de drenaje y señalización, construcción de sistemas de captación, bombeo, potabilización y distribución de agua. Aplica para las instalaciones temporales y definitivas como: almacenes, campamentos, talleres, bodegas, estación de ciclones, planta de beneficio, sistemas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, además de las obras civiles para las desviaciones de cauces e incluye la instalación de luminarias
Construcción, operación y mantenimiento de vías	Instalación de sub-base, base, pavimento asfáltico o concreto, construcción de obras de arte y señalización.
Construcción de obras hidráulicas	Construcción de obras de drenaje y ocupaciones de cauce.

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.2.3.2 Fase de operación

De acuerdo de Ley 685 del 15 de agosto de 2001, Código de Minas, la etapa de operación se define así: *“El período máximo de explotación será el tiempo de la concesión*

descontando los períodos de exploración, construcción y montaje, con sus prórrogas. Si el concesionario resolviere dar comienzo a la explotación formal y definitiva de los minerales, aunque no estuvieren completas las obras y equipos de infraestructura y montaje, bien sea usando estas instalaciones y obras provisionales, así podrá proceder dando aviso a la autoridad concedente y sin perjuicio de su obligación de tener completas y en uso normal las obras e instalaciones definitivas dentro del plazo correspondiente.” (Artículo 73). Para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote la operación se subdivide en tres subetapas: (1) preliminares, (2) extracción y (3) beneficio y transformación.

Actividades preliminares: se consideran actividades preliminares o transversales en la fase de operación: operación de cascos, oficinas y campamentos; operación y mantenimiento de maquinaria y equipos; transporte y acarreo; operación de estaciones de servicio; operación y mantenimiento de obras hidráulicas y generación de energía (gas).

Extracción: se consideran actividades de extracción en la fase de operación: operación depósitos de materiales, desmonte, descapote, perforación y voladura, arranque mecánico y cargue, almacenamiento de roca y adecuación y mantenimiento de vías mineras.

Beneficio y transformación: se consideran actividades de beneficio y transformación en la fase de operación: preparación y distribución de insumos químicos para el proceso, trituración primaria, molienda (primaria y secundaria), flotación, concentración gravimétrica, lixiviación, adsorción con carbón (CIP), elución, electrodeposición de oro, fundición, tratamiento de colas y regeneración de carbón.

Tabla 3.21 Fase de operación

Actividad	Definición
Subfase	Actividades preliminares
Operación de casinos, oficinas y campamentos	Disposición de residuos sólidos y la operación de sistema de tratamiento de agua (abastecimiento y vertimiento)
Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos	Operación y desarrollo de actividades preventivas para el adecuado funcionamiento de la maquinaria y el equipo requeridos en la fase de operación: limpieza, cambio de aceite, lubricación, entre otros. Dentro de esta actividad también se incluye la operación constante de la plataforma de beneficio, que es el área donde se llevan a cabo procesos técnicos específicos del proyecto, así como la operación de las áreas de servicios y soporte. La operación del proyecto contempla diferentes tipos de iluminación, principalmente luminarias permanentes asociadas a plataformas operativas, áreas de proceso, zonas de servicios, campamentos, estaciones y puntos de control, donde se requiere alumbrado fijo para garantizar la seguridad, el tránsito de personal y la continuidad operativa. De manera complementaria, se emplea iluminación Puntual-Móvil, correspondiente a equipos portátiles que pueden ser desplazados hacia las áreas donde se requiera iluminación temporal. Adicionalmente, se considera la del tránsito vehicular en las vías del proyecto, proporcionada principalmente por los sistemas de iluminación de los propios vehículos en operación. Dentro de esta actividad también se incluye la operación constante de plataformas y áreas de movilidad y multipropósito, donde se llevan a cabo procesos técnicos específicos del proyecto.
Transporte y acarreo	Transporte del material retirado desde el sitio de extracción o tajo hasta las pilas de almacenamiento o el depósito según sea el caso (depósitos de estériles, suelo orgánico). Incluye transporte de los explosivos desde el sitio de almacenamiento hasta el tajo, transporte de personal y transporte de maquinaria e insumos para el proceso minero.
Operación de estaciones de servicio	Operación de estaciones para el almacenamiento y suministro de combustibles.
Operación y mantenimiento de obras hidráulicas	Se refiere a la operación y mantenimiento de diques, canales y demás obras hidráulicas
Generación de energía (gas)	La actividad de generación de energía corresponde a la instalación y operación de una central eléctrica destinada a suministrar electricidad al proyecto a partir del aprovechamiento del gas proveniente de la infraestructura de gas existente. La central contará con cuatro motores a gas, con una capacidad instalada total de 44 MW, suficiente para cubrir las demandas máximas del proyecto, estimadas en 30 MW. Tres motores estarán en operación continua y uno quedará en reserva. Se integrarán sistemas de desconexión de carga para gestión y seguridad operativa. El propietario de la tubería será el responsable de proporcionar la conexión hasta el sitio.
Subfase	Extracción

Actividad	Definición
Operación depósitos de materiales	Descargue, disposición y esparcimiento del material en el depósito de estériles, suelo orgánico y saprolito.
Desmonte	Retiro de la cobertura vegetal en el tajo, área de manejo de colas y zonas de depósito.
Descapote	Retiro del suelo orgánico en el tajo, área de manejo de colas y zonas de depósito.
Perforación y voladura	Incluye la ubicación de la maquinaria, ejecución de perforaciones, carga de material explosivo, retiro del área y activación del explosivo de acuerdo con los diseños.
Arranque mecánico y cargue	Retiro del material fragmentado y carga de camiones.
Almacenamiento de roca	Almacenamiento temporal del material fragmentado previo al transporte para el beneficio y transformación, realizado en el área del tajo que a este momento aún está sin explotar, o en la plataforma de facilidades mineras.
Adecuación y Mantenimiento de Vías Mineras	Adecuación de vías mineras por medio de perfilado y nivelación en aquellos sectores que lo requiera. Inspección de obras de arte, retiro de obstrucciones y rehabilitación de las que se encuentren en mal estado. Mantenimiento de señalización.
Subfase	Beneficio y transformación
Preparación y distribución de insumos químicos para el proceso	Preparación de los insumos para el proceso de beneficio y transformación, así como su distribución a las distintas áreas.
Trituración Primaria	Se realiza con el fin de disminuir el tamaño del mineral proveniente de los tajos y de este modo facilitar el manejo del material en la planta. Una vez finalizado este proceso se apila y se transporta al circuito de molienda.
Molienda	Esta operación se realiza posterior al proceso de trituración, se realiza en húmedo y se busca disminuir aún más el tamaño de la partícula. Se realiza en molino semi-autógenos (SAG) y un molino de bolas. Se incluye un proceso de remolienda.
Flotación	Acondicionamiento de pulpa, adición de reactivos, flotación Rougher, flotación Scavenger, recirculación del concentrado Scavenger, bombeo del concentrado Rougher, clasificación por tamaño, bombeo del producto de la remolienda, espesamiento de pulpa, recuperación de agua, bombeo de pulpa para la cianuración, alimentación de la remolienda, alimentación del circuito gravimétrico de finos, espesamiento de colas, recuperación de agua, bombeo de colas para la presa de colas.
Concentración Gravimétrica	Cribado, concentración gravimétrica.
Lixiviación	Cribado, alimentación de la cianuración, inyección de aire, dosificación de reactivos, cianuración en tanques agitados, bombeo de la pulpa cianurada.

Actividad	Definición
Adsorción con carbón (CIP)	Recepción de pulpa, admisión de carbón en los tanques, adsorción de metales en carbón, transferencia de pulpa entre tanques, cribado de colas de adsorción, bombeo de la pulpa para el CCD (Decantador en contracorriente), cribado del carbón cargado, transferencia del carbón cargado para la elución.
Elución	Recepción de carbón en columna de lavado ácido, admisión de solución ácida, recepción de carbón en la columna de elución, elución de metales, bombeo de solución rica para electrodeposición, alimentación del horno de regeneración de carbón, regeneración de carbón, transferencia de carbón regenerado para tanques de adsorción.
Electrodeposición de Oro	Recibimiento de solución rica, bombeo de solución rica para las celdas electrolíticas, recirculación de solución en las celdas electrolíticas, admisión de NaOH, electrodeposición de oro y plata, filtración de precipitado, alimentación del horno de fusión.
Fundición	Recuperación de los metales de oro y plata desde las soluciones lixiviadas mediante el uso de calor a través de procesos pirometalúrgicos.
Tratamiento de Colas	Alimentación del espesamiento pos-cianuración, bombeo de la pulpa para decantación, bombeo de la pulpa del circuito de decantación, bombeo de la solución del decantador, bombeo de solución cianurada para H ₂ O ₂ destrucción, distribución de cianuro con H ₂ O ₂ , bombeo de solución detoxificada para el circuito CCD, bombeo de la solución del decantador para detoxificación con SO ₂ , adición de reactivos para detoxificación con SO ₂ , bombeo final de colas. Esta actividad contempla además el transporte hacia el sitio de tratamiento y la operación de ciclones.
Regeneración de carbón	Paso siguiente a la elución que consiste en la remoción de la mayor cantidad de materiales deletéreos orgánicos e inorgánicos que se adhiere al carbón durante la adsorción y que no es removida durante la elución; esta remoción se logra a través del calentamiento en hornos que alcanzan hasta los 650 grados de temperatura, logrando que el carbón recupere su capacidad de adsorción.

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.2.3.3 Fase de abandono, cierre y post cierre

El artículo 209 del Código de Minas, denominado Obligaciones en el caso de terminación, establece que, en todos los casos de terminación del título, el beneficiario estará obligado a hacer las obras y poner en práctica todas las medidas ambientales necesarias para el cierre o abandono de las operaciones y frentes de trabajo. Para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote la operación se subdivide en tres actividades: (1) desmantelamiento y/o demoliciones. (2) adecuaciones a las lagunas de sedimentación y (3) transporte y acarreo.

Tabla 3.22 Fase de abandono, cierre y post cierre

Actividad	Definición
Desmantelamiento / Demoliciones	Demolición de la infraestructura asociada al proceso minero, tal como planta de beneficio, talleres de mantenimiento, estaciones de bombeo, estaciones de ciclones, entre otras. Hace parte de esta actividad el retiro de estaciones de bombeo, retiro de tuberías y ductos de transporte de colas, así como la neutralización de los residuos de combustibles y aceites y colas de lixiviación presentes en estas redes.
Adecuaciones a las lagunas de sedimentación	Remoción de sedimentos, demolición de las presas y desagüe de hacia las fuentes originales.
Transporte y acarreo	Transporte de suelo para las actividades de rehabilitación y de escombros del proceso de desmantelamiento, así como también el acarreo de insumos y materiales asociados a la etapa de cierre.

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.2.3.4 Consolidado fases del Proyecto

Con el fin de contextualizar el análisis ambiental y asegurar la trazabilidad entre el diseño del proyecto, la huella de intervención y la identificación de impactos, a continuación, se presenta la Tabla 3.23 que consolida las fases y actividades de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Esta estructuración incorpora tanto las actividades asociadas a las obras nuevas, a las obras objeto de modificación como aquellas correspondientes a las obras no objeto de modificación.

Tabla 3.23 Fases y actividades de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote

Etapa	Actividad	Definición
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	Operación de casinos, oficinas y campamentos	Almacenamiento de insumos peligrosos y no peligrosos, disposición de residuos sólidos y la operación de sistema de tratamiento de agua (abastecimiento y vertimiento)
	Transporte y acarreos	Cargue, transporte y descargue de agregados, material proveniente de la excavación, material proveniente de la remoción de la cobertura vegetal y suelo orgánico, así como también transporte de maquinaria y equipos, insumos, residuos de construcción y productos químicos entre otros. Se incluye además el transporte del personal de la obra
	Desmonte	Retiro de la cobertura vegetal para todas las actividades constructivas. Incluye zona de tajo, los depósitos, las vías, etc.
	Descapote	Retiro del suelo orgánico, previo al desarrollo de las actividades de construcción.
	Excavaciones y voladuras	Proceso de remoción de material o roca de un lugar. La excavación incluye operaciones de profundización, ruptura y cargue del material removido. Incluye construcción del tajo.

Etapa	Actividad	Definición
	Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito, plataformas e infraestructura asociada, y áreas de movilidad y multipropósito.	Construcción de obras de arte, sistemas de drenaje y adecuación de sitios para la disposición de material proveniente de las excavaciones, suelo orgánico, desmonte, escombros, etc.
	Preparación de concretos y agregados	Incluye suministro de agua para preparación de concretos.
	Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles	Construcción de edificaciones e infraestructura, construcción de obra negra y obra blanca, obras de drenaje y señalización, construcción de sistemas de captación, bombeo, potabilización y distribución de agua. Aplica para las instalaciones temporales y definitivas como: almacenes, campamentos, talleres, bodegas, estación de ciclones, planta de beneficio, sistemas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, además de las obras civiles para las desviaciones de cauces.
	Construcción, operación y mantenimiento de vías	Instalación de sub-base, base, pavimento asfáltico o concreto, construcción de obras de arte y señalización.
	Construcción de obras hidráulicas	Construcción de obras de drenaje y ocupaciones de cauce.
OPERACIÓN	Actividades preliminares	Operación de cascos, oficinas y campamentos
		Operación y desarrollo de actividades preventivas para el adecuado funcionamiento de la maquinaria y el equipo requeridos en la fase de operación: limpieza, cambio de aceite y lubricación, entre otros. Dentro de esta actividad también se incluye la operación constante de plataformas y áreas de movilidad y multipropósito, donde se llevan a cabo procesos técnicos específicos del proyecto.
		Transporte y acarreo

Etapa	Actividad	Definición
	Operación de estaciones de servicio	Operación de estaciones para el almacenamiento y suministro de combustibles.
	Operación y mantenimiento de obras hidráulicas	Se refiere a la operación y mantenimiento de diques, canales y demás obras hidráulicas
	Generación de energía (gas)	La actividad de generación de energía corresponde a la instalación y operación de una central eléctrica destinada a suministrar electricidad al proyecto a partir del aprovechamiento del gas proveniente de la infraestructura de gas existente. La central contará con cuatro motores a gas, con una capacidad instalada total de 44 MW, suficiente para cubrir las demandas máximas del proyecto, estimadas en 30 MW. Tres motores estarán en operación continua y uno quedará en reserva. Se integrarán sistemas de desconexión de carga para gestión y seguridad operativa. El propietario de la tubería será el responsable de proporcionar la conexión hasta el sitio.
	Extracción	Operación de depósitos de materiales
Desmonte		Retiro de la cobertura vegetal en el tajo, área de manejo de colas y zonas de depósito.
Descapote		Retiro del suelo orgánico en el tajo, área de manejo de colas y zonas de depósito.
Perforación y voladura		Incluye la ubicación de la maquinaria, ejecución de perforaciones, carga de material explosivo, retiro del área y activación del explosivo de acuerdo con los diseños.
Arranque mecánico y cargue		Retiro del material fragmentado y carga de camiones.
Almacenamiento de roca		Almacenamiento temporal del material fragmentado previo al transporte para el beneficio y transformación, realizado en el área del tajo que a este momento aún está sin explotar, o en la plataforma de facilidades mineras.
Adecuación y Mantenimiento de Vías Mineras		Adecuación de vías mineras por medio de perfilado y nivelación en aquellos sectores que lo requiera. Inspección de obras de arte, retiro de obstrucciones y rehabilitación de las que se encuentren en mal estado. Mantenimiento de señalización.
Beneficio y transformación	Preparación y distribución	Preparación de los insumos para el proceso de beneficio y transformación, así como su distribución a las distintas áreas.

Etapa		Actividad	Definición
		insumos químicos para el proceso	
		Trituración Primaria	Se realiza con el fin de disminuir el tamaño del mineral proveniente de los tajos y de este modo facilitar el manejo del material en la planta. Una vez finalizado este proceso se apila y se transporta al circuito de molienda.
		Molienda	Esta operación se realiza posterior al proceso de trituración, se realiza en húmedo y se busca disminuir aún más el tamaño de la partícula. Se realiza en molino semi-autógenos (SAG) y un molino de bolas. Se incluye un proceso de remolienda.
		Flotación	Acondicionamiento de pulpa, adición de reactivos, flotación Rougher, flotación Scavenger, recirculación del concentrado Scavenger, bombeo del concentrado Rougher, clasificación por tamaño, bombeo del producto de la remolienda, espesamiento de pulpa, recuperación de agua, bombeo de pulpa para la cianuración, alimentación de la remolienda, alimentación del circuito gravimétrico de finos, espesamiento de colas, recuperación de agua, bombeo de colas para la presa de colas.
		Concentración Gravimétrica	Cribado, concentración gravimétrica.
		Lixiviación	Cribado, alimentación de la cianuración, inyección de aire, dosificación de reactivos, cianuración en tanques agitados, bombeo de la pulpa cianurada.
		Adsorción con carbón (CIP)	Recepción de pulpa, admisión de carbón en los tanques, adsorción de metales en carbón, transferencia de pulpa entre tanques, cribado de colas de adsorción, bombeo de la pulpa para el CCD (Decantador en contracorriente), cribado del carbón cargado, transferencia del carbón cargado para la elución.
		Elución	Recepción de carbón en columna de lavado ácido, admisión de solución ácida, recepción de carbón en la columna de elución, elución de metales, bombeo de solución rica para electrodeposición, alimentación del horno de regeneración de carbón, regeneración de carbón, transferencia de carbón regenerado para tanques de adsorción.
		Electrodeposición de Oro	Recibimiento de solución rica, bombeo de solución rica para las celdas electrolíticas, recirculación de solución en las celdas electrolíticas, admisión de NaOH,

Etapa		Actividad	Definición
			electrodeposición de oro y plata, filtración de precipitado, alimentación del horno de fusión.
		Fundición	Recuperación de los metales de oro y plata desde las soluciones lixiviadas mediante el uso de calor a través de procesos pirometalúrgicos.
		Tratamiento de Colas	Alimentación del espesamiento pos-cianuración, bombeo de la pulpa para decantación, bombeo de la pulpa del circuito de decantación, bombeo de la solución del decantador, bombeo de solución cianurada para H ₂ O ₂ destrucción, distribución de cianuro con H ₂ O ₂ , bombeo de solución detoxificada para el circuito CCD, bombeo de la solución del decantador para detoxificación con SO ₂ , adición de reactivos para detoxificación con SO ₂ , bombeo final de colas. Esta actividad contempla además el transporte hacia el sitio de tratamiento y la operación de ciclones.
		Regeneración de carbón	Paso siguiente a la elución que consiste en la remoción de la mayor cantidad de materiales deletéreos orgánicos e inorgánicos que se adhiere al carbón durante la adsorción y que no es removida durante la elución; está remoción se logra a través del calentamiento en hornos que alcanzan hasta los 650 grados de temperatura, logrando que el carbón recupere su capacidad de adsorción.
ABANDONO Y CIERRE	Abandono y cierre	Desmantelamiento / Demoliciones	Demolición de la infraestructura asociada al proceso minero, tal como planta de beneficio, talleres de mantenimiento, estaciones de bombeo, estaciones de ciclones, entre otras. Hace parte de esta actividad el retiro de estaciones de bombeo, retiro de tuberías y ductos de transporte de colas, así como la neutralización de los residuos de combustibles y aceites y colas de lixiviación presentes en estas redes.
		Adecuaciones a las lagunas de sedimentación	Remoción de sedimentos, demolición de las presas y desagüe de hacia las fuentes originales.
		Transporte acarreo y	Transporte de suelo para las actividades de rehabilitación y de escombros del proceso de desmantelamiento, así como también el acarreo de insumos y materiales asociados a la etapa de cierre.

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3 DISEÑO DEL PROYECTO

En la Figura 3.42 se presenta la huella del proyecto sectorizada tal como los solicitan los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Explotación Minera, emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (TdR-13), que incluye: (1) Áreas de explotación, (2) Áreas de beneficio y transformación de minerales, (3) Áreas para manejo de material sobrante, (4) Instalaciones de soporte minero.

Este numeral presenta el detalle del área de explotación propiamente dicha. Se incluye: sistema y método de explotación, diseño geométrico de la explotación, secuencia de la explotación, duración de la explotación, equipos y maquinaria a utilizar en el área de explotación, sistemas de transporte, obras de arte requeridas al interior de la explotación, descripción modificación redes de drenaje al interior de la explotación, actividades de transporte y rutas de movilización interna del mineral, sobrantes, equipos y personal, diseño de explosivos, plan de obras y ubicación de fuentes de iluminación artificial.

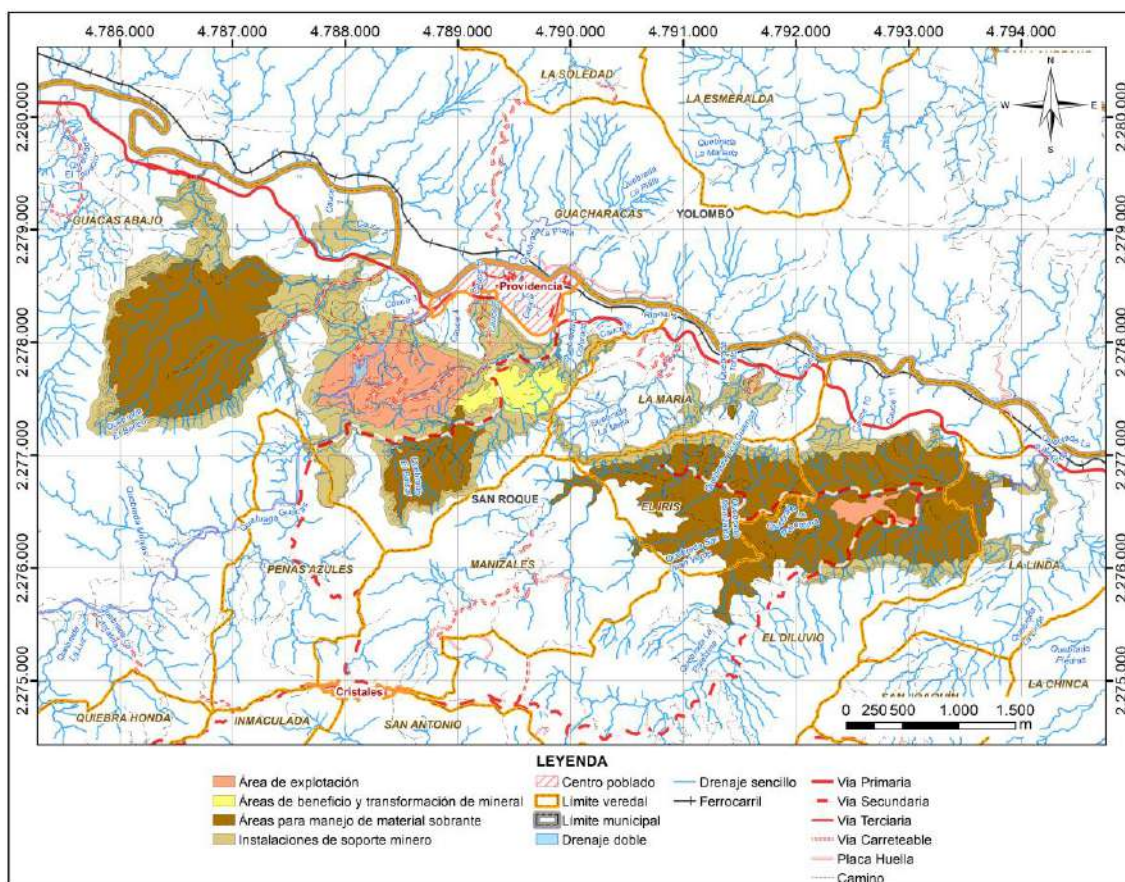


Figura 3.42 Huella del proyecto sectorizada

Fuente. Integral S.A., 2026.

A continuación, se presenta la distribución de las áreas en donde se propone el desarrollo de los trabajos y obras de explotación, así como las obras estrictamente necesarias para el beneficio, transporte interno y servicios de apoyo, teniendo en cuenta la clasificación de áreas que se relacionan a continuación:

Tabla 3.24 Distribución de las áreas de operación

Áreas del Proyecto	Área de Intervención efectiva (ha)
Áreas de explotación	85,27
Áreas de beneficio y transformación de minerales	26,41
Áreas para manejo de material sobrante	446,40
Instalaciones de soporte minero	441,05
Total	999,12

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Áreas de explotación: las áreas de explotación corresponden a aquellos sectores utilizados para la extracción de mineral y de estéril. Se considera el tajo Gramalote y la Cantera Golder (esta última no es objeto de modificación).

La tabla siguiente muestra las áreas intervenidas como fuente de extracción de materiales.

Tabla 3.25 Áreas de explotación

Área de Explotación	Área Obras (ha)	Área de Intervención efectiva (ha)
Tajo Gramalote	74,64	74,63
Cantera Golder (No Objeto de Modificación)	10,64	10,64
Subtotal	No debe totalizarse	85,27

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Áreas de beneficio y transformación de minerales: las áreas de beneficio y transformación de minerales comprenden el área de la plataforma usada para el emplazamiento de la planta de beneficio y transformación de los minerales de interés.

Tabla 3.26 Áreas de beneficio y transformación de minerales

Áreas de beneficio y transformación de minerales	Área Obras (ha)	Área de Intervención efectiva (ha)
Plataforma Trituración	4,10	4,10
Plataforma Planta	22,90	22,31
Subtotal	No debe totalizarse	26,41

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Áreas para manejo de material sobrante: para las áreas destinadas a la disposición del material sobrante resultante de la explotación, se proyectan dos depósitos de material de

estériles, denominados como el Depósito San Antonio y Depósito El Balsal. Este último tiene también como función el acopio de mineral (stockpiles) por su cercanía al área de trituración. Adicionalmente, en esta categoría se puede definir el área para el manejo de colas o relaves provenientes del proceso de beneficio y sus obras anexas; estas obras y sus anexidades son definidas para este estudio como obras no son objeto de modificación.

Tabla 3.27 Áreas para manejo de material sobrante

Áreas para manejo de material sobrante	Área Obras (ha)	Área de Intervención efectiva (ha)
Depósito San Antonio	162,10	153,99
Depósito El Balsal	42,90	35,44
Manejo de relaves (colas) (No Objeto de Modificación)	320,58	256,97
Subtotal	No debe totalizarse	446,40

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Instalaciones de soporte minero: son todas las áreas directamente implicadas en las operaciones unitarias y auxiliares de minería, y están conformadas por las áreas destinadas a las vías (infraestructura y mineras), plataformas e infraestructura asociadas a ellas (plataforma de trituración, zona de servicio, campamento y oficinas, portería, plataforma La Mayoría, polvorín, ciclonado y obras anexas, PTAP, PTAR, áreas de servicio, entre otras), depósitos de material sobrante de excavación (ZODME), presas y sedimentadores, obras asociadas al desvío de la quebrada Guacas (no objeto de modificación), canales de aguas de contacto y no contacto y vertimientos, áreas de movilidad y multipropósito y otras zonas de apoyo (helipuerto-no objeto de modificación).

Tabla 3.28 Instalaciones de soporte minero

Instalaciones de soporte minero	Área Obras (ha)	Área de Intervención efectiva (ha)
Vías	68,68	67,96
Plataformas e infraestructura asociadas a ellas	42,39	39,14
Depósitos de material sobrante de excavación	39,50	39,43
Sedimentadores e infraestructura asociada	25,36	22,31
Desvío Guacas (no objeto de modificación)	10,91	7,04
Canales	47,74	44,29
Área de movilidad y multipropósito	222,20	220,89
Subtotal	No debe totalizarse	441,05

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.3.1 Sistema y método de explotación

Los estudios llevados a cabo se han centrado en definir la mejor opción técnica-económica para la extracción de las reservas minerales disponibles, al igual que en realizar los cálculos

relacionados con la apertura de la mina, el desarrollo de la infraestructura requerida y la determinación de las inversiones y costos de operación.

El desarrollo del Plan de Trabajo y Obras PTO se enfocó en el depósito o tajo Gramalote, que presenta un estilo de mineralización relacionado a una intrusión granítica, con venillas milimétricas de baja ley controladas estructuralmente. Es así como, el sistema y método de explotación no cambia con respecto al proyecto licenciado, por lo que se mantiene el sistema de explotación a cielo abierto, a través del método de bancos y rampas, al igual que las operaciones unitarias mineras.

- Preparación del frente: inicialmente se realizarán las actividades de desmonte y descapote; para acceder a los frentes de trabajo.
- Arranque y Cargue: el arranque será realizado a través de voladuras y medios mecánicos de acuerdo con las especificaciones y dureza de los materiales a extraer. Después de la voladura se procederá al cargue con palas hidráulicas.
- Transporte o Acarreo: el traslado del material o mineral arrancado desde el frente de extracción hasta el sitio de acopio o planta de beneficio, o al depósito de estériles.
- Descargue: el estéril se descarga en el depósito, por volteo, en caída libre hacia el frente de avance de este. En el caso del mineral, será descargado también por volteo de forma directa en la trituración, y/o se almacenará temporalmente en el área de trituración o en las pilas de almacenamiento.
- Disposición de estériles: disposición técnica y controlada, final o temporal de los materiales que no presentan valor económico. Una vez se descargue el material en el sitio, será asistido por tractores que empujarán hacia la cara libre el estéril remanente para organizar el frente de descargue
- Almacenamiento: acopio temporal del material explotado en los depósitos establecidos o en la plataforma de trituración, para su ingreso posterior a la planta de beneficio y transformación.

3.3.1.1Diseño geométrico de la explotación

Teniendo en cuenta, que el proceso de optimización del diseño y del plan minero se enfocó en priorizar la explotación de las zonas con mayor grado de mineralización, la explotación de los recursos se enfocó en el depósito Gramalote principal, y fueron excluidos del plan minero los tajos Gramalote Satélite y Monjas. A continuación, se presentan las principales modificaciones propuestas asociadas al área de explotación (tajo), con relación a la licencia ambiental vigente.

En la Figura 3.43, se presenta en color verde las áreas de explotación (tajos) autorizadas en la licencia vigente, y en color gris el tajo presentado en la actual solicitud de modificación. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-CAM-01.

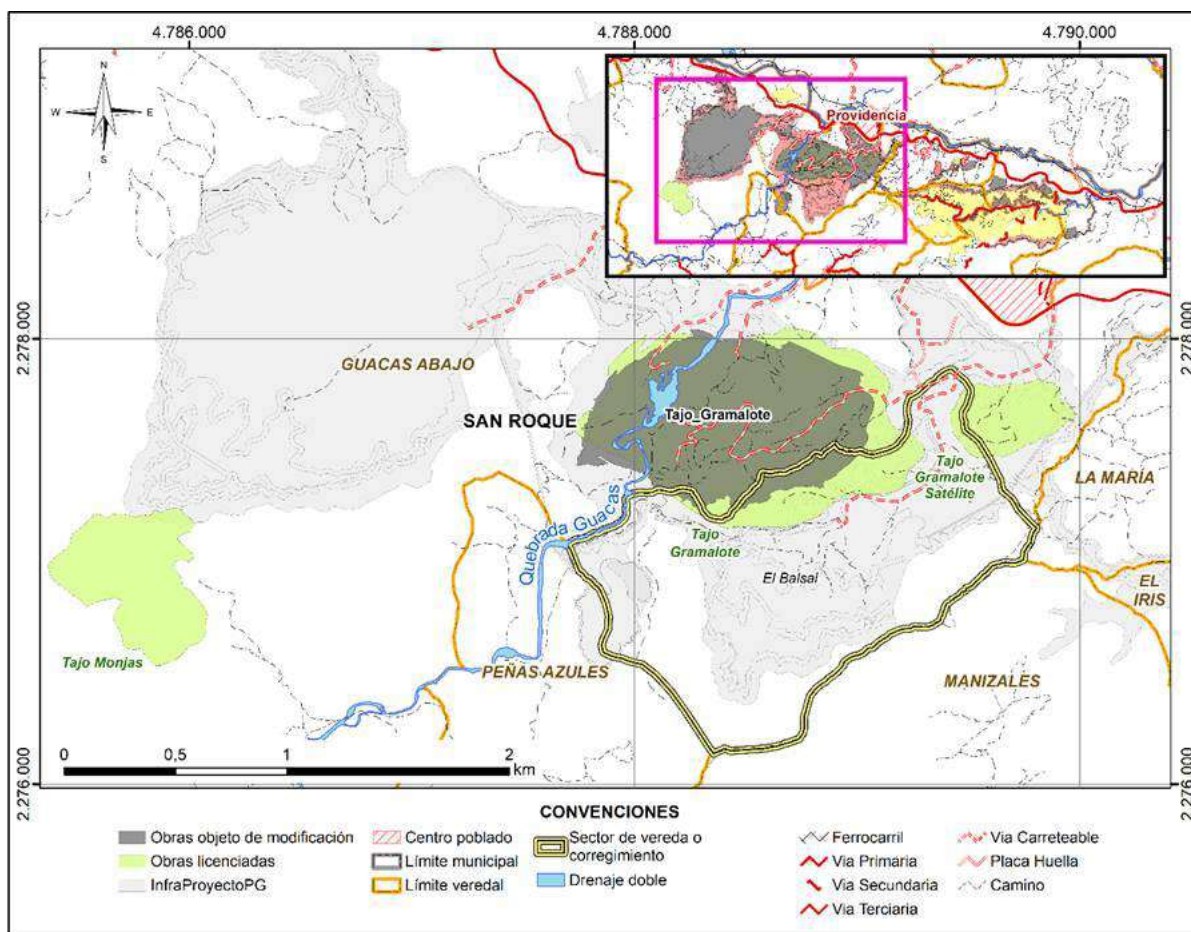
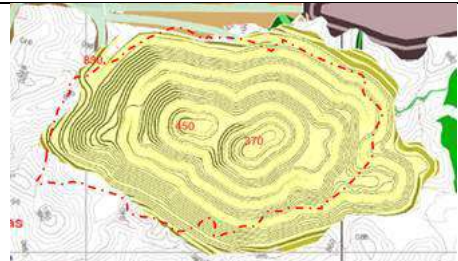
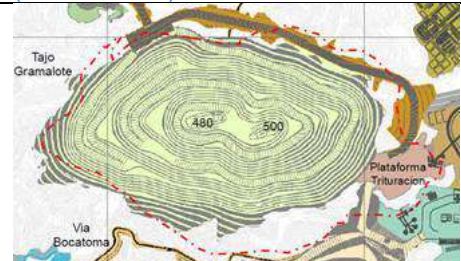


Figura 3.43 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Tajos (Frentes de explotación).

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.29 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Tajos (Frentes de explotación)

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Tajos (Frentes de explotación)	3 frentes de explotación: Tajo Gramalote, Tajo Gramalote Satélite y Tajo Monjas	1 frente de explotación: Tajo Gramalote
Área Tajo Gramalote	96,87 ha	74,64 ha
Tajo G. Satélite / Tajo Monjas	30,23 ha / 14,02 ha	N.A. / N.A.
Cota máxima Tajo Gramalote	980 m.s.n.m.	990 m.s.n.m.
Cota mínima Tajo Gramalote	370 m.s.n.m.	480 m.s.n.m.

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Diferencia de Cotas Tajo Gramalote	610 metros	510 metros
Profundidad Tajo Gramalote - Relación Cota de llenado para el cierre 813,9 msnm	443,9 metros	333,9 metros
Total roca minada	574,1 millones de toneladas (Mt)	318,5 millones de toneladas
Criterios de diseño	Altura del banco: 20 m Ángulo Cara de Banco: 75° - 85° Ancho Berma: 6,7 m	Altura del banco: 20 m Ángulo Cara de Banco: 75° - 85° / 50° (meteorizado) Ancho Berma: 9,8 m / 10 m (meteorizado)
Geometria		

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

La optimización del diseño y plan minero conllevo a una disminución de la cantidad total de roca a ser minada durante la fase de explotación, que se estima para la presente modificación en 318,5 millones de toneladas (Mt); 255,6 Mt menos que lo proyectado en la licencia vigente. La modificación implica también una variación en la geometría y profundidad del tajo Gramalote, enmarcado en una reducción del área bruta de intervención de este de aproximadamente 22,23 ha; y una disminución aproximada de 110 metros de profundidad relativa del mismo, con respecto a la cota 813,9 m.s.n.m. (cota de referencia del llenado del tajo), siendo el tajo presentado en esta modificación menos profundo que el actualmente licenciado.

Las rampas principales del tajo se diseñaron con 30 m de ancho para acceso bidireccional, incluyendo espacios para drenaje y taludes, y con una pendiente máxima del 10%. El sistema de doble rampa comenzará a 660 m de altitud y se extenderá hasta la salida de la mina, ubicada aproximadamente a 820 m. Un sistema de doble rampa soporta más del 75% del total de onzas extraídas. Por debajo de los 660 m de altitud, se prevé un sistema de rampa simple, consistente en una rampa de 30m de ancho con una pendiente del 10%, que se extenderá hasta los 500 m de altitud.

En cuanto a los aspectos geotécnicos, se han actualizado los parámetros principales de diseño del tajo, modelando las condiciones de equilibrio de las paredes finales, teniendo en cuenta los factores que pueden afectar su estabilidad.

Los principales cambios a los parámetros de diseño se refieren a un aumento de las bermas a 9,8-10 m de ancho, rampas de 30 m, manteniendo los taludes de banco para roca fresca y meteorizada, así como la altura de banco de 20m. Todo lo anterior definió ángulos inter-rampa entre 52,8 y 60 grados, y ha permitido mantener o mejorar los factores de seguridad del nuevo diseño de tajo.

En el ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS_MINERAS_01_Tajo, se presentan los planos y perfiles asociados al tajo Gramalote.

El modelo geológico y por consiguiente la estimación y categorización de los recursos minerales y reservas, sirvieron como base para definir la geometría del cuerpo mineralizado, caracterizar su distribución espacial y establecer categorías de recursos y reservas, contribuyendo a la planificación de las etapas de exploración y evaluación económica del proyecto. En este sentido como se mencionó anteriormente, la optimización del proyecto se enfocó en la explotación de un único depósito denominado el tajo Gramalote.

La optimización del tajo Gramalote fue realizada utilizando el software de optimización GEOVIA Whittle® el cual utiliza el algoritmo de Lerchs y Grossmann, y que tiene como propósito definir el tajo final óptimo y una secuencia de extracción que maximice el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto minero, permitiendo disminuir la relación de descapote y por ende la cantidad de estéril a generar, reduciendo la huella del proyecto, y generando un menor impacto ambiental y social.

Es así como se definió realizar una explotación en dos fases, una Fase 1 más pequeña que permite inicialmente una relación de descapote más baja y un acceso temprano a material de mayor ley, y el tiempo suficiente para que se desarrolle el tajo final (Fase 2), sin afectar la disponibilidad de mineral para alimentar a la planta (Figura 3.44).

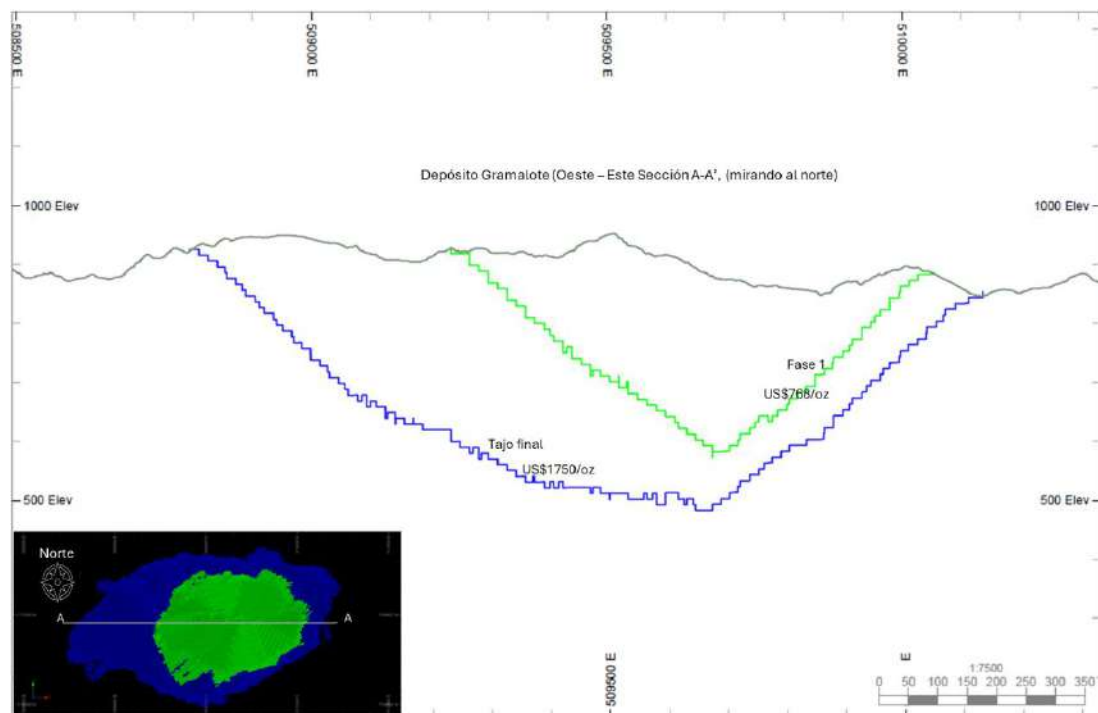


Figura 3.44 Envoltentes de optimización Whittle. Fase 1 (intermedia) y Fase Final – Tajo Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En consecuencia, el diseño operativo del tajo se realizó con base a las envolventes económicas seleccionadas como envolvente final y una fase intermedia para el tajo Gramalote, teniendo en cuenta el equipo minero preseleccionado, los parámetros geotécnicos para el tajo y la altura del banco. El tajo Gramalote fue diseñado con una altura de banco de 10 m para la excavación dejando una berma en cada banco doble.

En la Figura 3.45 se muestra el esquema de la información utilizada para el diseño.

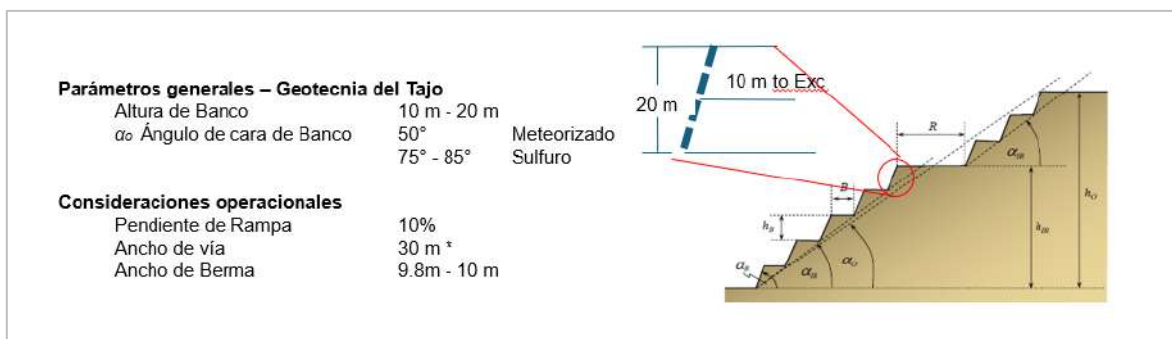


Figura 3.45 Esquema de Ángulos de Diseño

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Por consiguiente y de acuerdo con la optimización del diseño geométrico de explotación, el área de intervención del tajo Gramalote es de 74,6 ha, llegando a la cota 480 m s.n.m. de profundidad al final de la explotación de este.

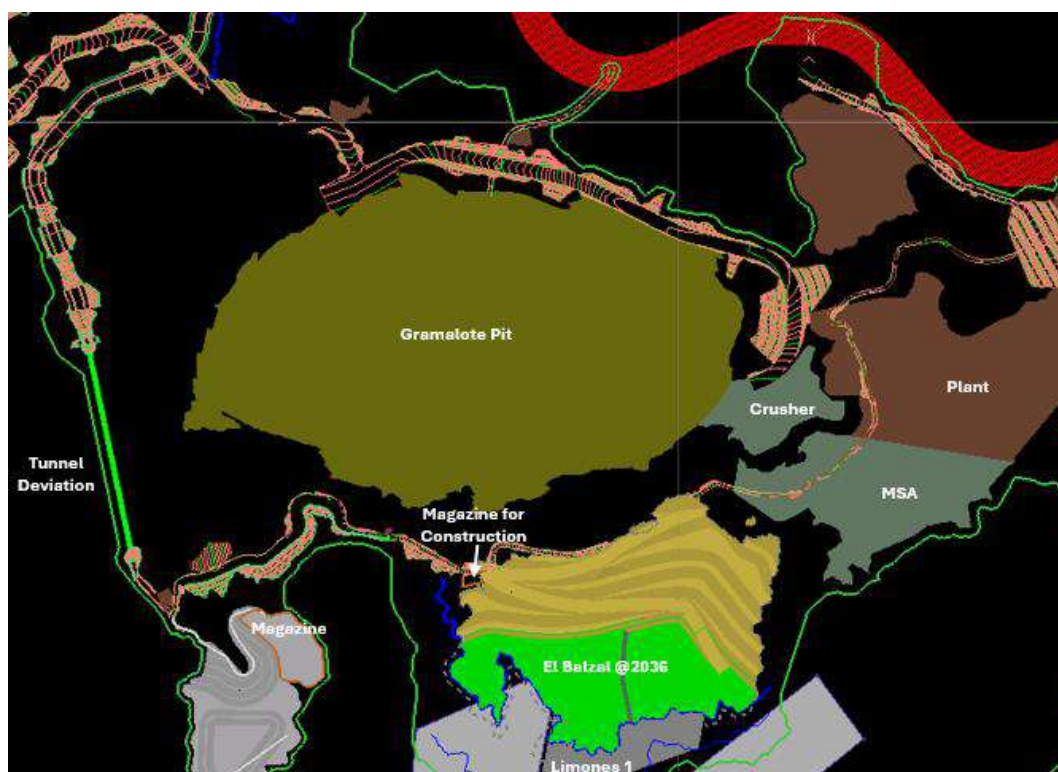


Figura 3.46 Vista en Planta del tajo Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.3.1.1.1 Diseño de fase 1 y fase 2 (tajo final)

Se prevé explotar el depósito o tajo Gramalote en dos fases: la Fase 1 comenzará en el último año de construcción y montaje y se extenderá hasta el año 4 de la etapa de operación, desde la cota de arranque 990 hasta alcanzar la cota 620 al final de la fase. Al finalizar la explotación de esta fase 1 se tendrá aproximadamente 900 m de largo, 500 m de ancho y se alcanzará una profundidad aproximada de 200 m, teniendo como referente para el inicio de profundización del tajo la cota mínima natural del terreno de 813,9 m.s.n.m. Esta fase contiene 102 Mt, lo que representa el 32 % del tonelaje total a lo largo de la vida útil de la mina.

Se proyecta que la Fase 2 del tajo comience en el tercer año hasta el año 10 de la etapa de operación, desde la cota de arranque 990 hasta la cota 480 al final de la fase. Al finalizar la explotación de la Fase 2 se tendrá aproximadamente una dimensión de 1.300 m de largo, 750 m de ancho y una profundidad de 333,9 m, teniendo como referente para el inicio de profundización del tajo la cota mínima natural del terreno de 813,9 m.s.n.m. Esta fase

contiene 217 Mt, lo que representa el 68 % del tonelaje total a lo largo de la vida útil de la mina.

Las rampas principales se diseñaron con 30 m de ancho para acceso bidireccional, incluyendo márgenes para drenaje y bermas de seguridad, y una pendiente máxima del 10%. El sistema de doble rampa comenzará en el nivel 660 m y se extenderá hasta la salida de la mina, ubicada aproximadamente a 820 m. Este sistema gestiona más del 75% del total de onzas extraídas. Por debajo de los 660 m de altitud, se prevé un sistema de rampa simple de 30 m de ancho con una pendiente del 10%, que se extiende hasta los 500 m de altitud.

El punto de entrada al tajo se ubica en el lado noroeste donde conecta la vía minera. Es este punto, ambas rampas se juntan en la cota ~820 metros. Además, el sistema de rampas definido incluye tres zigzags permitiendo cambios de dirección en la rampa.

Durante la etapa de pre-minería, se construirá un camino pionero de 30 m para crear una plataforma amplia que permita operar equipos mineros grandes y pesados, y también se crean accesos temporales para conectar con la vía minera principal.

La Fase 1 incluye una rampa de acceso simple, de 30 m de ancho con una pendiente del 10%. La rampa de la Fase 1 tiene salida en el lado noroeste del tajo, a una altura de 834 m. Esta fase tiene un zigzag en la pared del sector este. En la siguiente figura se ilustra la configuración de la fase 1 y el tajo final de Gramalote.

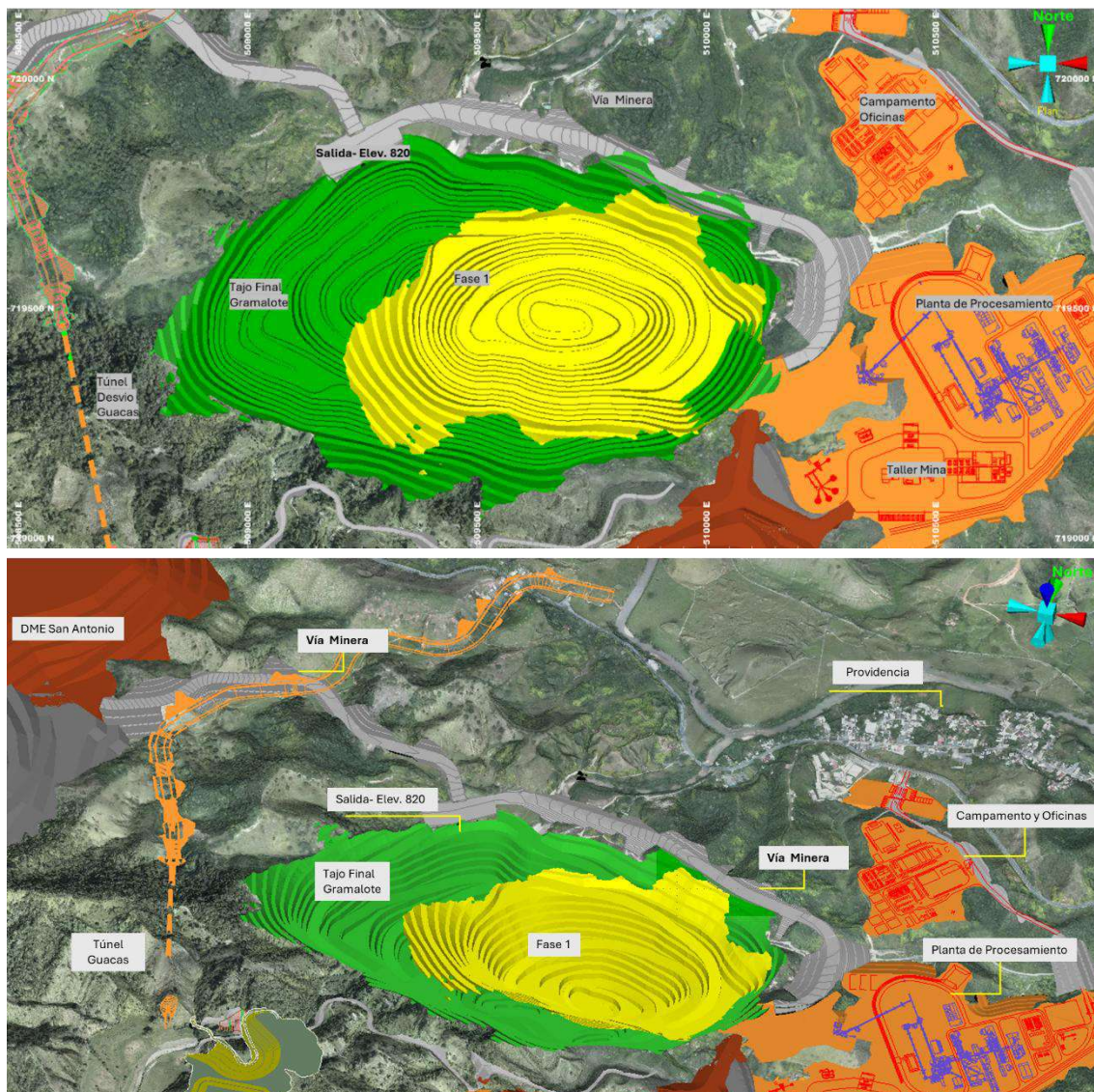


Figura 3.47 Fase 1 y tajo final.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.30 Estadística por fase Gramalote.

Fase	Mineral (t) (x 1000)	Ley de Oro (g/t)	Oro Contenido (Oz) (x 1000)	Estéril (t) (x 1000)	Roca Total (t) (x 1000)	Relación de descapote
1	36.575	1,03	1.214	65.185	101.760	1,78
2	40.964	0,88	1.160	175.758	216.722	4,29

Fase	Mineral (t) (x 1000)	Ley de Oro (g/t)	Oro Contenido (Oz) (x 1000)	Estéril (t) (x 1000)	Roca Total (t) (x 1000)	Relación de descapote
Total	77.539	0,95	2.374	240.943	318.482	3,11

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Nota: Roca Fresca (sulfuro), Recurso Categoría Indicada, Ley o tenor de corte ≥ 0.4 g/t Au.

3.3.1.1.2 Parámetros geotécnicos

Los diseños geotécnicos están fundamentados en información recolectada durante varios años de campañas de mapeo superficial, registros geotécnicos de testigos, observaciones fotográficas, datos de núcleos orientados, registros de televisor acústico (acoustic televiewer) y resultados de ensayos de laboratorio orientados a determinar la resistencia de la roca intacta. Los parámetros de diseño geotécnico incorporan medidas de mitigación frente a riesgos de deslizamiento planar en sectores específicos del diseño, así como la adopción de un diseño empírico mínimo para el ancho de bermas.

Las recomendaciones para el diseño de los taludes, las cuales están basadas en bancos de altura de 20 m, se enfocan en la definición del ángulo inter-rampa (IRA) considerando una altura de 120 m.

Este enfoque está basado principalmente en los resultados de los estudios realizados preliminarmente, los cuales indican que el potencial de caída de roca constituye el factor de control principal de la estabilidad interrumpa. En consecuencia, el ángulo interrumpa fue limitado a los valores que se saben son alcanzables bajo condiciones mineras similares. La Tabla 3.31 muestra los parámetros geotécnicos de diseño adoptados.

Tabla 3.31 Parámetros Geotécnicos Tajo Gramalote

Dominio	Sector de la Pared	Rango de orientación del talud, (°)	Altura de Banco (m)	Ángulo de cara de Banco (°)	Ancho de Berma (m)
1 meteorizado	Meteorizado	Todo	20	50	10
2 moderado / Regular	Sur	330–000–090	20	85	9,8
	Oeste	090–150	20	75	9,8
	Norte	150–270	20	85	9,8
	Este	270–330	20	75	9,8
3 Bueno	Sur	330–000–090	20	85	9,8
	Oeste	090–150	20	75	9,8
	Norte	150–270	20	85	9,8
	Este	270–330	20	85	9,8

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.3.1.1.3 Análisis geotécnico del tajo

Se analizaron ocho secciones distribuidas en los diseños de Fase 01 y tajo final de Gramalote mediante el método de equilibrio límite, empleando el software Slide2 v9

(Rocscience, 2025) para calcular factores de seguridad (FoS). Los análisis se realizaron bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas, considerando escenarios de sismo operacional y sismo máximo creíble. Se evaluaron tanto condiciones de talud global como sus correspondientes taludes interrampa.

Las ocho secciones geotécnicas analizadas se distribuyen de la siguiente manera: tres comunes a la Fase 01 y al Pit Final (GR-01, GR-02 y GR-03), cuatro correspondientes exclusivamente al Pit Final (GR-04, GR-06, GR-07 y GR-08) y una correspondiente a la Fase 01 (GR-05), de acuerdo con Figura 3.48 y la Figura 3.49.

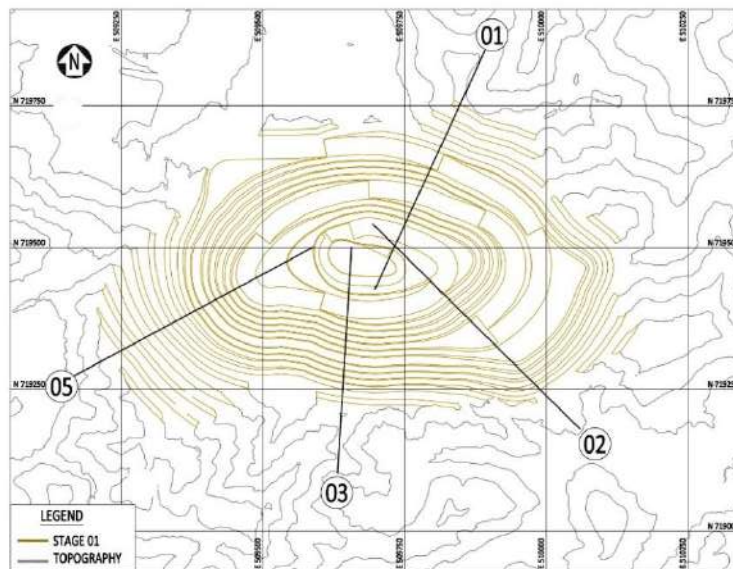


Figura 3.48 Secciones evaluadas para el diseño de Etapa 01 del tajo abierto Gramalote

Fuente: SRK Consulting Chile

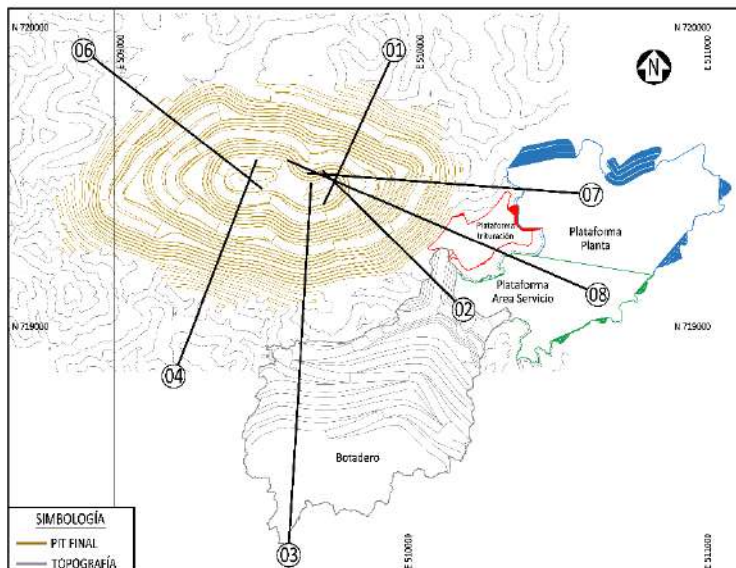


Figura 3.49 Secciones evaluadas para el diseño del tajo final del tajo abierto Gramalote
Fuente: SRK Consulting Chile

La Figura 3.50 muestra un ejemplo de una sección típica de análisis.

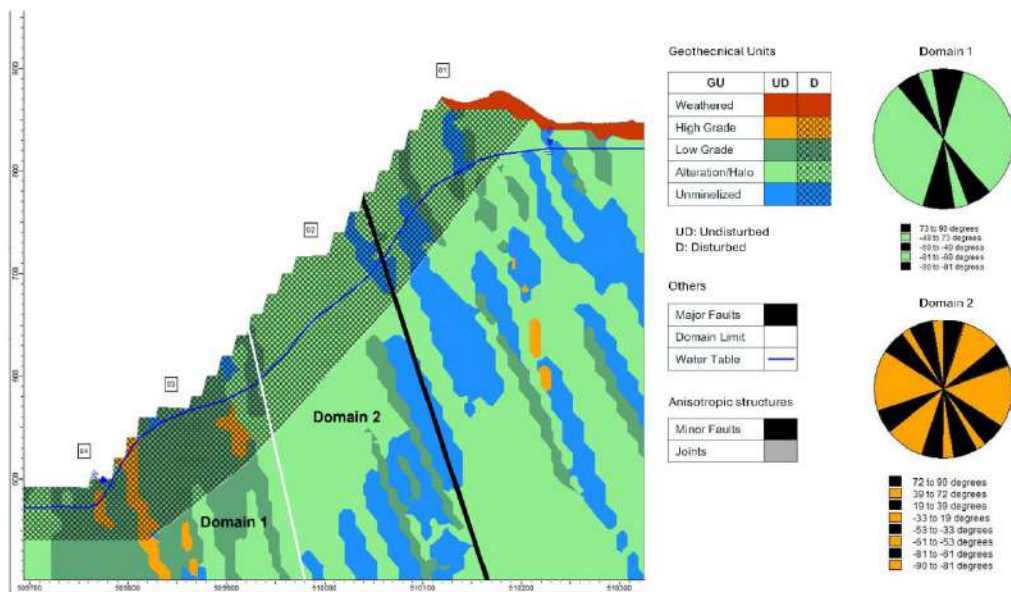


Figura 3.50 Ejemplo de sección de Análisis
Fuente: SRK Consulting Chile

3.3.1.2 Plan de producción

De acuerdo con el diseño de explotación del tajo Gramalote, fue definido el modelo de planificación minera, para determinar el plan de producción de mina, la proyección de volúmenes anuales de extracción de mineral y estéril, la secuencia de fases del tajo, las tasas de alimentación a planta y la producción de oro y plata por cada período.

El plan contempla una tasa de extracción máxima (Mineral+Estéril) de aproximadamente 35 millones de toneladas anuales, con una relación estéril/mineral promedio de 3,1:1. Esta planificación secuencial prioriza la explotación de zonas de mayor ley en los primeros años del proyecto y el procesamiento diferido de material de baja ley hacia el final de la operación. El desarrollo del plan se apoya en herramientas de diseño minero y software especializado que permiten modelar la secuencia de extracción, las distancias de acarreo y los balances de material, integrando criterios de sostenibilidad, seguridad y control ambiental.

En función de los criterios de planificación y aspectos mineros en general, se desarrolló un plan de producción con las siguientes características:

- Se proyecta una tasa de extracción máxima (Mineral + Estéril) de ~35 Mt/año, con una vida útil de la mina (LOM) de 11 años, incluyendo el período de extracción previa al descapote.
- El procesamiento continuará durante tres años adicionales después de que cese la actividad minera; por lo cual se considera que la etapa de operación durará 13 años (Minería y Beneficio / seguido por Solo beneficio).
- Se estima una relación de estéril a mineral de 3,1 a 1.
- Las operaciones mineras almacenarán material de menor ley cuando corresponda, el cual se procesará al final de la vida útil de la mina.
- Se inicia la explotación del tajo con la fase 1, la cual se extrae durante 5 años aproximadamente (incluyendo el período de extracción durante la etapa de construcción y montaje (pre-minería)).
- Se ha definido una extracción minera progresiva, en dos años, hasta alcanzar la extracción máxima. Durante el segundo año de construcción se planea extraer ~13 Mt y ~22 Mt el año siguiente.

Como se observa en la Figura 3.51 relacionada con la explotación del tajo, la fase 1 comenzará en el último año de construcción y se extenderá hasta el cuarto año de la fase de operación; aportando al proyecto mineral con mejor perfil de ley. Posteriormente, como se evidencia la figura, desde el año 3 de operación es necesario iniciar el minado de la fase 2 (fase final) hasta el año 10 de operación, con una disminución en la ley o tenor de oro.

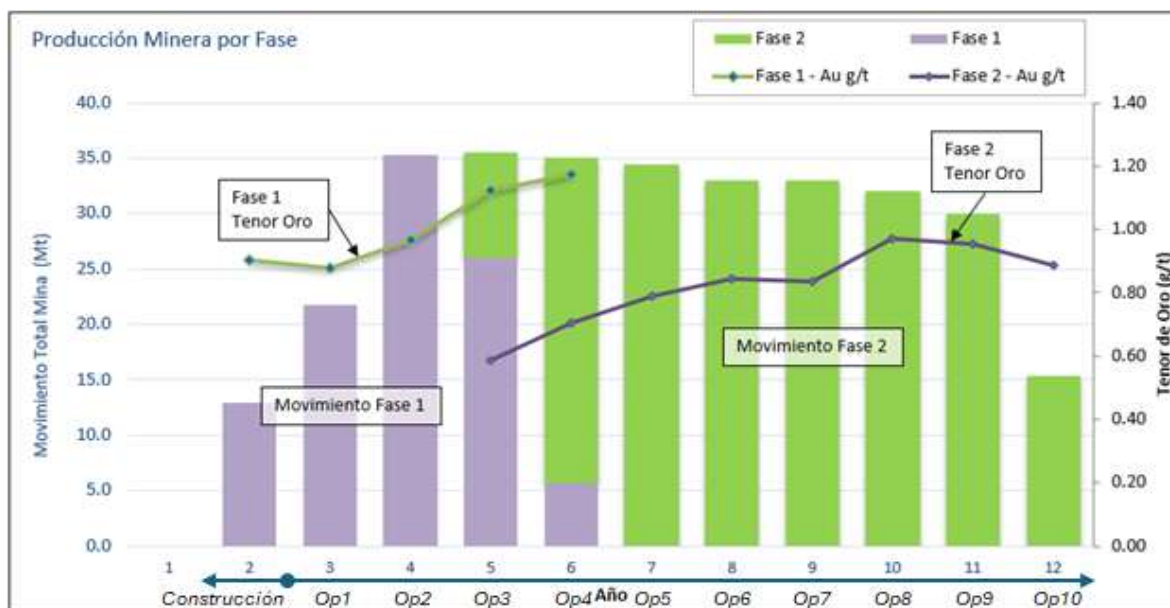


Figura 3.51 Mineral extraído por cada fase minera

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Por su lado, en la Figura 3.52 se presenta el plan de alimentación a planta de acuerdo con el plan de producción, en la cual se evidencia que al igual que en la estrategia de minado en dónde se considera una extracción progresiva, en la alimentación a planta se da un proceso similar (ramp-up); por lo cual en el primer año de procesamiento (año 1 de la etapa de operación) se envían 4,7 millones de toneladas (Mt) de mineral a planta, y sólo el segundo año se llega a la capacidad nominal máxima de la planta de 6 Mt.

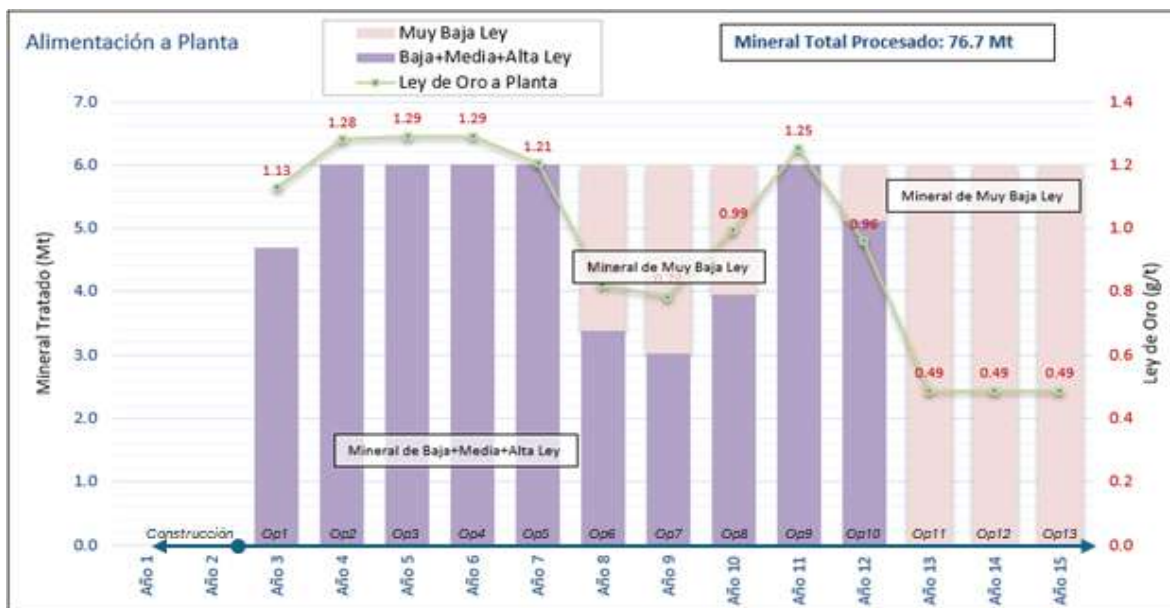


Figura 3.52 Material alimentado a la planta

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

El detalle del plan de minado y de producción de los materiales del proyecto Gramalote, se puede ver en la Tabla 3.32 y la Tabla 3.33. Como ya se ha mencionado, el plan de producción tiene la estrategia de almacenamiento temporal de mineral en el depósito El Balsal, con el objeto de reclamarlo y enviarlo a proceso cuando por temas operativos sea requerido. En la Tabla 3.34 se muestra el detalle del remanejo contemplados a la planta de procesamiento.

Tabla 3.32 Producción de Mineral y Roca – Incluyendo 2 fases de Extracción

			Construcción		Operación (Mina / Planta)										Operación (Solo Planta)		
PLAN DE EXTRACCION MINERA	Unidad	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Mineral Minado																	
Muy Baja Ley	kt	27,357		869	2,050	3,826	4,016	2,081	2,221	2,162	2,073	2,368	3,650	2,040			
	Au g/t	0.49		0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49			
	Ag g/t	0.67		1.00	0.80	0.67	0.63	0.58	0.56	0.56	0.55	0.61	0.72	0.93			
Baja Ley	kt	36,171		1,239	2,605	5,077	6,402	3,360	2,095	2,132	2,297	2,626	5,490	2,849			
	Au g/t	0.87		0.92	0.86	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.86	0.88	0.88	0.87			
	Ag g/t	1.00		1.33	1.13	0.97	0.92	0.91	0.81	0.87	0.88	0.93	1.04	1.33			
Media Ley	kt	9,437		353	509	967	2,263	1,029	425	471	581	870	1,381	587			
	Au g/t	1.60		1.53	1.60	1.60	1.61	1.59	1.61	1.69	1.59	1.61	1.60	1.61			
	Ag g/t	1.55		1.55	1.69	1.56	1.48	1.47	1.34	1.26	1.37	1.48	1.69	2.04			
Alta Ley	kt	4,575		69	222	753	1,400	378	102	235	144	452	610	209			
	Au g/t	3.00		2.68	3.01	3.25	3.15	2.89	2.53	2.63	2.43	2.82	2.95	2.89			
	Ag g/t	2.33		1.98	2.72	2.79	2.28	2.15	1.81	1.79	2.23	2.05	2.33	2.45			
Total Mineral	t	77,539		2,530	5,387	10,622	14,081	6,848	4,843	5,000	5,095	6,316	11,131	5,685			
	Au g/t	0.95		0.90	0.88	0.97	1.12	0.99	0.79	0.84	0.84	0.97	0.95	0.89			
	Ag g/t	1.03		1.26	1.12	1.04	1.06	0.96	0.76	0.82	0.84	0.97	1.09	1.30			
Estéril Minado																	
Oxido	kt	19,934		5,673	2,899	374	4,437	3,754	2,700	97							
Sulfuro	kt	221,009		4,796	13,514	24,307	16,982	24,424	26,951	27,907	27,905	25,684	18,867	9,673			
Total Estéril	kt	240,943		10,468	16,413	24,681	21,419	28,177	29,651	28,004	27,905	25,684	18,867	9,673			
Mineral + Estéril	kt	318,482		12,998	21,800	35,303	35,500	35,025	34,495	33,004	33,000	32,000	29,998	15,358			
Relación Estéril / Mineral	Kt	3.11		4.14	3.05	2.32	1.52	4.11	6.12	5.60	5.48	4.07	1.69	1.70			

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.33 Balance de materiales y Alimentación a Planta

			Construcción		Operación (Mina / Planta)										Operación (Planta)		
	Unidad	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Mineral Movido																	
Desde Mina a Planta	kt	49,339			3,336	6,000	6,000	4,767	2,622	5,000	5,095	6,000	6,000	4,519			
	Au g/t	1.10			1.11	1.28	1.29	1.20	1.05	0.84	0.84	0.99	1.25	0.99			
	Ag g/t	1.13			1.33	1.29	1.21	1.13	0.94	0.82	0.84	0.99	1.32	1.40			
Desde Mina a Depósito El Balsal	kt	28,200		2,530	2,050	4,622	8,081	2,081	2,221			316	5,131	1,167			
	Au g/t	0.70		0.90	0.49	0.55	0.99	0.49	0.49			0.49	0.60	0.49			
	Ag g/t	0.84		1.26	0.80	0.72	0.96	0.58	0.56			0.61	0.81	0.93			
Desde el Depósito a la Planta	kt	27,361			1,364			1,233	3,378	1,000	905			1,481	6,000	6,000	6,000
	Au g/t	0.71			1.17			1.64	1.33	0.71	0.49			0.88	0.49	0.49	0.49
	Ag g/t	0.85			1.42			1.40	1.22	0.83	0.67			1.04	0.69	0.69	0.69
Mineral Procesado																	
Total a Proceso	kt	76,700			4,700	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	Au g/t	0.96			1.13	1.28	1.29	1.29	1.21	0.82	0.78	0.99	1.25	0.96	0.49	0.49	0.49
	Ag g/t	1.03			1.35	1.29	1.21	1.19	1.09	0.82	0.81	0.99	1.32	1.31	0.69	0.69	0.69
	Au (Koz)	2,361			171	247	249	249	233	158	151	192	242	185	94	94	94
	Ag (Koz)	2,540			204	249	233	229	211	158	157	190	255	253	133	133	133
Mineral Total Producido - Oro	Au (Koz)	2,260			164	238	239	240	223	151	144	184	233	177	89	89	89
Mineral Total Producido - Plata	Ag (Koz)	1,012			91	111	99	97	86	55	55	74	113	110	41	41	41

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.34 Movimientos de Remanejo de Mineral

			Construcción		Operación (Mina / Planta)										Operación (Planta)		
Remanejo de mineral	Unidad	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Muy Baja Ley a Trituración	kt	19,357								452	905				6,000	6,000	6,000
	Au g/t	0.49								0.49	0.49				0.49	0.49	0.49
	Ag g/t	0.69								0.67	0.67				0.69	0.69	0.69
Baja Ley a Trituración	kt	6,518			942			823	2,723	548				1,481			
	Au g/t	0.89			0.92			0.89	0.89	0.89				0.88			
	Ag g/t	1.03			1.33			0.96	0.96	0.96				1.04			
Media Ley a Trituración	kt	353			353												
	Au g/t	1.53			1.53												
	Ag g/t	1.55			1.55												
Alta Ley a Trituración	kt	1,133			69			410	655								
	Au g/t	3.12			2.68			3.15	3.15								
	Ag g/t	2.27			1.98			2.28	2.28								
Total Remanejo	kt	27,361			1,364			1,233	3,378	1,000	905			1,481	6,000	6,000	6,000
	Au g/t	0.71			1.17			1.64	1.33	0.71	0.49			0.88	0.49	0.49	0.49
	Ag g/t	0.85			1.42			1.40	1.22	0.83	0.67			1.04	0.69	0.69	0.69

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.3.1.3 Duración y secuencia de la explotación

De acuerdo con lo planteado en el plan minero (Ver numeral 3.3.1.2) la explotación del tajo Gramalote se desarrollará hasta el año 10 de la etapa de operación, iniciando durante el último año de la etapa de construcción y montaje, donde se apila el material para dar inicio y puesta en marcha de la planta de beneficio durante el año 1 de la etapa de operación. Finalizada la explotación del tajo (año 10 de operación), se continuará con el remanejo del material apilado en el depósito El Balsal hacia la planta para su beneficio durante tres años adicionales, para una duración total de la etapa de operación de 13 años.

La secuencia de explotación minera se desarrolló mediante una combinación de hojas de cálculo, software de diseño de minas y otras herramientas de ingeniería. Se tomó en cuenta la planificación de la producción, las distancias de transporte y la programación detallada del tonelaje por banco y por tipo de material, así como todos los criterios anteriormente mencionados. A continuación, se ilustra la secuencia anualizada para la explotación del tajo Gramalote, la depositación del material estéril y acopio temporal, y el remanejo del material acopiado en el depósito El Balsal.

Como se mencionó anteriormente, el diseño de explotación se definió en dos fases. La denominada Fase 1 de la explotación del tajo Gramalote que comenzará durante el último año de la etapa de construcción y montaje del proyecto y se extenderá hasta el año 4 de la etapa de operación, y la Fase 2 que iniciará durante el tercer año de la etapa de

operaciones, una vez se haya construido e implementado las obras asociadas al realineamiento de la quebrada Guacas, y culminará durante el año 10 de la etapa de operación del proyecto.

Previo al inicio de la extracción, será implementadas un conjunto de actividades orientadas a generar las condiciones físicas, operativas y ambientales necesarias para el arranque seguro y eficiente de la explotación. Con ello, se tiene como propósito asegurar la estabilidad del terreno, la accesibilidad a los sectores iniciales del tajo y la adecuación de la infraestructura minera principal. Durante esta fase se ejecutan labores de descapote, conformación de rampas de acceso, estabilización geotécnica, drenaje superficial y obras de contención, junto con la instalación de servicios auxiliares como vías internas, plataformas de maniobra y zonas de almacenamiento temporal, así como la adecuación de la plataforma de trituración, la cual actuará como punto de enlace entre la infraestructura de superficie y el área minera. Estas actividades se desarrollan con equipos de movimiento de tierra y flota auxiliar de menor capacidad, que posteriormente serán reemplazados o reforzados por la flota minera principal.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta el plan minero, durante el último año de la etapa de construcción y montaje, una vez se cuente con toda la infraestructura necesaria para iniciar las actividades mineras, se dará inicio con la fase 1 de explotación del tajo Gramalote, en donde se extenderá una plataforma hasta la cota 880; y se iniciaran la conformación de los depósitos San Antonio y El Balsal con el material estéril y así mismo; se realizara el acopio del mineral necesario para poner en marcha la planta de beneficio durante el primer año de la etapa de operación.

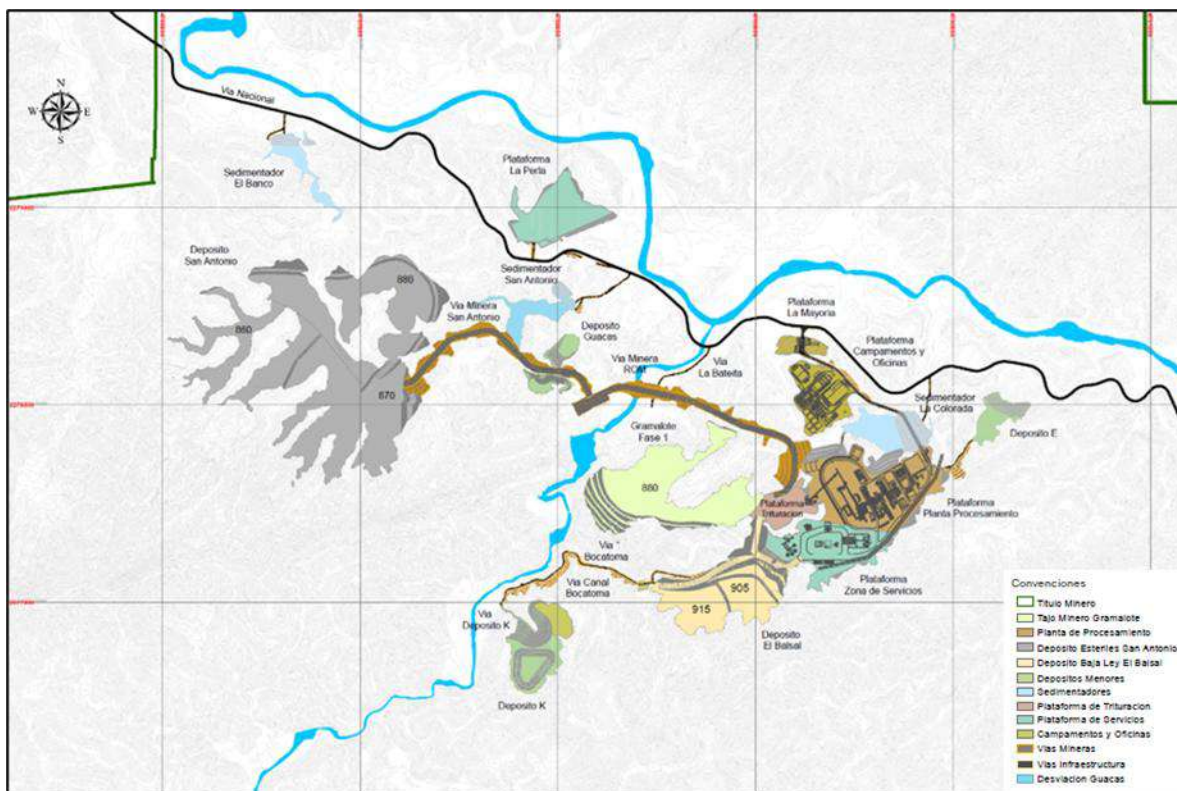


Figura 3.53 Último año de la etapa de Construcción y Montaje

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

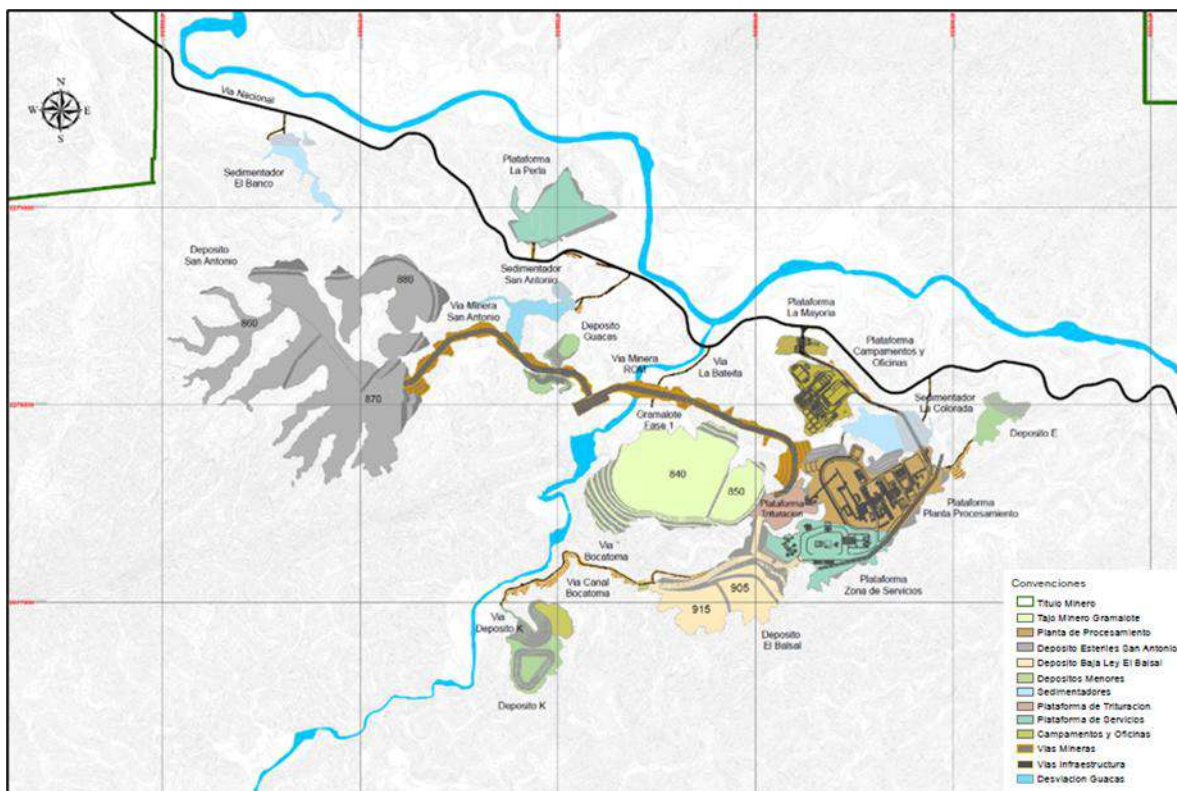


Figura 3.54 Año 1 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Ya iniciada la etapa de operación, durante el primer año de esta se continuará con la adecuación y explotación del tajo, alcanzado la cota 840, y se da inicio al procesamiento en la planta de beneficio.

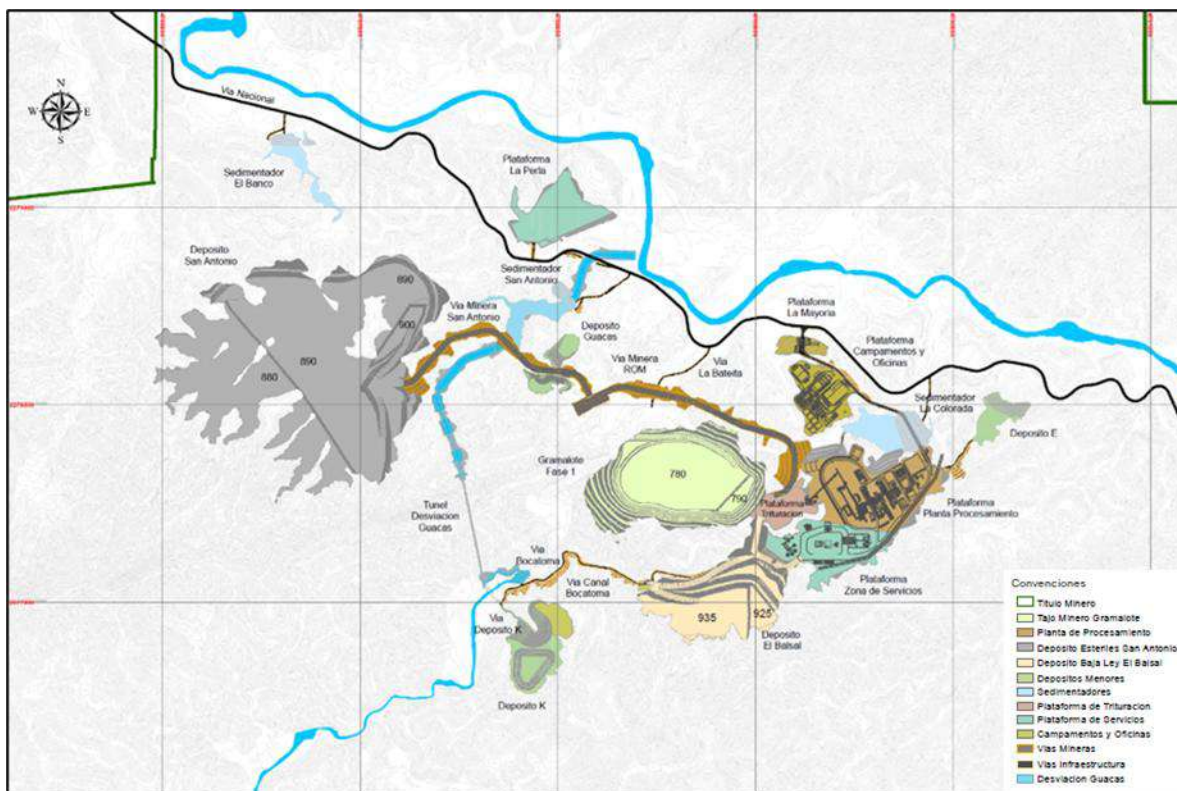


Figura 3.55 Año 2 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Durante el año 2 de operación se continúa con la explotación del tajío llegando a la cota 780 en profundidad. Así mismo, durante este año se desarrollarían las actividades de construcción y/o adecuación de las obras requeridas para realizar el realineamiento de la quebrada Guacas hacia la cuenca de la quebrada San Antonio. El desarrollo de estas obras permitirá el inicio de la fase 2 de explotación del tajío.

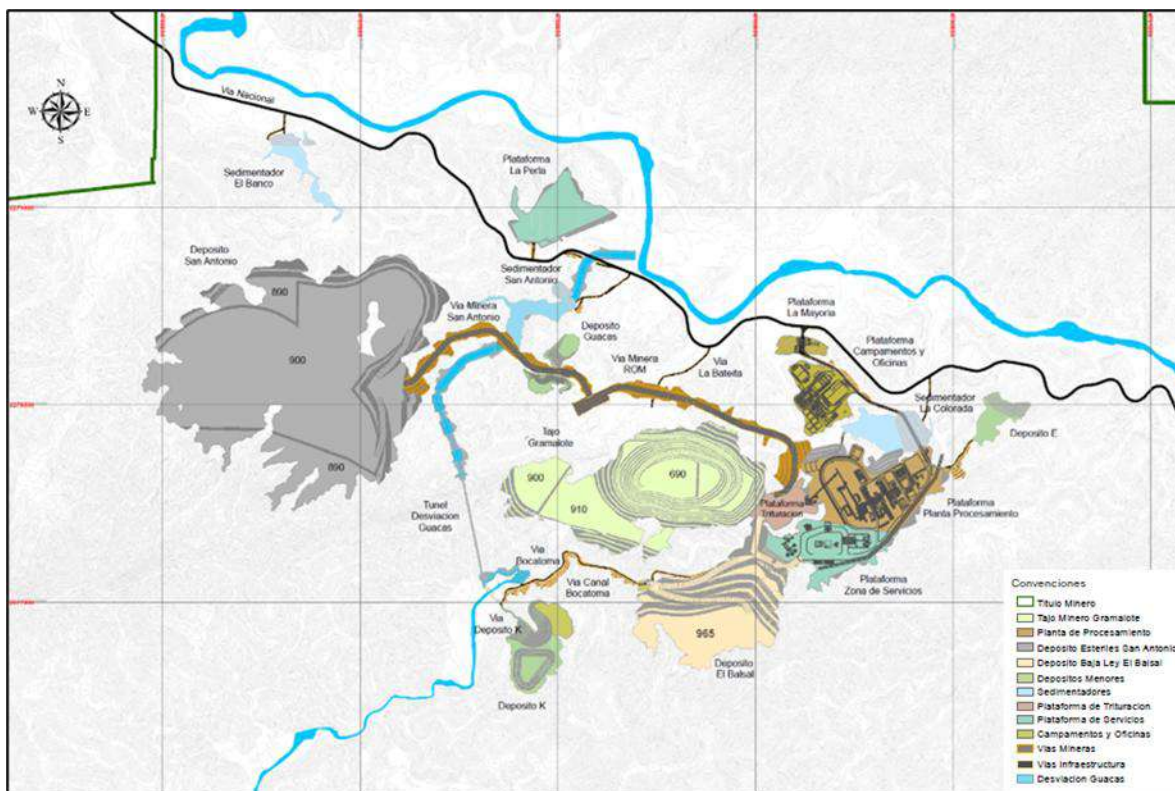


Figura 3.56 Año 3 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Durante el año 3 de la etapa de operación se iniciará la implementación de la fase 2 de la explotación del tajo. Se desarrollaría una plataforma a las cotas 900 y 910, y se continuaría con la profundización del tajo hasta la cota 690 como parte de la fase 1. Así mismo, se continua con la adecuación de los depósitos San Antonio y El Basal, alcanzando la cota de 900 y 965, respectivamente.

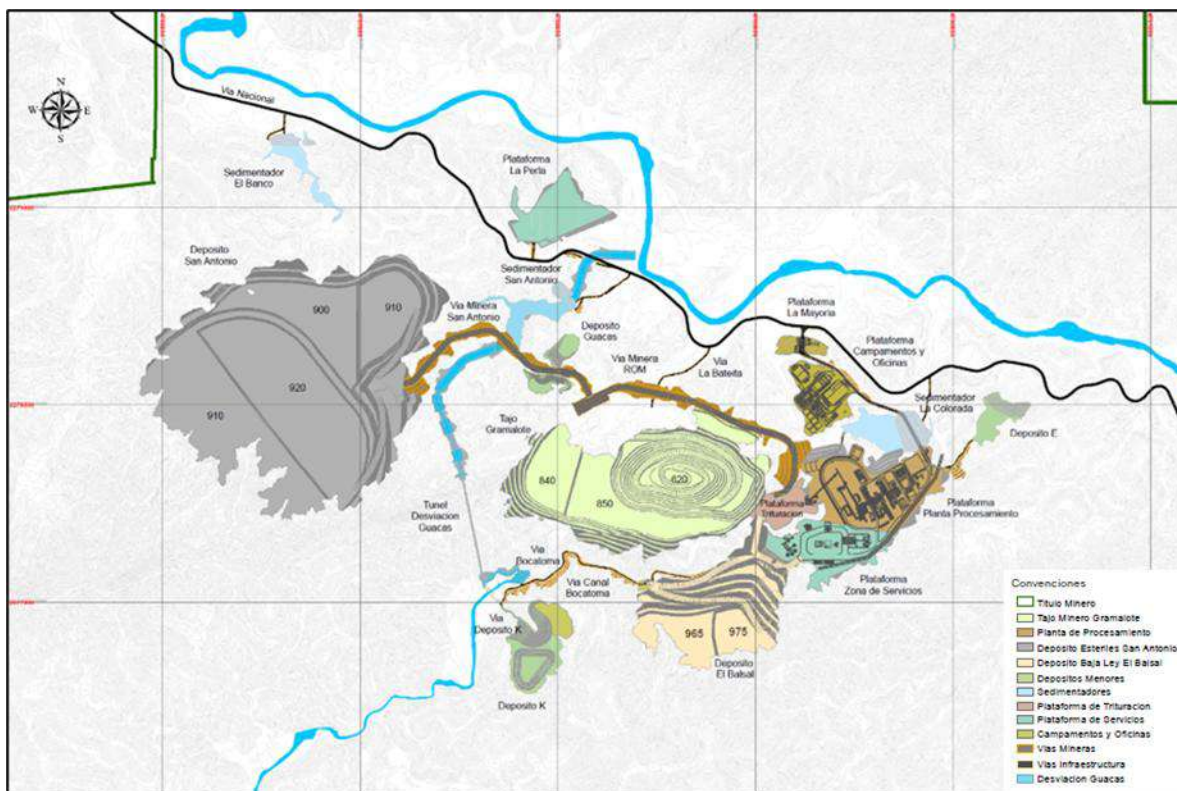


Figura 3.57 Año 4 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

A partir del año 4 de operación, se continua con la explotación y profundización del tajo; la depositación del material estéril en el depósito de San Antonio; y el acopio del material en el depósito El Balsal, para su posterior reclamación y remanejo, para el beneficio de este en la planta. En el tajo se alcanza la cota 850 y 840 para la plataforma que se viene adecuando como parte de la fase 2, y se profundiza el tajo hasta la cota 620 finalizando la fase 1 de explotación. Por su parte, en el depósito San Antonio se alcanza la cota 920 y en El Balsal la cota 975.

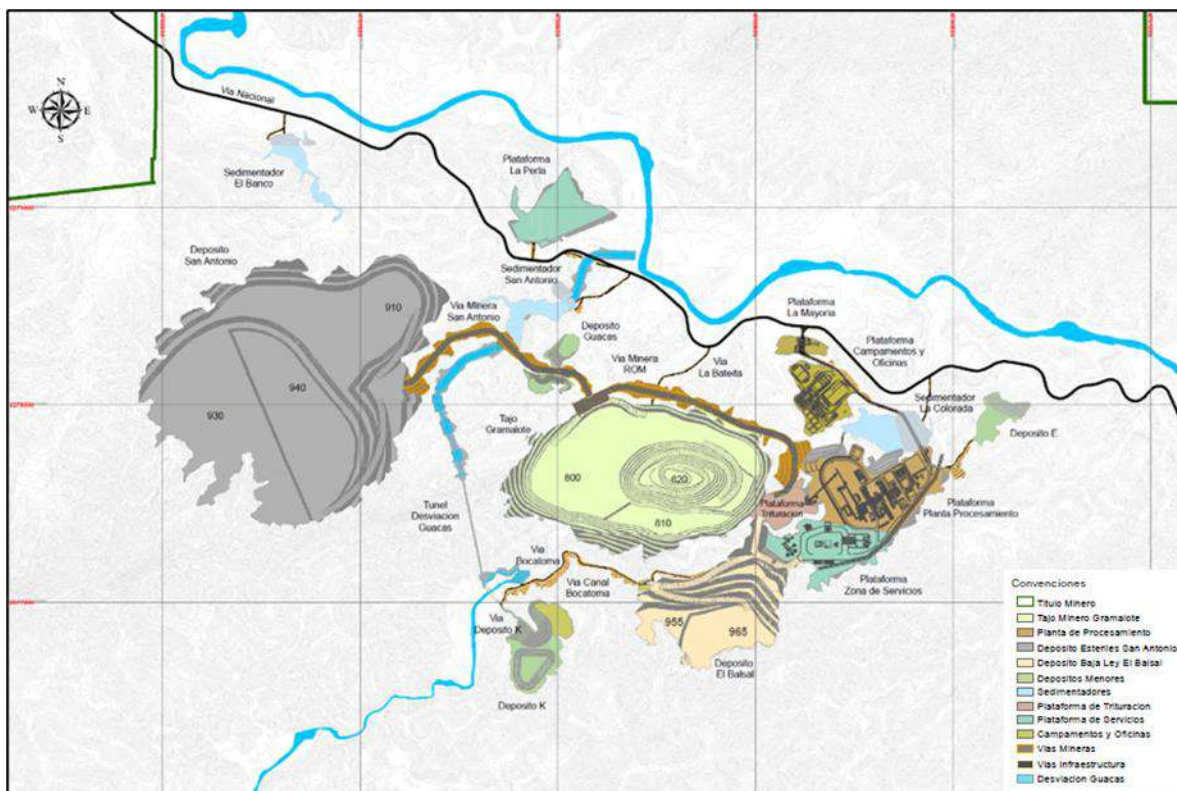


Figura 3.58 Año 5 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En el año 5 de operación, se profundiza la plataforma de la fase 2 de explotación llegando a las cotas 810 y 800 y se alcanza la cota 940 en el depósito San Antonio. Por su parte, en el depósito El Balsal se reclama parte del material acopiado para su remanejo y benéfico en la planta, llegando a la cota 965 y 955.

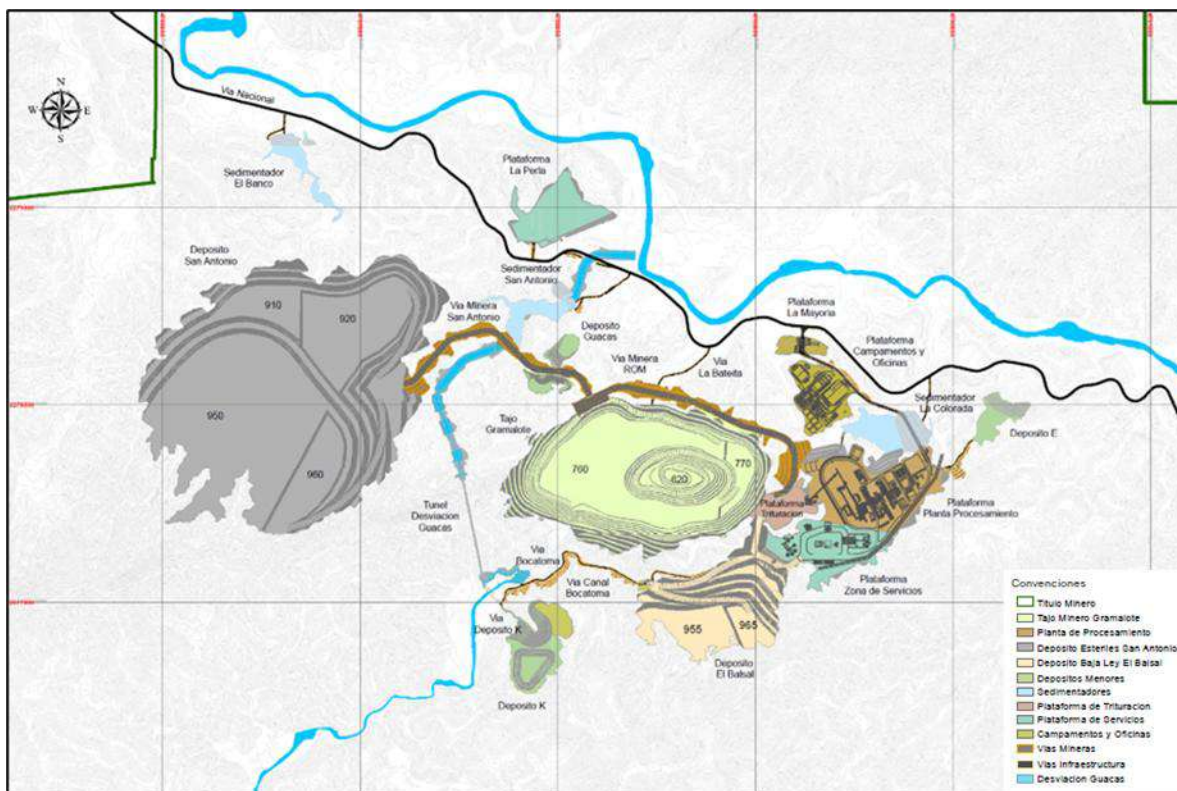


Figura 3.59 Año 6 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Durante el año 6 de operación, se continua con la profundización de la fase 2 de explotación alcanzando la cota 760. El depósito San Antonio en un sector llega hasta la cota 960, mientras que en El Balsal se mantiene un balance de remanejo hacia planta, pero se mantiene en altura en las cotas 965 y 955.

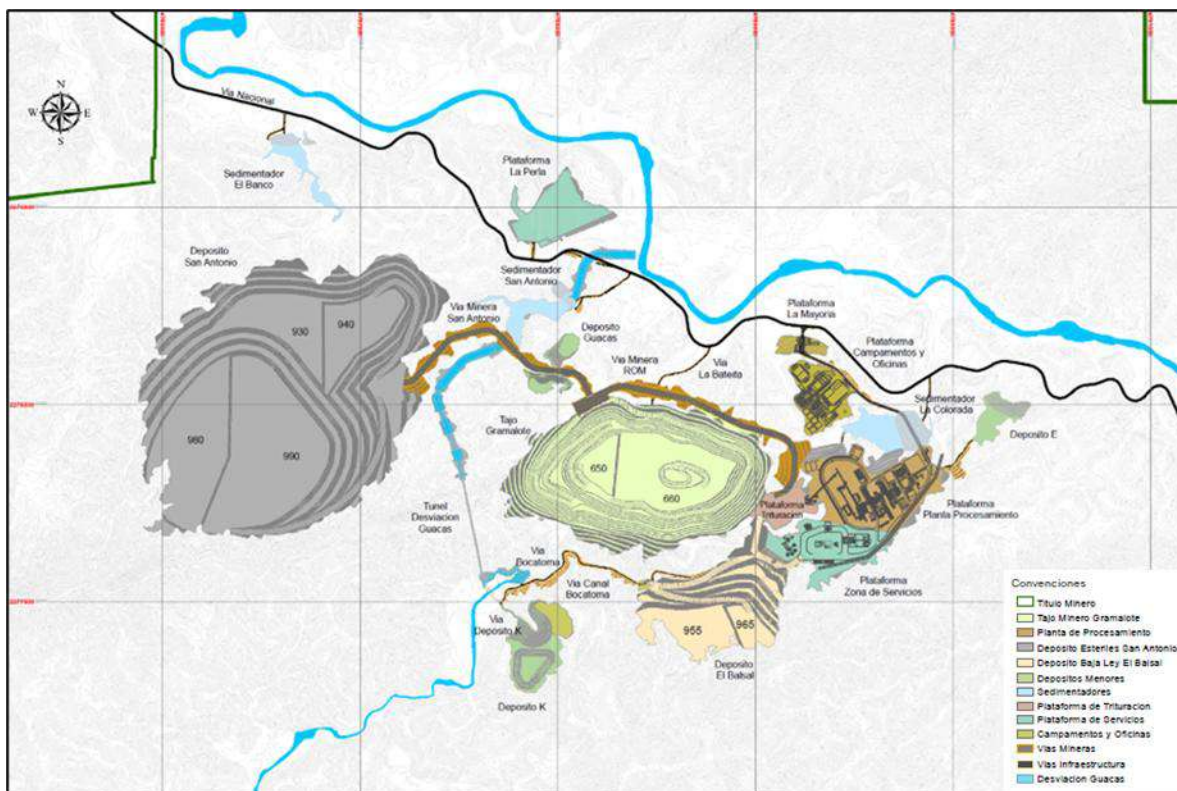


Figura 3.61 Año 8 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Para el año 8 de operación, se llega en el tajo a la cota 660 y 650 (fase 2). Y en el depósito San Antonio se alcanza un nuevo banco llegando a la cota 980 y 990. Por su lado, en el depósito El Balsal se genera un balance hacia el acopio de material llegando en un sector a la cota 965.

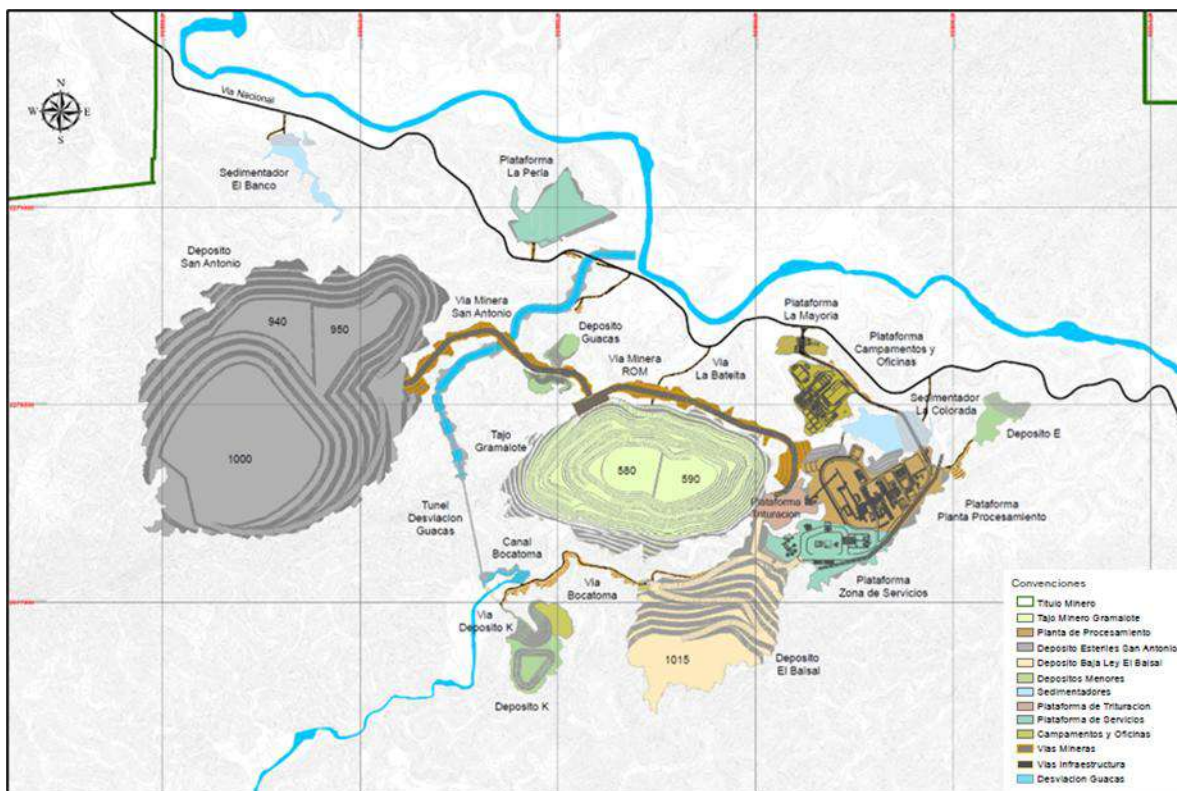


Figura 3.62 Año 9 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Durante el año 9 de operación, se profundiza el tajo de manera general alcanzado una profundidad hasta las cotas 590 y 580. En el depósito San Antonio se alcanza el banco de mayor altura hasta la cota de los 1.000 m.s.n.m, al igual que para el depósito El Balsal alcanzado la cota 1.015.

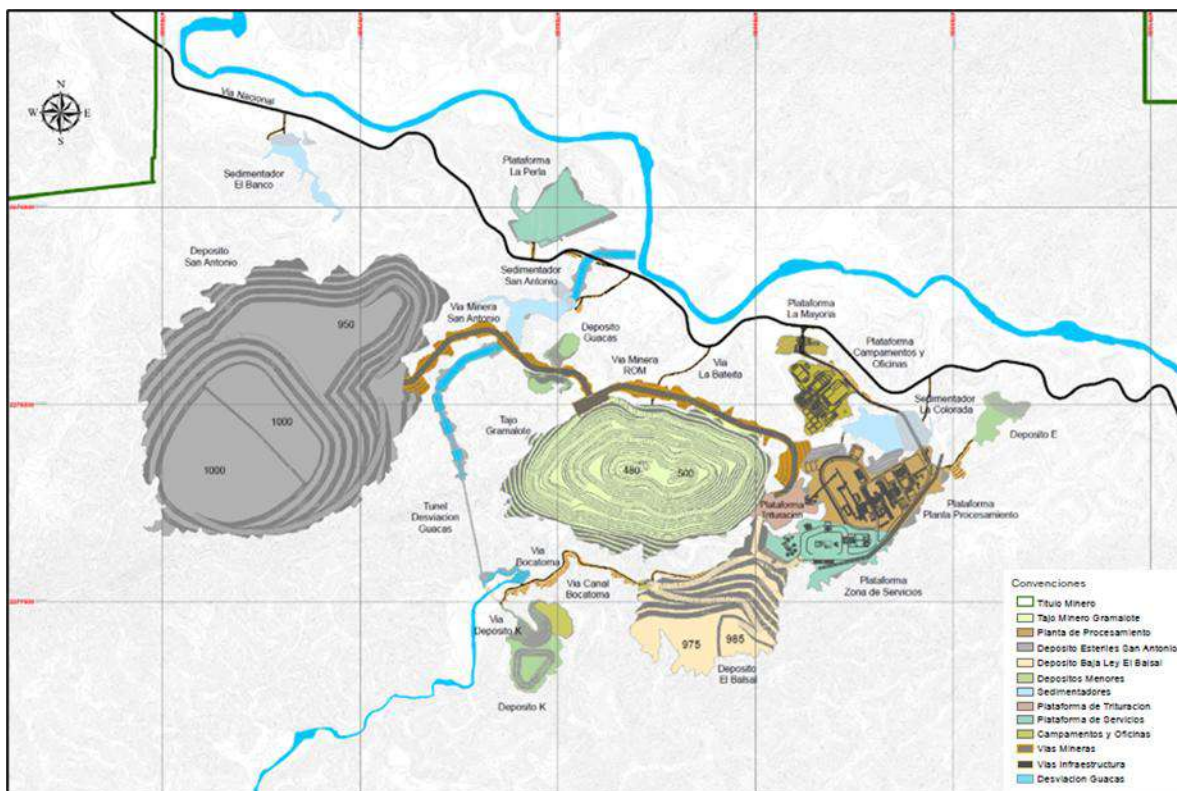


Figura 3.63 Año 10 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Durante el año 10 de la etapa de operación finaliza la explotación del tajío Gramalote llegando a las cotas 500 y 480, alcanzando una profundidad aproximada de 333,9 m, teniendo como referente la cota mínima natural del terreno de 813,9 m.s.n.m. Por consiguiente, también se da por culminadas las actividades de depositación de estériles en el depósito San Antonio. No obstante, se continua con la reclamación del material acopiado en el depósito El Balsal, para ser llevado a planta para su proceso de beneficio.

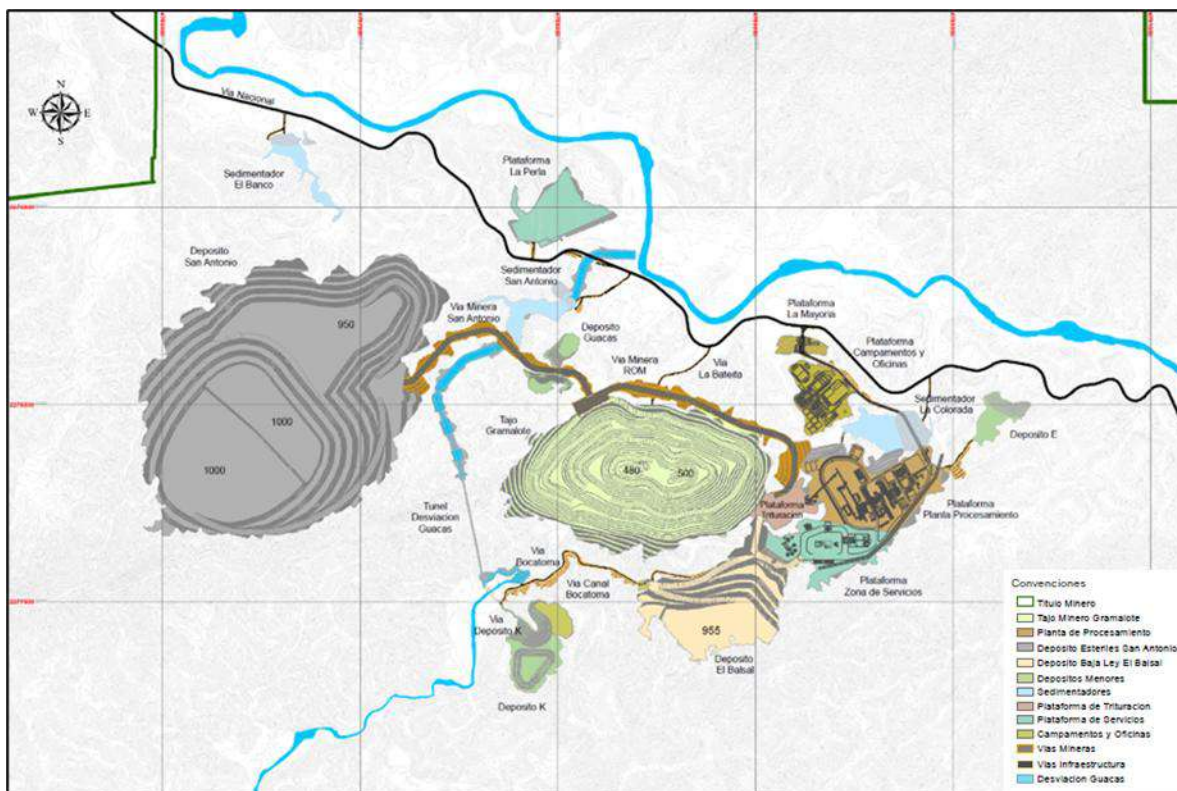


Figura 3.64 Año 11 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

A partir del año 11 hasta el año 13 de la etapa de operación se llevará a cabo el proceso de reclamación final y acarreo del material acopiado en el depósito El Balsal hacia la planta para su proceso de beneficio. Es así como para el año 11 el depósito El Balsal bajara hasta la cota 955 de acuerdo con el plan de producción.

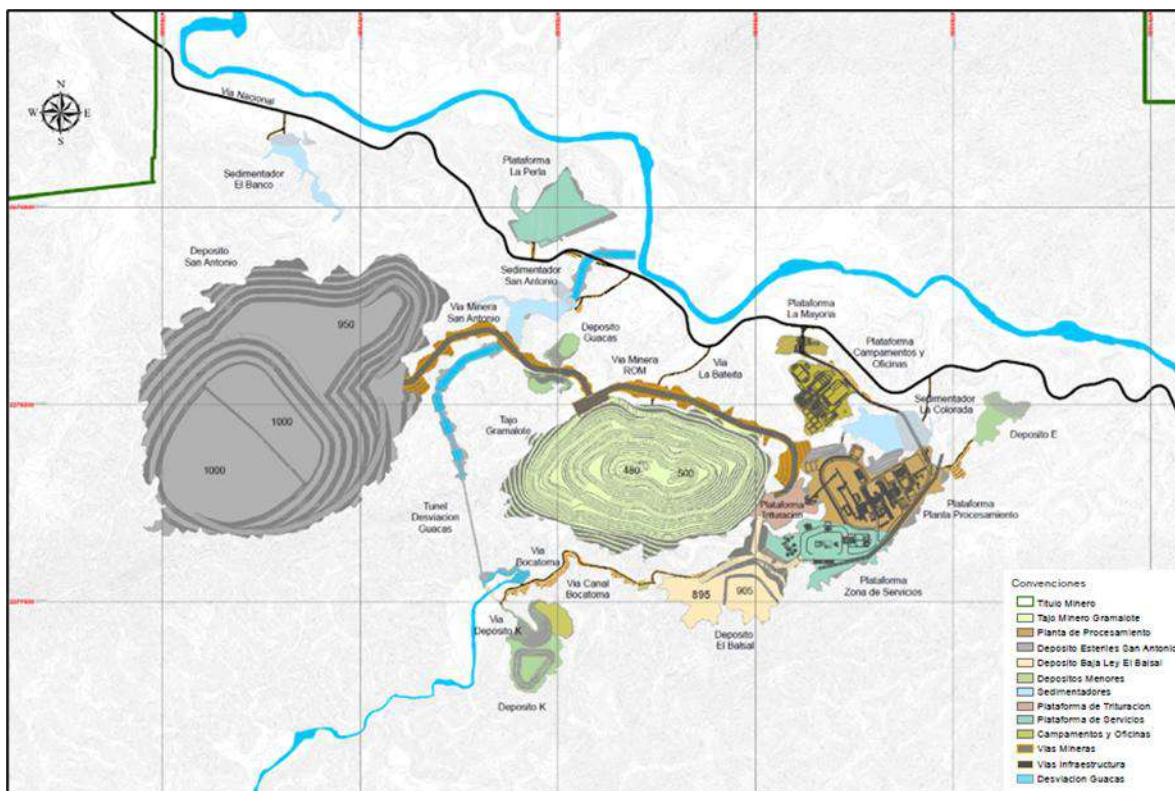


Figura 3.66 Año 13 de la etapa de Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Durante el año 13 finalizará la etapa de operación del proyecto. En este año se terminará de reclamar y remanear el material dispuesto en el depósito El Balsal que será objeto de beneficio en la planta, generando la huella final del depósito en la cota 895 y 905.

3.3.1.4 Depósitos de estéril y acopio de mineral

La optimización del diseño y del plan de explotación y producción del tajo Gramalote disminuye la relación de estéril / mineral y por consiguiente la cantidad de estéril a disponer. Es por ello por lo que, como parte de la actualización del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, y apoyado por el Consultor Tierra Group, se revisaron y redefinieron los diseños y ubicaciones tanto de las áreas de disposición de estériles, como de los acopios de mineral (stockpiles).

Las ubicaciones de estos depósitos se adoptaron principalmente en función de minimizar las distancias de transporte y la reducción del área de intervención efectiva asociada al desarrollo de estos, optimizando así la huella del proyecto, y generando un menor impacto ambiental y social en este sentido. Según el plan minero, durante la operación minera se generará aproximadamente un total de 240,9 Mt de material estéril y se acopiará temporalmente alrededor de 28,2 Mt, que de forma escalonada se llevará casi en su totalidad a la planta para su beneficio (27,4 Mt).

A continuación, se presentan las principales modificaciones propuestas asociadas al depósito de estériles y acopio de mineral, con relación a la licencia ambiental vigente.

En la siguiente figura, se presenta en color verde los depósitos y acopios mineros autorizados en la licencia vigente, y en color gris y rojo los presentados en la actual solicitud de modificación. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-CAM-02.

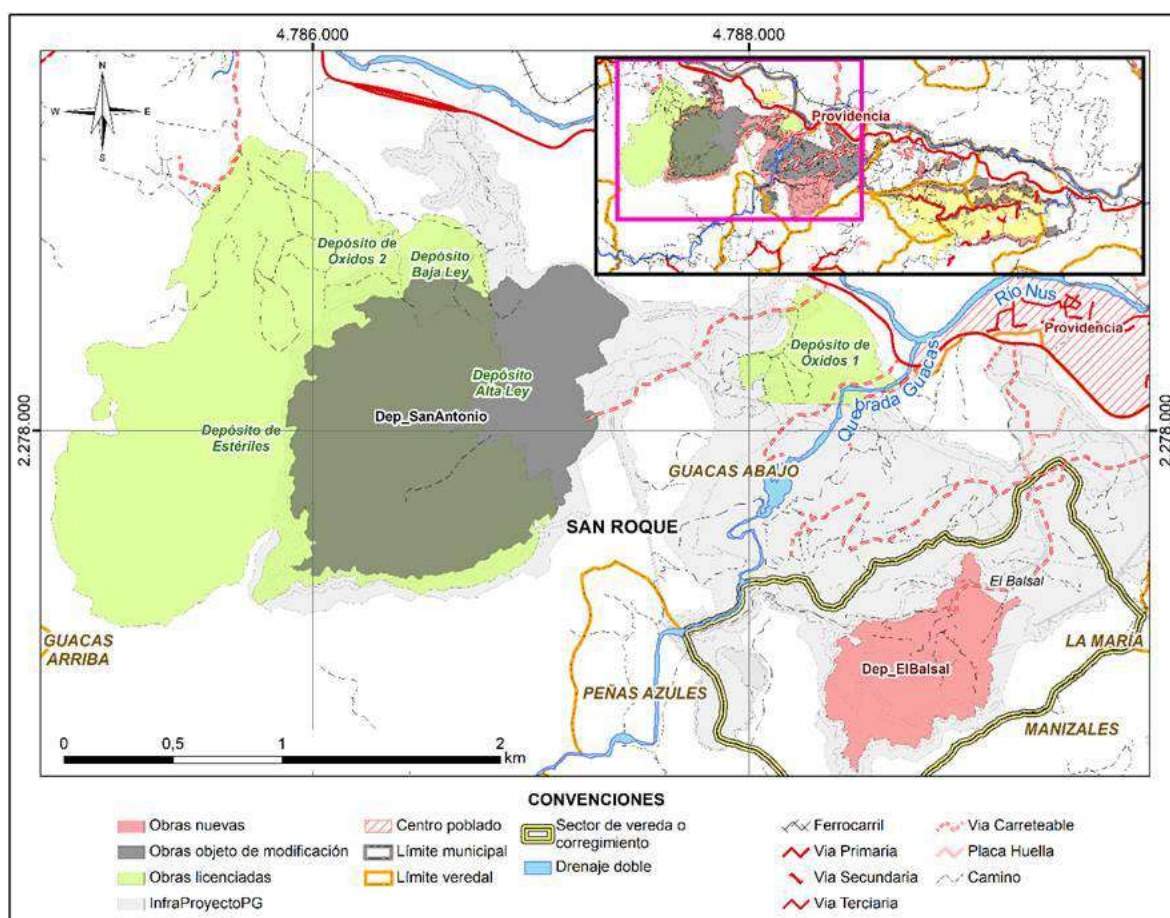
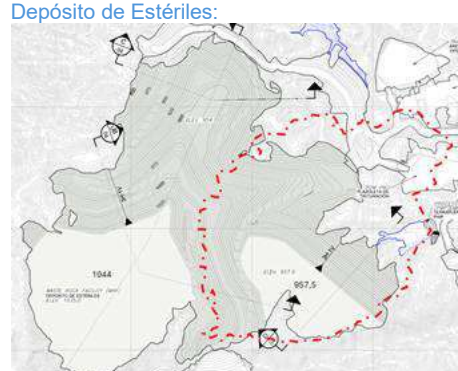
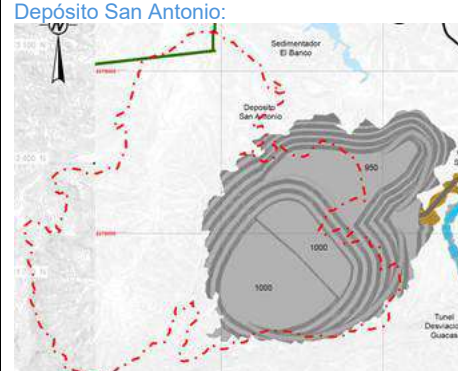


Figura 3.67 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósito de estériles y acopio de mineral.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.35 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósito de estériles y acopio de mineral

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Total material que queda en Depósitos	418,1 Mt	241,8 Mt
Almacenamiento de estériles y Depósitos de	Depósito de Estériles (El Topacio, El Banco y San Antonio) Depósitos de Óxidos 1 (Batea) y Óxidos 2 (El Banco)	Depósito San Antonio (El Banco y San Antonio) Depósito El Balsal* (El Balsal)

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
materiales explotables	Depósito de Baja Ley (El Banco) Depósito de Baja Ley (El Banco)	
Área bruta – Todos los Depósitos	350,03 ha	204,99 ha
Cota máxima – Depósito Estériles	Depósito de Estériles: 1.044 m.s.n.m.	Depósito San Antonio: 1.000 m.s.n.m.
Altura máxima promedio – Depósito Estériles	Depósito de Estériles: 169,9 metros	Depósito San Antonio: 153 metros
Criterios de diseño	Depósito de Estériles: Altura del banco: 25 m Ancho Berma: 3 m Taludes: 3H:1V	Depósito San Antonio: Altura del banco: 20 m Ancho Berma: 15 m y 30 m Taludes: 1,4H:1V Talud global: 2,9H:1V
Geometría	Depósito de Estériles: 	Depósito San Antonio: 

* No se realiza comparación específica del Depósito El Balsal, ya que este es clasificado como obra nueva.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Se estima para esta modificación que durante la vida útil del proyecto quedarán en los depósitos un total 241,8 millones de toneladas de material; 176,3 Mt menos que lo proyectado en la licencia vigente, y una reducción del área bruta de intervención asociada a todos los depósitos de aproximadamente 145,04 ha.

En general, los parámetros geotécnicos de los depósitos de estéril o de almacenamiento temporal de mineral se han mantenido, lo que ha permitido, en general, mejorar los aspectos geotécnicos de los mismos, como se explica en el numeral 3.3.1.4.3. Análisis geotécnicos de los depósitos y/o botaderos mineros.

En ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS_MINERAS_02_Depositos_Mineros, se presentan los planos y perfiles asociados al Depósito de Estériles y Acopio de mineral.

Como se mencionó anteriormente, para la evaluación de los sitios desde el punto de vista ambiental, técnico y económico, para la disposición de los materiales procedentes de la explotación del tajo, se tuvieron en cuenta la capacidad volumétrica requerida, así como su cercanía a la zona de planta y de infraestructura de soporte minero y las facilidades de acceso, con el objeto de obtener las menores distancias de acarreo y la menor área de intervención efectiva.

A continuación, se presenta la descripción general de las zonas y características de los depósitos.

3.3.1.4.1 Depósito El Balsal

El Depósito El Balsal se localiza al sur del tajo Gramalote, en el sector de El Balsal de la vereda Guacas Abajo, próximo a la planta de beneficio, zona de servicios y área de trituración, en una zona de topografía irregular. Está destinado al almacenamiento de mineral por un periodo proyectado de 13 años, de acuerdo con el plan de mina. Durante su vida útil, El Balsal operará de manera alternada entre fases de apilamiento y remanejo - procesamiento de material.

Previo a su etapa de uso se prevé la creación de una plataforma en la cota 895, con aproximadamente 3,5 Mm³ de material estéril, combinación de volúmenes generados durante la construcción y con etapas tempranas de minería. La creación de esta plataforma de aproximadamente 63,31 ha permitirá eliminar gran parte de las irregularidades del terreno y proveerá un área amplia y segura para la construcción del depósito que se hará por apilamiento progresivo, a veces alternado con remanejos de mineral.

En la etapa de máxima acumulación, prevista para el año 9 de la etapa de operación, el volumen almacenado alcanza los 12,9 Mm³. Posteriormente, a medida que avanza el procesamiento del mineral, el volumen remanente se reduce a 3,9 Mm³ hacia el último año de operación (año 13), fecha en la que está programada la culminación de sus operaciones (Ver numeral 3.3.1.3 Duración y secuencia de la explotación).

El diseño del Depósito de mineral El Balsal para operación considera bancos con taludes de 1,4H:1V, ancho de berma de 15,0 m y altura de banco de 20,0 m. El Depósito El Balsal alcanzará una altura máxima promedio de 165 m (medidos desde el pie a la cresta) durante su etapa pico (año 9 de operación), y reduciéndose a aproximadamente 55 m hacia el cierre operativo en el año 13 de esta misma etapa.

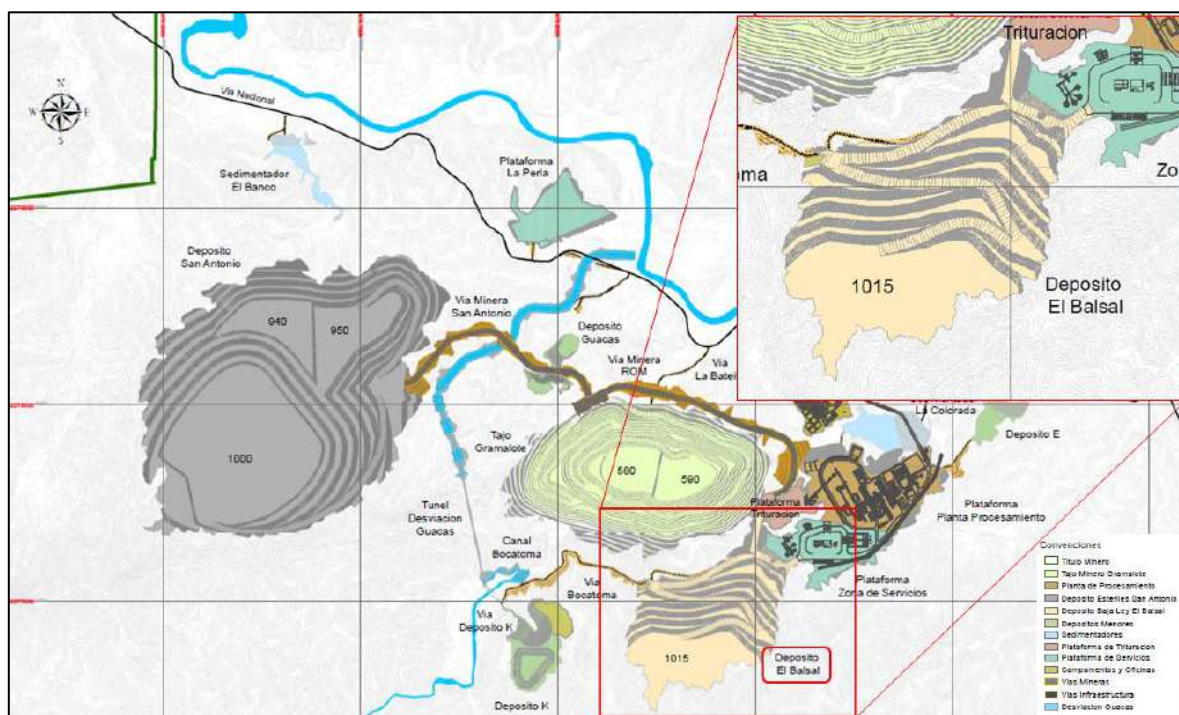


Figura 3.68 Ubicación del Depósito El Balsal

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En la Tabla 3.36 se presenta el resumen del volumen acumulado a ser depositado en el Depósito El Balsal por año (m^3) proyectado a lo largo de la vida útil del proyecto.

Tabla 3.36 Volumen acumulado depositado por año en el Depósito El Balsal.

Periodo	Estéril-Vol. Ingreso (m^3)	Mineral-Vol. Ingreso (m^3)	Mineral-Vol. Salida (m^3)	Mineral Acopiado Acum. (m^3)	Volumen Total Acumulado (m^3)
Último año Construcción	3.543.372	1.241.030	0	1.241.030	4.784.402
Año 1 de operación	0	336.884	0	1.577.913	5.121.285
Año 2 de operación	0	2.267.621	0	3.845.534	7.388.906
Año 3 de operación	0	3.964.323	0	7.809.857	11.353.229
Año 4 de operación	0	416.002	0	8.225.859	11.769.231
Año 5 de operación	0	0	567.462	7.658.398	11.201.770
Año 6 de operación	0	0	490.411	7.167.987	10.711.359
Año 7 de operación	0	0	444.125	6.723.862	10.267.234
Año 8 de operación	0	155.110	0	6.878.971	10.422.343
Año 9 de operación	0	2.517.211	0	9.396.183	12.939.555
Año 10 de operación	0	0	154.320	9.241.863	12.785.235
Año 11 de operación	0	0	2.943.396	6.298.466	9.841.838
Año 12 de operación	0	0	2.943.396	3.355.070	6.898.442
Año 13 de operación	0	0	2.943.396	411.674	3.955.046

Nota: Valores indicados en la tabla muestran el total de volumen, (m^3) de material suelto, almacenado por periodo

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

El diseño del Depósito El Balsal incluye un sistema de manejo de aguas que está compuesto por infraestructuras hidráulicas que interceptarán, conducirán y manejarán las aguas de contacto y no contacto de manera separada. Las estructuras que componen el Depósito El Balsal son las siguientes:

- Sistema de manejo de aguas de no contacto;
- Sistema de manejo de aguas de contacto;
- Sedimentador La Colorada;
- Sistema de Subdrenaje;
- Estructuras asociadas al manejo de aguas de contacto y no contacto (canales, rápidas, badenes, alcantarillas y dissipadores de energía); e
- Instrumentación.

3.3.1.4.2 Depósito San Antonio (Botadero de estériles)

El área de manejo de estériles que anteriormente ocupaba las cuencas de las quebradas El Topacio, El Banco y San Antonio también fue optimizada, principalmente en función de los nuevos volúmenes a almacenar, que busca minimizar la huella del depósito o botadero de estériles y rediseñar los accesos principales a esta área. El actual diseño de este limita su ocupación a las cuencas de las quebradas El Banco y San Antonio, disminuyendo la huella de este y evitando la intervención en el área ubicada en la cuenca de la quebrada El Topacio. Esta actualización fue apoyada por el Consultor Tierra Group.

El depósito o botadero San Antonio se ubicará al oeste del tajo Gramalote, en los predios El Banco y San Antonio de la vereda Guacas Abajo, en una zona con terreno accidentado y estará conformado por material estéril. Este depósito tiene un periodo de operación de 11 años (incluido el último año de la etapa de construcción), y alcanza su capacidad máxima en el año 10 de la etapa de operación, con una altura máxima promedio de 153 m. El volumen máximo de almacenamiento de material total es de ~116 millones de metros cúbicos (Mm³).

El diseño del emplazamiento o depositación de los estériles en el Depósito San Antonio considera bancos con taludes de 1,4H:1V, ancho de berma de 30 m y altura de banco de 20,0 m. Para el diseño del apilamiento del sector norte del DME se consideraron bancos con taludes de 1,4H:1V, ancho de berma de 15,0 m y altura de banco de 20,0 m.

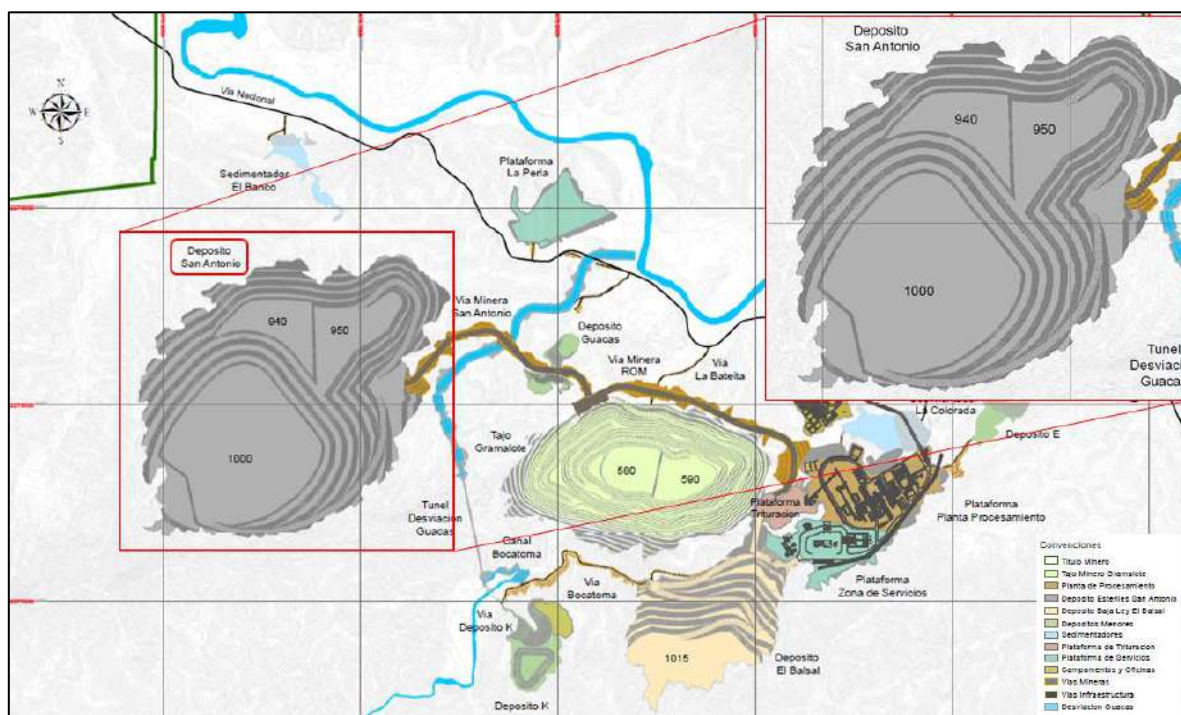


Figura 3.69 Ubicación del Depósito San Antonio

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En la Tabla 3.37, se presenta un resumen del volumen acumulado a ser depositado en el Depósito de Material Estéril (DME) San Antonio por año (m^3) durante la operación del proyecto.

Tabla 3.37 Volumen depositado por año, DME San Antonio.

Periodo	Estéril-Volumen Acumulado (m^3)
Último año Construcción	4.820.906
Año 1 de operación	10.429.556
Año 2 de operación	22.585.342
Año 3 de operación	33.662.637
Año 4 de operación	47.967.751
Año 5 de operación	62.860.615
Año 6 de operación	76.610.666
Año 7 de operación	90.300.067
Año 8 de operación	102.899.883
Año 9 de operación	112.155.303
Año 10 de operación	116.900.538
Año 11 de operación	116.900.538
Año 12 de operación	116.900.538
Año 13 de operación	116.900.538

Nota valores indicados en la tabla muestran el total de volumen, (m^3) de material suelto, almacenado por periodo.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En términos de construcción del depósito, se prevé que la preparación de la cimentación del depósito de material estéril incluirá el retiro de las capas de materia orgánica y suelo que será acumulado para usarse más adelante en actividades de restauración del depósito.

El DME ha sido diseñado para reducir los efectos previsibles al medio ambiente a través del manejo correcto de las filtraciones y de la escorrentía, entre otros. Los estériles extraídos del tajo se depositarán de manera controlada de abajo hacia arriba. En general, dichos almacenamientos se construirán con una pendiente exterior de aproximadamente 3H:1V, con control de drenaje y accesos en las caras. Las estructuras que componen el Depósito San Antonio son las siguientes:

- Sistema de manejo de aguas de no contacto;
- Sistema de manejo de aguas de contacto;
- Sedimentadores San Antonio y El Banco;
- Sistema de Subdrenaje;
- Estructuras asociadas al manejo de aguas de contacto y no contacto (canales, rápidas, badenes, alcantarillas y disipadores de energía); e
- Instrumentación.

3.3.1.4.3 Análisis geotécnico de los depósitos y/o botaderos mineros

Se clasificó los depósitos San Antonio y El Balsal siguiendo la Guía LOP (Hawley & Cuning, 2017), un sistema que define la clasificación de riesgo a partir de una calificación de estabilidad, donde los rangos 80–100 corresponden a riesgo muy bajo (Clase I) y valores menores a 20 a riesgo muy alto (Clase V). Con base en esta metodología y en las características de las obras, ambos depósitos fueron clasificados como Clase IV (Alto Riesgo).

En cuanto a la caracterización del nivel freático y el efecto de la precipitación, se reporta que en San Antonio existen piezómetros Casagrande que estiman niveles piezométricos entre 10 y 20 m bajo la superficie, mientras que en El Balsal los piezómetros indican niveles más someros, aproximadamente entre 2 y 10 m. Para fines de diseño, se modeló de manera conservadora, de tal manera que, durante la operación los niveles piezométricos podrían incrementarse y formarse un nivel freático a lo largo de la interfaz entre el material apilado (estéril/mineral) y la fundación. Se enfatiza que durante construcción y operación debe definirse con mayor detalle la posición real del nivel freático y, si resulta más crítica que la asumida, se deberán ajustar aspectos de diseño, por ejemplo, reforzando o intensificando medidas de drenaje.

Finalmente, respecto al análisis de estabilidad, se realizó evaluaciones por equilibrio límite usando SLOPE/W v11.0, para sustentar el diseño de los depósitos y de las presas de los sedimentadores asociados. Los análisis incluyeron condiciones estáticas, pseudoestáticas y post-pico, y se empleó el método Morgenstern-Price para estimar factores de seguridad, dado que satisface el equilibrio tanto de fuerzas como de momentos. Para estas obras permanentes se analizaron las secciones críticas en la condición de máxima operación y en la condición proyectada de cierre.

Los análisis de estabilidad para las diferentes fases del proyecto se encuentran detalladas en el numeral 5_1_7_GEOTECNIA.

A. Depósito El Balsal

Se seleccionaron las secciones críticas para el Depósito El Balsal para sus capacidades máximas y usando una zonificación por pendientes de la fundación mayor a un 30%. (ver Figura 3.70 y Figura 3.71) Las geometrías de las secciones A y B se desarrollaron utilizando la topografía del terreno nativo existente, así como las configuraciones de diseño propuestas. Las secciones se desarrollaron en AutoCAD Civil 3D y luego fueron importadas a SLOPE/W.

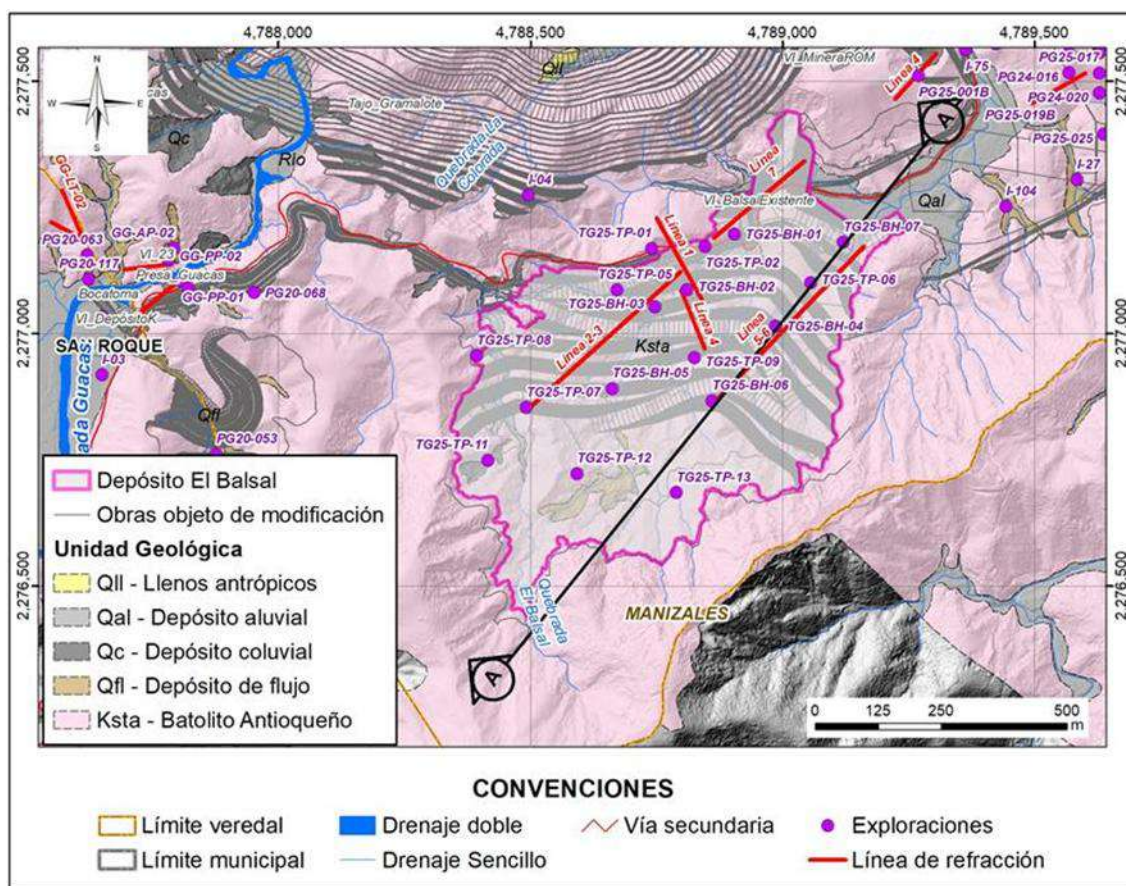


Figura 3.70 Localización en planta de la sección de interés para el análisis geotécnico – Depósito El Balsal

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2025

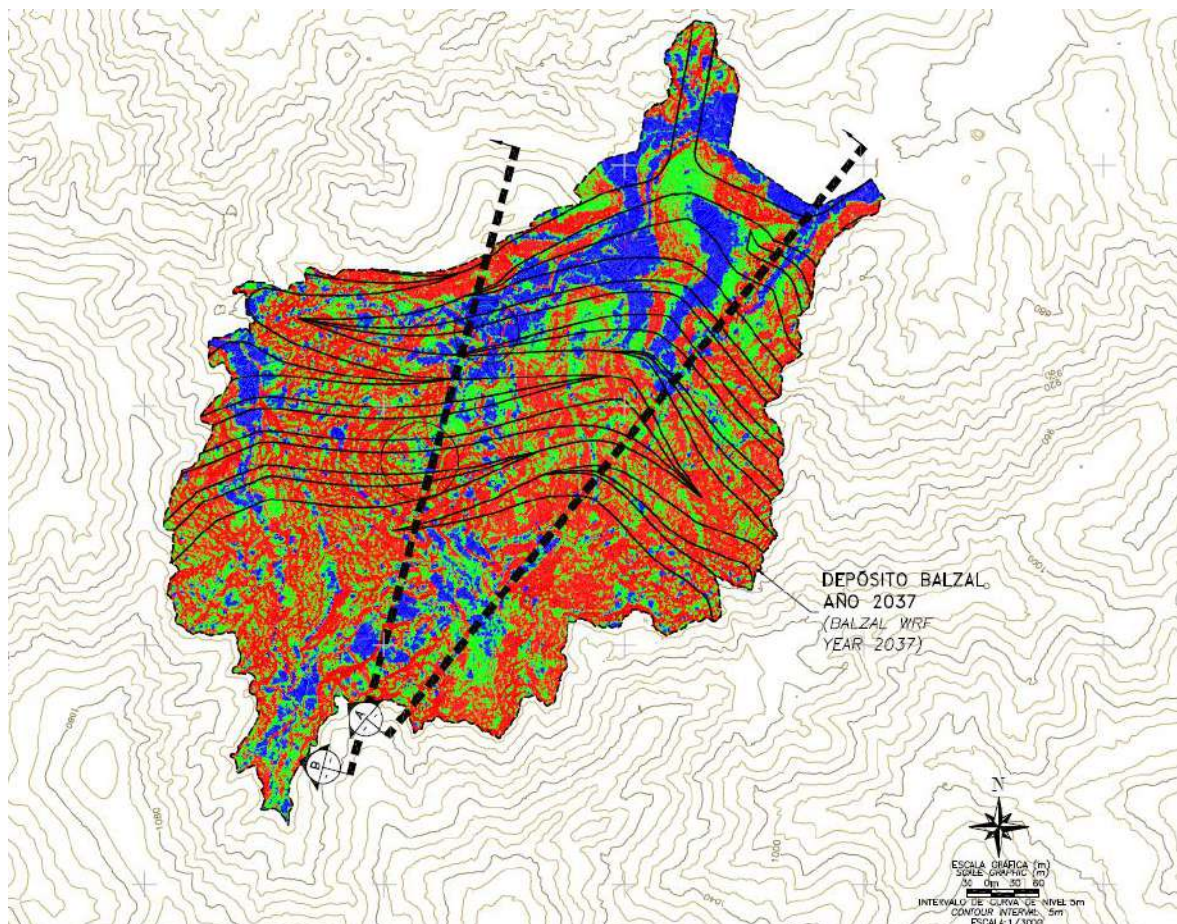


Figura 3.71 Localización en planta de la sección complementaria de interés para el análisis geotécnico – Depósito El Balsal

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2026



Gramalote
El Balsal - Section B
Name: c. Post-peak
Kind: SLOPE/W
Analysis Type: Morgenstern-Price

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Shear/Normal Strength Fn.	Tau/Sigma Ratio	Intact Rock Parameter m	Geological Strength Index GSI
Green	Bedrock (HGU-0607)	Hoek-Brown	26			25	52
Orange	Liquefied Residual Soil (HGU-02)	SHANSEP	17		0.26		
Yellow	Liquefied Saprolite (HGU-0304)	SHANSEP	18.8		0.26		
Red	Transition (HGU-05)	Hoek-Brown	25.2			25	20
Light Yellow	Waste Rock (Avg-High)	ShearNormal Fn.	20	LOP (Average-High)			

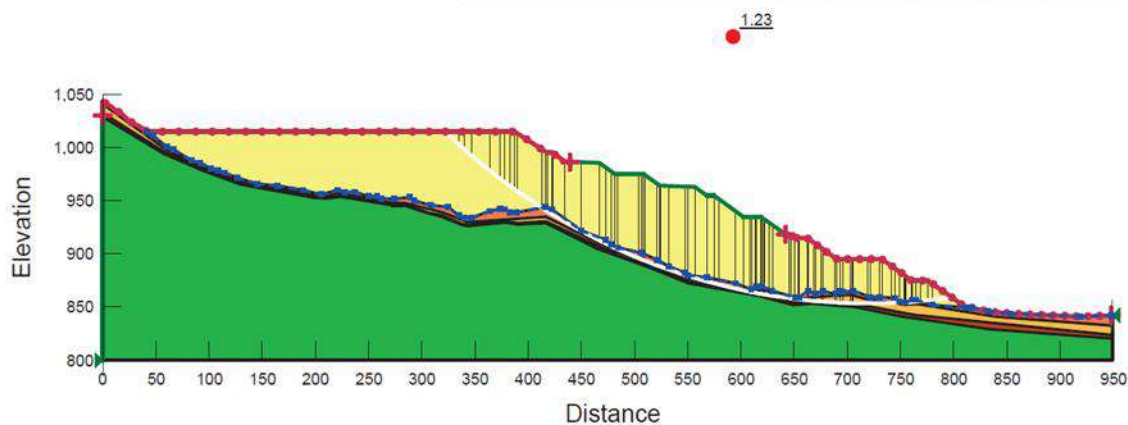


Figura 3.72 Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección B – Depósito El Balsal, etapa de operación máxima

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2025



Gramalote
El Balzal - Section B
Name: 2c. Post-peak
Kind: SLOPE/W
Analysis Type: Morgenstern-Price

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Shear Normal Strength Fr.	Intact Rock Strength Parameter m	Geological Strength Index GSI	Tau/Sigma	Minimum Shear Strength (kPa)
Red	Alluvium Soil (Residual peak undrained)	SHANSEP	18				0.2	0
Green	Bedrock (HGL40607)	Hoek-Brown	26		25	52		
Orange	Liquidified Sediment (HGL42304)	SHANSEP	18.8				0.2	0
Brown	Transition (HGL420)	Hoek-Brown	25.2		25	20		
Yellow	Waste Rock (Average)	Shear Normal Fr.	20	LOP (Average-High)				

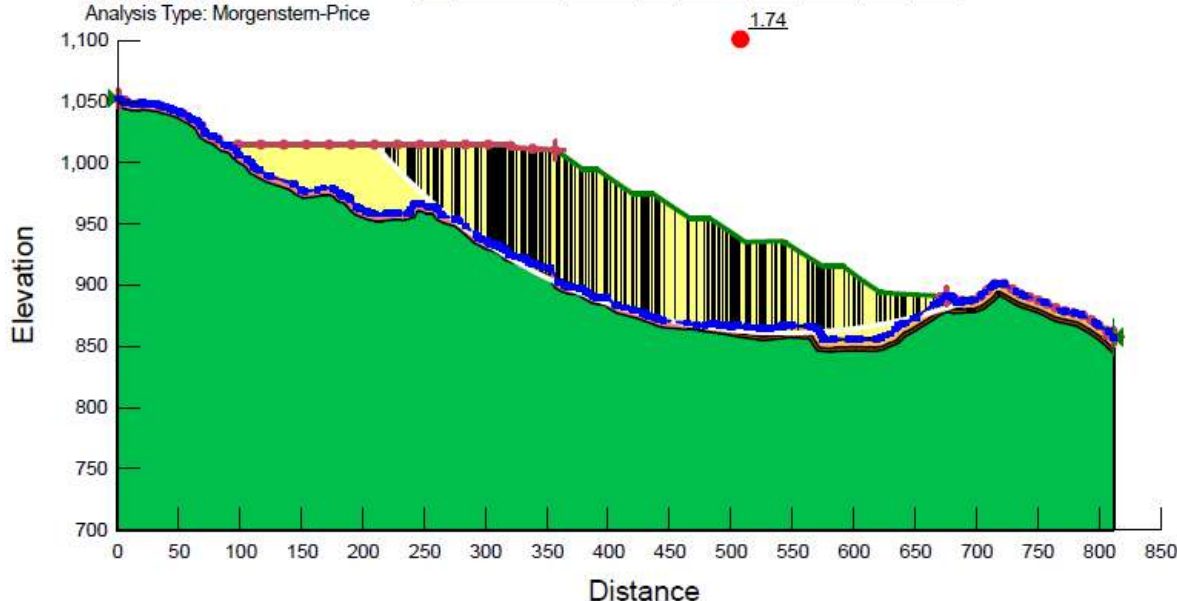


Figura 3.73 Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección B – Depósito El Balsal, etapa de operación máxima

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2026

B. Depósito San Antonio

Se seleccionaron las secciones críticas para el Depósito San Antonio para sus capacidades máximas y usando una zonificación por pendientes de la fundación mayor a un 30%. (ver Figura 3.74 y Figura 3.75) Las geometrías de las secciones A y B se desarrollaron utilizando la topografía del terreno nativo existente, así como las configuraciones de diseño propuestas. Las secciones se desarrollaron en AutoCAD Civil 3D y luego fueron importadas a SLOPE/W.

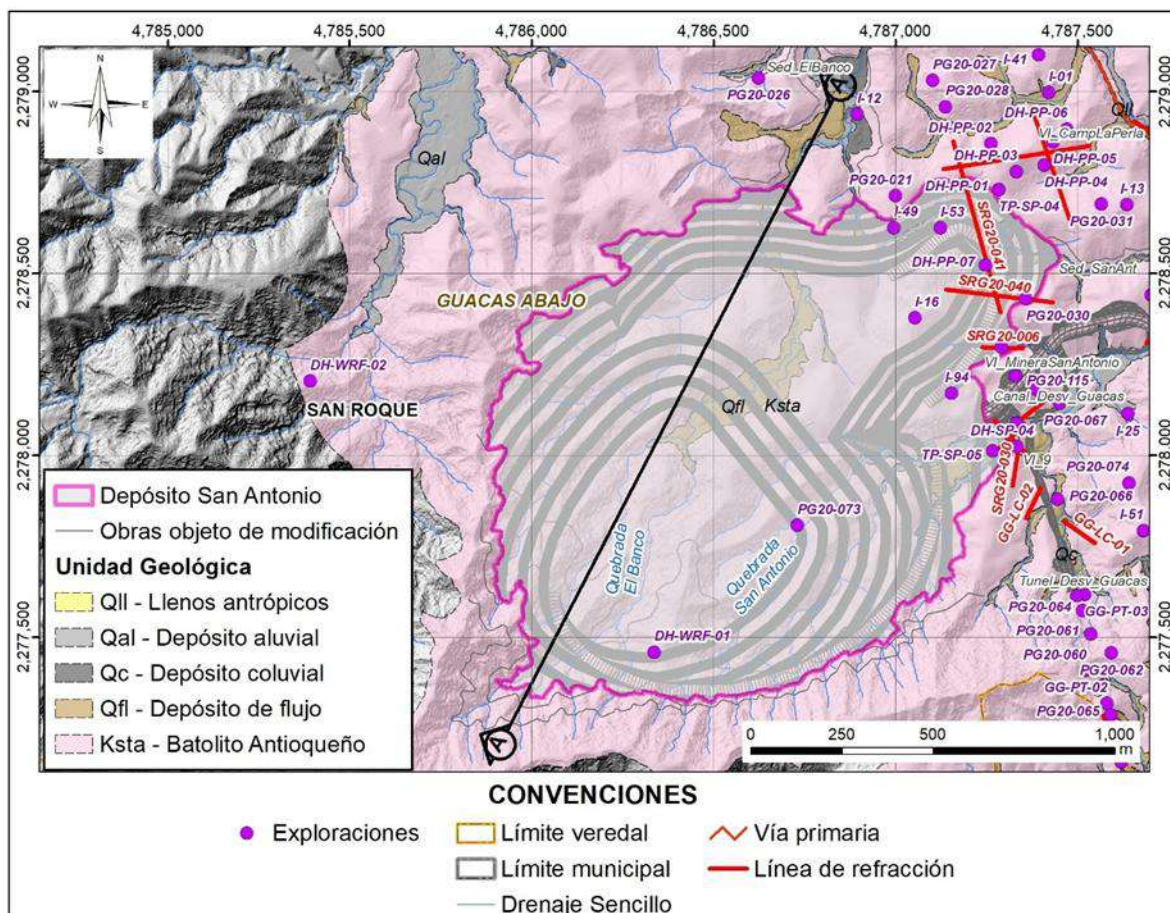


Figura 3.74 Localización en planta de la sección de interés para el análisis geotécnico – Depósito San Antonio

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2025

Presentando un análisis de estabilidad más crítico presente en la siguiente imagen:

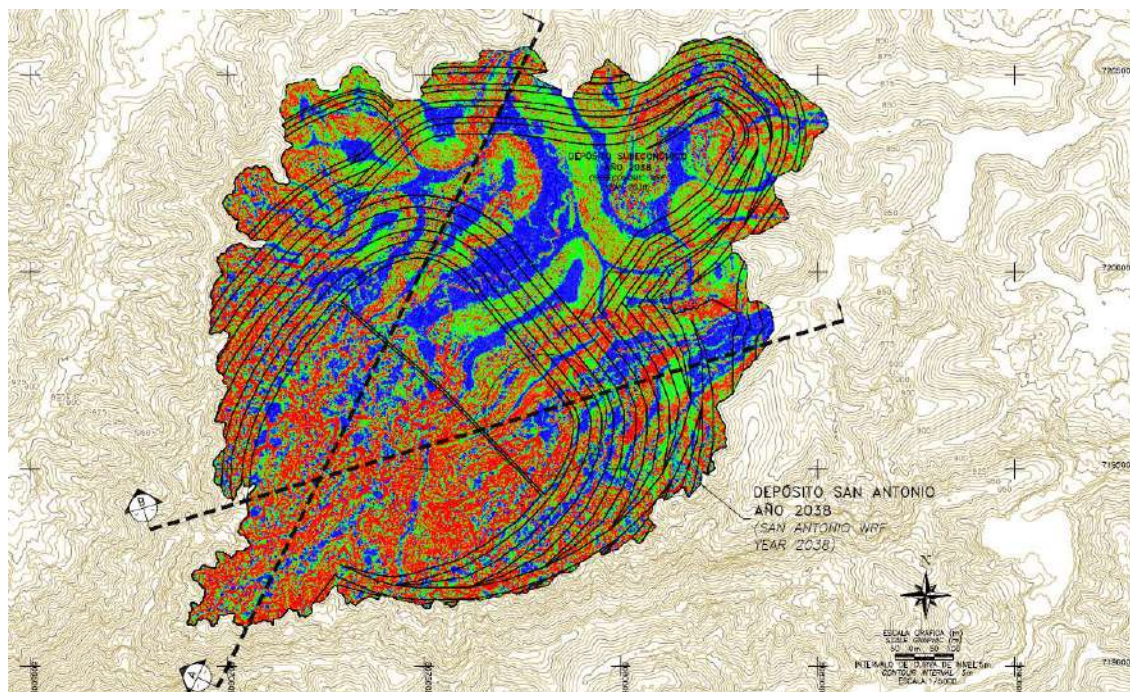


Figura 3.75 Localización en planta de la sección complementaria de interés para el análisis geotécnico – Depósito San Antonio

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2026

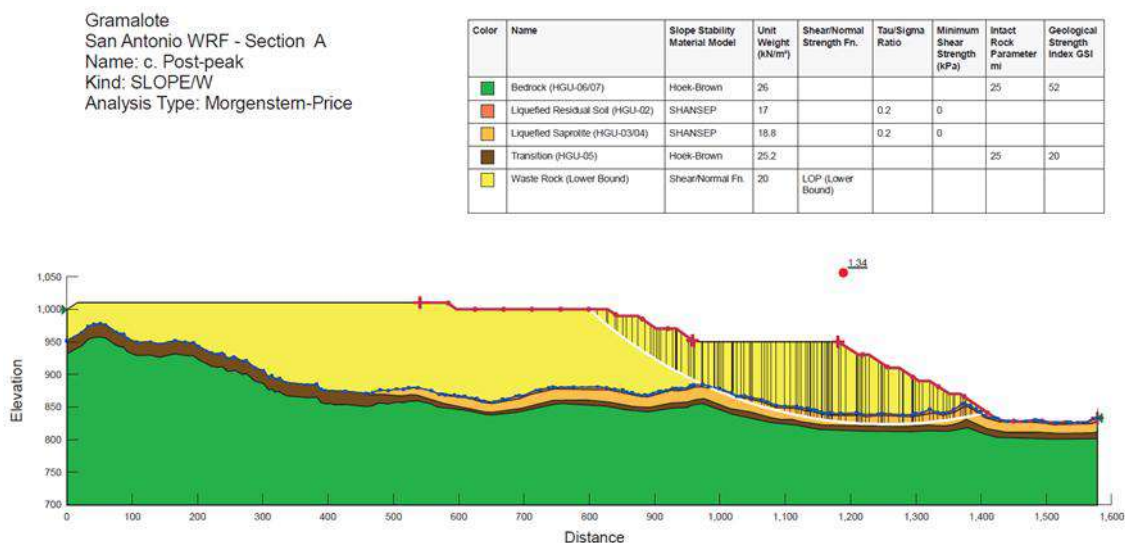


Figura 3.76 Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección A – Depósito San Antonio, operación máxima

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2025



Gramalote
San Antonio WRF - Section B
Name: 2c. Post-peak
Kind: SLOPE/W
Analysis Type: Morgenstern-Price

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Shear/Nominal Strength Fn.	Tau/Sigma	Intact Rock Parameter c	Geological Strength Index GSI
Green	Bedrock (HGU-00/07)	Hoek-Brown	20			20	52
Orange	Liquefied Residual Soil (HGU-02)	SHANSEP	17		0.2		
Light Orange	Liquefied Saprolite (HGU-03/04)	SHANSEP	16.6		0.2		
Brown	Transition (HGU-05)	Hoek-Brown	25.2			25	20
Yellow	Waste Rock (Lower Bound)	Shear/Nominal Fn.	20	LOP (Lower Bound)			

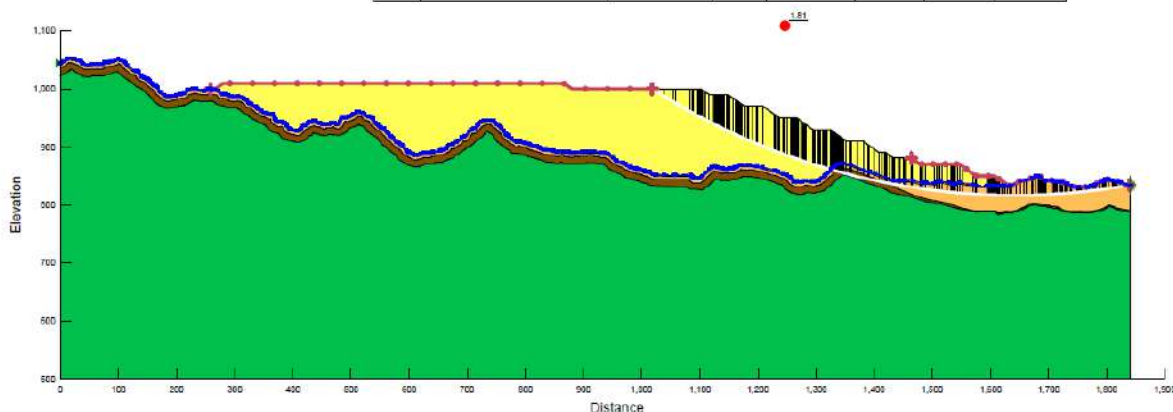


Figura 3.77 Análisis de estabilidad en condición post-pico de la Sección B – Depósito San Antonio, operación máxima

Fuente: Tierra Group International, Ltd., 2026

3.3.1.4.4 Manejo de aguas en los depósitos y/o botaderos de material estéril

El manejo de aguas propuesto para los depósitos considera el flujo de agua a través de drenes por debajo de la instalación, en el fondo del valle. Para reducir el flujo de agua que llega a estos drenes se han propuesto canales de desviación de agua durante las operaciones de los depósitos, los cuales tendrán características permanentes y temporales.

Para maximizar la cantidad de aguas de no-contacto provenientes de la parte superior de la cuenca que aún no ha sido perturbada por las actividades mineras se ha concebido un sistema de manejo de aguas de escorrentía (canales de no contacto).

Este manejo se determina por un sistema de que está compuesto por infraestructuras hidráulicas que tomarán, conducirán y manejarán las aguas de contacto y no contacto de manera separada, y secuenciada de acuerdo con el avance de la depositación de los materiales en los depósitos.

El manejo de las aguas contactadas por las operaciones mineras asociadas al manejo de los estériles o acopio de material a explotar se realizará por medio de drenes y canales que

conducirán el agua contactada por los materiales hasta un sistema de sedimentación localizado en la parte baja de las cuencas en donde serán depositados los materiales. En este caso, como se mencionó anteriormente para el depósito El Balsal el manejo de aguas de contacto y no contacto se compone las siguientes estructuras:

- Sistema de manejo de aguas de no contacto;
- Sistema de manejo de aguas de contacto;
- Sedimentador La Colorada;
- Sistema de Subdrenaje;
- Estructuras asociadas al manejo de aguas de contacto y no contacto (canales, rápidas, badenes, alcantarillas y disipadores de energía); e
- Instrumentación.

Para el caso del Depósito San Antonio el manejo de aguas de contacto y no contacto estará compuesto por las siguientes estructuras:

- Sistema de manejo de aguas de no contacto;
- Sistema de manejo de aguas de contacto;
- Sedimentadores San Antonio y El Banco;
- Sistema de Subdrenaje;
- Estructuras asociadas al manejo de aguas de contacto y no contacto (canales, rápidas, badenes, alcantarillas y disipadores de energía); e
- Instrumentación.

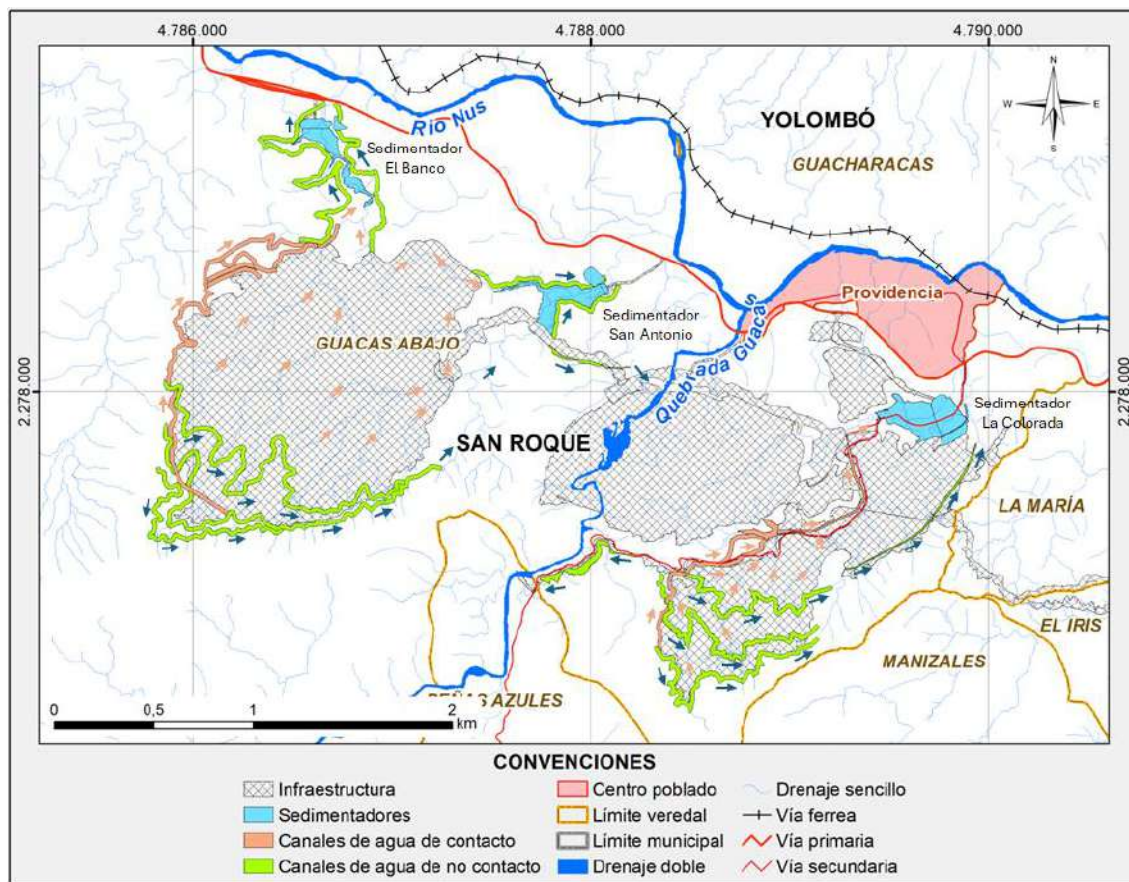


Figura 3.78. Manejo de aguas de contacto y no contacto en los depósitos San Antonio y El Balsal. Antes de las obras para la realineación de la quebrada Guacas

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

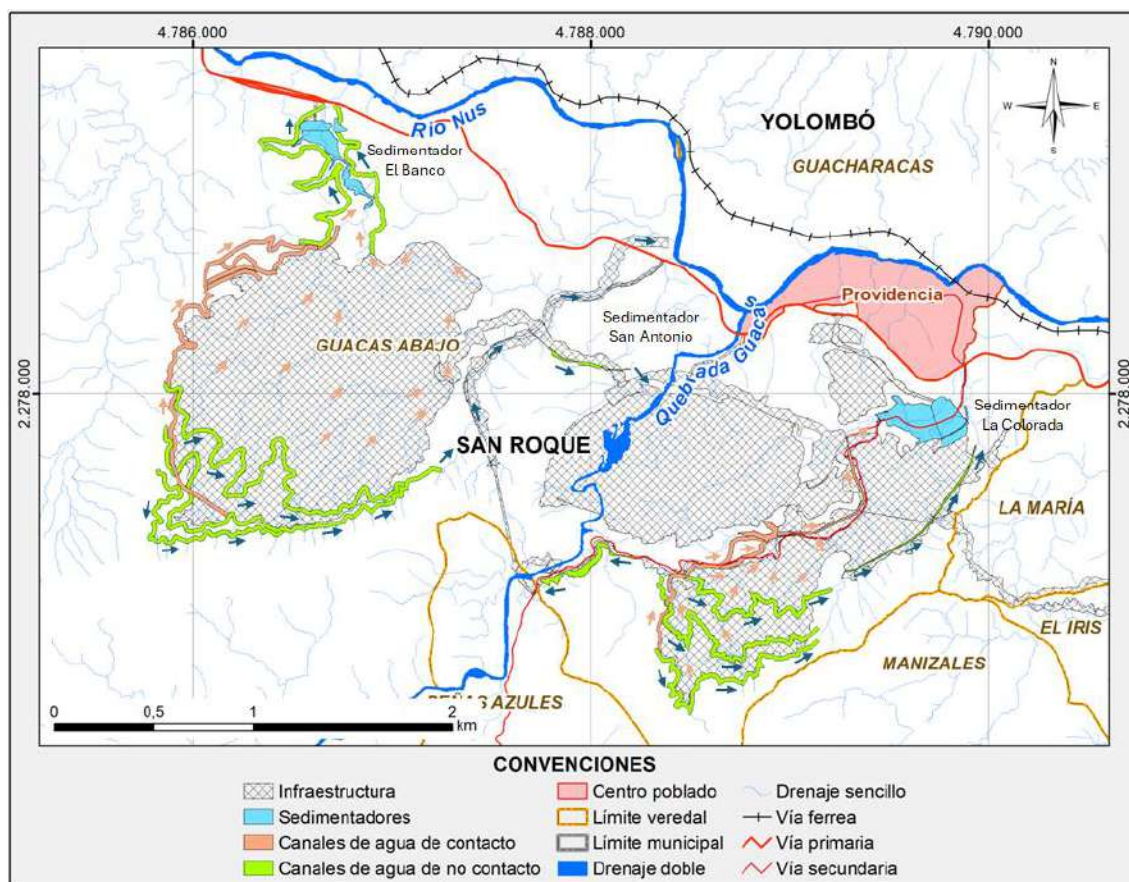


Figura 3.79. Manejo de aguas de contacto y no contacto en los depósitos San Antonio y El Balsal. Después de las obras para la realineación de la quebrada Guacas

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

El depósito de estériles será sometido a una revegetación progresiva como parte del Plan de cierre. Para asegurar la integridad de las áreas revegetadas se propone la implementación de un sistema de manejo de aguas de escorrentía en la superficie del depósito de estériles que está compuesto por canales principales y secundarios. Los canales secundarios se construirán a lo largo de los bancos y recibirán las aguas de escorrentía provenientes de los taludes del depósito de estériles que ya han sido revegetados, es decir que han sido cerrados de forma permanente. Los canales principales reciben las aguas de los canales secundarios y conducen las aguas hacia los sedimentadores.

3.3.1.5 Equipos y maquinaria para utilizar

La flota minera, principal y auxiliar, requerida para garantizar la continuidad operativa y la eficiencia productiva del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se determina en coherencia con las tasas de extracción y procesamiento proyectadas en el Plan de Producción, la geometría y secuenciamiento de explotación. La selección de

equipos se fundamentó en los principios de eficiencia energética, seguridad minera, confiabilidad mecánica, adecuación a las condiciones topográficas y geotécnicas del tajo.

El equipo minero fue seleccionado para una operación minera a cielo abierto convencional con perforación, voladura, cargue y transporte (acarreo), usando palas hidráulicas y cargadores frontales para la excavación y cargue del material mineral y estéril.

A. Perforación

Las operaciones de perforación se dividirán en: producción, buffer¹, precorte y control de ley, todas ellas realizadas directamente por Gramalote. La perforadora seleccionada para realizar la producción, el precorte y el buffer es la DI650i. Tener un solo tipo de perforadora permite una gran flexibilidad para la operación.

La perforación para el control de ley requiere perforación de aire reverso, para lo cual se seleccionó la perforadora DI650i RC, la cual es adecuada para trabajar en espacios confinados y profundos, y además proporciona sinergia con las perforadoras utilizadas para los otros tipos de perforación.

Los diseños de patrones de perforación y voladura fueron recomendados por Orica. En la Tabla 3.38 pueden observarse los parámetros utilizados para realizar la perforación.

¹ Perforación tipo buffer se refiere a la perforación que se realiza para realizar una voladura amortiguada.

Tabla 3.38 Parámetros del equipo de perforación

Parámetros de perforación	Unidades	Roca Óxido		Roca Fresca				Control de Ley		Control de pared
		Estéril		Mineral		Estéril		Óxido	Roca Fresca	Pre-Corte
		Producción	Buffer	Producción	Buffer	Producción	Buffer			
Diámetro de Perforación	in	5 1/2 "	5 1/2 "	7 7/8 "	5 1/2 "	7 7/8 "	5 1/2 "	5 1/2 "	5 1/2 "	5 1/2 "
	mm	139.7	139.7	200.0	139.7	200.0	139.7	139.7	139.7	139.7
Altura del Banco	mt/pozo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	30.0	30.0	20.0
Re Perforación	mt/pozo	1.0	0.0	1.5	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inclinación	°	-	-	-	-	-	-	55.0	55.0	85.0
Profundidad del Pozo	mt/pozo	11.0	10.0	11.5	10.0	12.0	10.0	36.6	36.6	20.1
Burden	mt/pozo	5.0	5.0	5.2	5.0	7.5	5.0	7.5	7.5	3.0
Espaciamiento	mt/pozo	6.0	8.0	6.0	5.0	8.7	5.0	5.0	5.0	1.7
Volumen del Pozo	m3/pozo	300	400	312	250	653	250	1,125	1,125	102
Densidad	t/m3	1.85	1.85	2.64	2.64	2.64	2.64	1.85	2.64	2.24
Tonelaje del Pozo	t/pozo	554	739	824	660	1,723	660	2,078	2,971	230
Perforación específica	t/mt	50	74	72	66	144	66	57	81	11.4
Productividad efectiva de Perforación	mt/hr	42.0	42.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
Eficiencia Operacional	%	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70
Productividad Operativa de la Perforación	m/hrop	29.4	29.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

B. Cargue y Transporte

La operación minera utilizará palas hidráulicas de 200 toneladas o su equivalente a la pala Cat 6020 de Caterpillar con camiones de 100 toneladas cortas o su equivalente a camiones Cat 777 de Caterpillar. La combinación propuesta de pala–camión permite alcanzar la productividad requerida para un movimiento total anual de material de alrededor de 35 Mt/a, además de proporcionar suficiente selectividad con las palas como se requiere para un buen control de leyes.

Los cargadores frontales seleccionados son de 200 t o su equivalente al Cat 992 de Caterpillar, los cuales se usarán para la recuperación del mineral de los stocks y para soportar las palas durante los picos de producción, proporcionando mayor flexibilidad a la operación del cargue. La Tabla 3.39 resume los parámetros operacionales del equipo de cargue.

Tabla 3.39 Parámetros Operacionales del equipo de Cargue

Parámetros Operacionales de Cargue y Transporte		Óxido		Roca Fresca	
		Pala ~200t Cargador ~12m ³		Pala ~200t Cargador ~12m ³	
		Camión ~100t		Camión ~100t	
Capacidad del cucharón (colmada)	m ³	11.5	11.5	11.5	11.5
	yd ³	15.0	15.0	15.0	15.0
Factor de llenado del cucharón	%	90.0	81.0	90.0	81.0
Densidad	t/bcm	1.85	1.85	2.64	2.64
Factor de esponjamiento	%	30.0	30.0	30.0	30.0
Densidad esponjada	t/bcm	1.42	1.42	2.03	2.03
Carga útil del cucharón	t	14.7	13.2	21.0	18.9
Carga nominal del camión	t	96.6	96.6	96.6	96.6
Número calculado de pases por camión	pases	6.6	7.3	4.6	5.1
Número real de pases por camión	pases	5.0	5.0	5.0	6.0
Carga real del camión	t	73.5	66.2	96.6	96.6
Ciclo de pase de cucharón	min	0.50	0.65	0.50	0.65
Tiempo de posicionamiento del camión	min	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de cargue del camión	min	3.00	3.75	3.00	4.40
Productividad efectiva del equipo de cargue (húmedo)	t/hr	1,471	1,059	1,932	1,317
Humedad	%	2.0	2.0	2.0	2.0
Productividad efectiva del equipo de cargue (seco)	t/href	1,442	1,038	1,894	1,291
Utilización	%	80	75	80	75
Productividad operativa del equipo de cargue (seco)	t/ophr	1,154	779	1,515	969
	bcm/ophr	624	421	574	367
Tiempo de maniobra de camiones por ciclo	min	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiempo de descarga de camiones por ciclo	min	1.00	1.00	1.00	1.00
Tiempo de retraso del camión por ciclo	min	1.50	1.50	1.50	1.50
Total tiempos fijos del camión por ciclo	min	6.00	6.75	6.00	7.40

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

C. Equipos Auxiliares

El tamaño de la flota auxiliar fue calculado con base a los siguientes los principios:

- Tractor sobre orugas: 1 unidad por equipo de cargue de producción + 2 unidades por puntos de cargue.
- Tractor sobre ruedas: 1 Unidad por 2 equipos de cargue (Palas y Cargadores)
- Motoniveladora: 1 equipo por cada 15 camiones + 1
- Carro tanques: 1 equipo por cada 5 camiones + 1 (Requerimiento del EIA)

En la Tabla 3.40 puede observarse el tamaño de la flota principal requerido por año durante la vida del proyecto

Tabla 3.40 Equipos mineros

Equipo Minero		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Perforadora de Producción (200 mm)	Und.		1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2			
Perforadora de Control de Ley (140 mm)	Und.		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
Perforadora de Pre-Corte (140 mm)	Und.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Total Perforadoras	Und.		3	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4			
Exacavadora (200-230t)	Und.		2	3	4	4	4	4	4	4	3	3	2			
Cargador de (11-13 m3)	Und.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total Equipo de Cargue	Und.		3	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	1	1	1
Camiones de 100 t	Und.		10	15	24	29	32	25	25	27	27	29	18	3	3	3
Total Camiones	Und.		10	15	24	29	32	25	25	27	27	29	18	3	3	3
Tractor sobre Orugas	Und.		4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	2	2
Tractor sobre Ruedas	Und.		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Motoniveladora	Und.		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Camion Regador	Und.		2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
Cargador a la Trituradora	Und.			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

En la Fotografía 3.13 se muestran los equipos mineros principales que se utilizarán en la operación.

Perforadora de 140 – 200 mm



Excavadora 200-230 t



Cargador 11-13 m3



Camión de 100 t



Tractor de Orugas



Tractor Sobre Ruedas



Motoniveladora



Carro Tanque



Fotografía 3.13 Equipos Mineros Principales preseleccionados (Equipos finales serán de tipo/capacidades similares)

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

D. Equipos de Soporte

Los equipos necesarios para brindar soporte, seleccionados teniendo en cuenta los registros disponibles de operaciones mineras de tamaño similar, se resumen a continuación:

Tabla 3.41 Tamaño de la flota de soporte

Equipo de Soporte utilizada por año	Máxima Cantidad
Cargador 4m ³	1
Excavadora 2m ³	2
Tractor sobre Orugas (170-200 hp)	2
Cama-baja	2
Cargador Frontal – 11 a 13 m ³	1
Camión Pluma Grúa	1
Cambiador Neumático	2
Grúa 50t	1
Grúa 10t	1
Camión de Servicio	2
Montacargas	1
luminarias	10

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.3.1.6 Sistemas de transporte

El sistema de transporte a emplear en el proyecto Gramalote, se define como un sistema de cargue, acarreo y descargue, por medio de palas hidráulicas y camiones mineros como se mencionó anteriormente.

La tasa total de extracción proyectada, equivalente a 35 millones de toneladas por año, resulta de la sinergia operacional entre el conjunto pala–camión y el sistema auxiliar de apoyo que incluye tractores, motoniveladoras, cargadores frontales y carro tanques de riego. Los cálculos de productividad de la flota se establecieron considerando una disponibilidad mecánica promedio del 88 % y una utilización efectiva del 80 %, parámetros que se encuentran alineados con los estándares de operación de la minería a cielo abierto y con el Plan de mantenimiento preventivo y predictivo. La rotación de equipos y las ventanas programadas de mantenimiento se ajustan dinámicamente a las fases operativas del tajo, según lo definido en el secuenciamiento de la explotación, garantizando la continuidad de la operación y la optimización del rendimiento global durante toda la vida útil del proyecto. Este enfoque integrado permite mantener una tasa de extracción estable, reducir los tiempos improductivos y asegurar la sostenibilidad técnica y económica del plan minero.

El acceso inicial a las áreas de excavación probablemente será ejecutado por un contratista utilizando una pequeña flota de camiones articulados, excavadoras pequeñas y el equipo de apoyo necesario. Esta flota también se empleará en los movimientos de tierra masivos durante la construcción de la plataforma de la planta y el desarrollo inicial de caminos.

El proyecto considera una flota de equipos auxiliares de mina destinada a apoyar las actividades de movimiento de tierra y acelerar la preparación de plataformas para el inicio del pre-stripping (remoción inicial de estéril).

La operación minera empleará excavadoras hidráulicas de la clase de 200 t, en conjunto con camiones de acarreo de la clase de 100 t. Se requerirán cuatro excavadoras principales hasta el año 5 de la etapa de operación; posteriormente, la cantidad se reducirá hacia el final de la vida útil de la mina conforme disminuye el volumen del material a extraer.

Una flota auxiliar de equipos apoyar a las operaciones mineras en desarrollo de caminos de acceso, cómo mantenimiento de las vías de acarreo, construcción de bermas de seguridad, apoyo limpieza de las excavadoras, mantenimiento de los botaderos de desmonte, control de pilas de acopio, control de polvo y actividades de perforación y voladura.

3.3.1.7 Actividades de transporte y rutas de movilización interna del mineral, sobrantes, equipos y personal

3.3.1.7.1 Acarreo de materiales de explotación

Las actividades de transporte o acarreo del mineral y estériles se llevarán a cabo desde el área de explotación (tajo Gramalote) por medio de las vías mineras hacia el área de trituración (plan de beneficio), área de acopio temporal (depósito El Balsal), y/o el depósito San Antonio.

El material mineralizado de acuerdo con el plan minero se transportará desde el tajo por la vía minera ROM hasta el área de trituración. Allí los camiones mineros podrán descargar por volteo directamente en el área de recepción de mineral o tolva de la trituradora, o acopiar en la plataforma. El material acopiado será recuperado, desde la pila de almacenamiento hasta la tolva a través de la plataforma, mediante un cargador frontal.

Así mismo, el material también podrá ser dispuesto en el depósito El Balsal como acopio temporal; para posteriormente ser reclamado y transportado hacia el área de beneficio (plataforma de trituración).

Desde la plataforma de trituración y como parte del proceso de beneficio, el material se transportará, a través de una banda transportadora, hasta la zona de molienda. Ya en la planta el material será conducido por bombeo entre cada uno de los subprocesos de beneficio. El transporte de los relaves desde la planta hasta el área de manejo de relaves o colas se realizará mediante el bombeo a través de tuberías de gran capacidad.

Por su lado, el estéril será transportado desde el tajo por la vía minera San Antonio, para ser descargado por volteo de manera técnica y controlada, en caída libre hacia el frente de avance de este. Una vez se descargue el material en el sitio, será asistido por tractores que empujarán hacia la cara libre el estéril remanente para organizar el frente de descargue.

Para el transporte de los insumos se utilizarán camiones o carrotanques de distintas características, que llegarán desde la portería hasta cada uno de los sitios de almacenamiento.

3.3.1.7.2 Rutas de movilización de equipos

Los equipos que arriben a la zona del proyecto se almacenarán inicialmente en la plataforma La Perla y/o la Plataforma La Mayoría (Construcción), desde donde serán

trasladados, a través de las vías del proyecto, a los sitios de ensamble e instalación, como el campamento, la planta de beneficio, la zona de servicios, y/o los frentes de obra.

3.3.1.7.3 Rutas de movilización de personal

Al interior del proyecto el personal será movilizadado en vehículos livianos, como camionetas y/o buses desde la portería hasta la zona de campamentos, planta de beneficio y la zona de servicios mineros. De acuerdo con la localización de los frentes de trabajo, los trabajadores serán llevados en vehículos livianos de operación hasta el sitio específico. Si las distancias no son significativas los operarios se podrán movilizar por senderos peatonales debidamente adaptados y señalizados.

3.3.1.8 Obras de arte requeridas

Para esta modificación en cuanto a las estructuras hidráulicas u obras de arte que se requieran para el manejo de los drenajes, durante la construcción y operación del Proyecto, se mantienen los conceptos definidos y evaluados en la licencia ambiental del proyecto.

En términos generales para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, las obras de arte comprenden alcantarillas, cunetas de drenaje, sedimentadores, canales de derivación y vertimiento y canales de disipación de energía, entre otros. Estas serán construidas para el control del drenaje en las diferentes vías, plataformas o instalaciones, y obras mineras para el desarrollo del Proyecto. Adicionalmente, los sedimentadores asociados a las diferentes instalaciones mineras objeto de modificación (tajo, planta de beneficio, campamento, depósitos, etc.) también serán considerados como obras de arte debido a que estos se utilizarán para el control y manejo de aguas de escorrentía superficial e infiltraciones, y de sedimentos durante toda la vida útil del Proyecto (ver numerales 3.3.2.2.6 y 3.3.2.2.7).

Considerando la alta pluviosidad de la región donde se localiza el Proyecto, se tendrá un especial interés en la construcción de obras de retención de sólidos totales suspendidos. Por lo tanto, el manejo de sedimentos es una prioridad que se operará en tres niveles:

- Nivel 1: Control en la fuente. Implementación de las Mejores Prácticas de Manejo (BMPs, por sus siglas en inglés) para el control de aguas de lluvia, erosión y sedimentos en la fuente de la erosión.
- Nivel 2: Control intermedio. Implementación de BMPs para el control de aguas de lluvia, erosión y sedimentos y/o estructuras de diseño específico como pequeñas zanjas de derivación, disipadores de energía, pequeñas piscinas, bermas de drenaje y otras estructuras pequeñas para el control de sedimentos, de tal manera que retengan las fracciones más gruesas de los sólidos en suspensión. Se espera que las estructuras de los Niveles 1 y 2 logren al menos el 60 % de eficiencia en la retención de sedimentos.
- Nivel 3: Control perimétrico. Estructuras para el control de aguas de lluvia, erosión y sedimentos consideradas en el último punto de control donde debe cumplirse con los niveles de descarga de los sólidos suspendidos.

3.3.1.9 Descripción modificación de redes de drenaje

A continuación, se presenta las principales interacciones, modificación y/o manejo de las redes de drenaje, con relación a las obras objeto de modificación.

Tabla 3.40 Modificación de redes de drenaje con relación a las obras objeto de modificación

Obra / Actividad	Cuenca hidrográfica / Fuente	Interacción / Manejo
Vías, plataformas y depósitos de material sobrante de excavación ZODME	Todas las cuencas en general. Quebradas El Banco, San Antonio, Guacas, Colorada, Balsal, Torito, Palestina, y otros cauces menores.	Cunetas, alcantarillas, rondas de coronación, obras de cruce menores (badenes, tuberías y alcantarillas de cajón), pontones, puentes, entre otros. Ver numeral 3.3.2.2.6 y numeral 3.6.1
Tajo Gramalote	Quebrada La Colorada	Sedimentador La Colorada. Manejo de sedimentos por la adecuación y explotación superficial del tajo. Ver numeral 3.3.2.2.7
	Quebrada Guacas	Realineación de la quebrada Guacas, para habilitar la explotación de la fase 2 del tajo. Las obras y/o actividades asociadas a la desviación o realineación de la quebrada Guacas (Túnel canal desvió Guacas, Canal de desviación de Guacas, Presa Guacas, y las vías 9, 23 y 27) no son objeto de esta modificación. Por consiguiente, estas obras no presentan modificaciones respecto de lo autorizado, por lo cual no será objeto de ajuste en el presente estudio de impacto ambiental; y en consecuencia, se mantiene íntegramente de acuerdo con lo establecido en el Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015.
Depósito San Antonio	Cuencas quebradas El Banco y San Antonio	Manejo de aguas de contacto y no contacto, sistema de subdrenaje, Sedimentador El Banco y Sedimentador San Antonio. Ver numeral 3.3.1.4 y numeral 3.3.2.2.7
Depósito El Balsal	Cuenca quebrada El Balsal	Manejo de aguas de contacto y no contacto, sistema de subdrenaje, Sedimentador La Colorada. Ver numeral 3.3.1.4 y numeral 3.3.2.2.7

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.3.1.10 Manejo de explosivos - Perforación y voladura

El diseño del proceso de perforación y voladura del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se orienta a maximizar el rendimiento de la trituradora primaria, garantizando la capacidad de trituración proyectada y favoreciendo la eficiencia energética del sistema mediante la reducción del consumo específico (kWh/t triturada).

El plan de voladuras fue diseñado considerando criterios de fragmentación controlada, optimización del factor de carga, estabilidad del macizo rocoso y mitigaciones de

vibraciones, con el objeto de cumplir los requerimientos operacionales, ambientales y de seguridad establecidos para el proyecto.

Las configuraciones presentadas en la siguiente tabla están orientadas a asegurar el equilibrio óptimo entre la eficiencia de la perforación, la adecuada liberación de energía y una fragmentación efectiva del macizo rocoso.

Tabla 3.42 Parámetros de voladura

Parámetros de Voladura	Unidad			Roca Fresca				Pre-Corte
		Estéril		Mineral		Estéril		
		Producción	Buffer	Producción	Buffer	Producción	Buffer	
Diámetro de Perforación	mm	139.7	139.7	200.0	139.7	200.0	139.7	139.7
Altura del banco	mt/pozo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0
Sobreperforación	mt/pozo	1.0	0.0	1.5	0.0	2.0	0.0	0.0
Profundidad de Perforación	mt/pozo	11.0	10.0	11.5	10.0	12.0	10.0	20.0
Distancia entre filas	m	5.0	5.0	5.2	5.0	7.5	5.0	3.0
Espaciamiento entre filas	m	6.0	8.0	6.0	5.0	8.7	5.0	1.7
Volumen del barrenado de voladura	m3/pozo	300	400	312	250	653	250	102
Densidad	t/m3	1.85	1.85	2.64	2.64	2.64	2.64	2.24
Tonelaje de barrenos de voladura	t/pozo	554	739	824	660	1,723	660	229
Retacado	mt/pozo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0
Compartimiento de aire	mt/pozo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga de columna	mt/pozo	7.0	6.0	7.5	6.0	8.0	6.0	17.0
Carga de fondo	mt/pozo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Anfo	kg/pozo		72		72		72	
Anfo Pesado (50/50)	kg/pozo	139		306		327		
Factor potencia equiv. ANFO	g/t	252	97	372	109	190	109	
	kg/m3	0.46	0.18	0.98	0.29	0.50	0.29	

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

El tipo de voladura establecida para el proyecto es una voladura controlada, la cual se refiere al uso de una serie de técnicas destinadas a minimizar el daño a la roca en el límite de la excavación, que asegure la construcción de la geometría banco-berma y taludes, el cual ocurre debido a las ondas de choque y a los gases a alta presión, generados durante la detonación del explosivo.

Este sistema de voladura fue seleccionado para minimizar el daño al macizo rocoso en su entorno, protegiendo la integridad de los bancos y la estabilidad de los taludes, asegurando ángulos de diseño y una operación sin riesgo, con el propósito de que la roca sea fragmentada en el área a excavar y no más allá o fuera de ella, lo que generaría impactos negativos en el ángulo cara banco, ángulo de talud, razón estéril-mineral, dilución, etc.

Bajo esta perspectiva los objetivos de las voladuras de contornos o voladuras controladas son:

- Reducir los niveles de vibración generados por las voladuras de producción, lo que tiene como consecuencias disminuir y controlar el daño provocado al macizo rocoso remanente a nivel de banco.

- Reducir el riesgo de desprendimientos a nivel de banco y asegurar el ancho de las bermas de contención, lo que repercute positivamente en la seguridad y productividad en la explotación.
- Favorecer las condiciones para lograr el cumplimiento del plan minero, controlando la geometría comprometida en la planificación (Angulo de cara banco, ancho de berma y ángulo de talud global).
- Asegurar y eventualmente aumentar el ángulo de talud global, consiguiéndose un incremento del mineral recuperable o una disminución de la relación estéril-mineral.
- Establecer el tipo de voladura a ser usada, una estimación de las vibraciones que se prevén, el ruido generado y un análisis del posible efecto de vibraciones y ruido derivados de las voladuras mismas.

El diseño de la malla de perforación constituye un componente esencial en la eficiencia y seguridad del proceso de voladura, ya que define la distribución espacial de los barrenos, el volumen de roca removido por detonación y el grado de fragmentación alcanzado. Para el caso de Gramalote, la malla fue concebida con base en las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, los objetivos de producción y la capacidad operativa de los equipos de perforación y carga. Esta configuración busca lograr una fragmentación controlada, una liberación uniforme de energía y una reducción significativa de vibraciones y sobrepresiones aéreas, garantizando a la vez la estabilidad de los taludes y el cumplimiento de las condiciones de diseño del tajo (Figura 3.80).

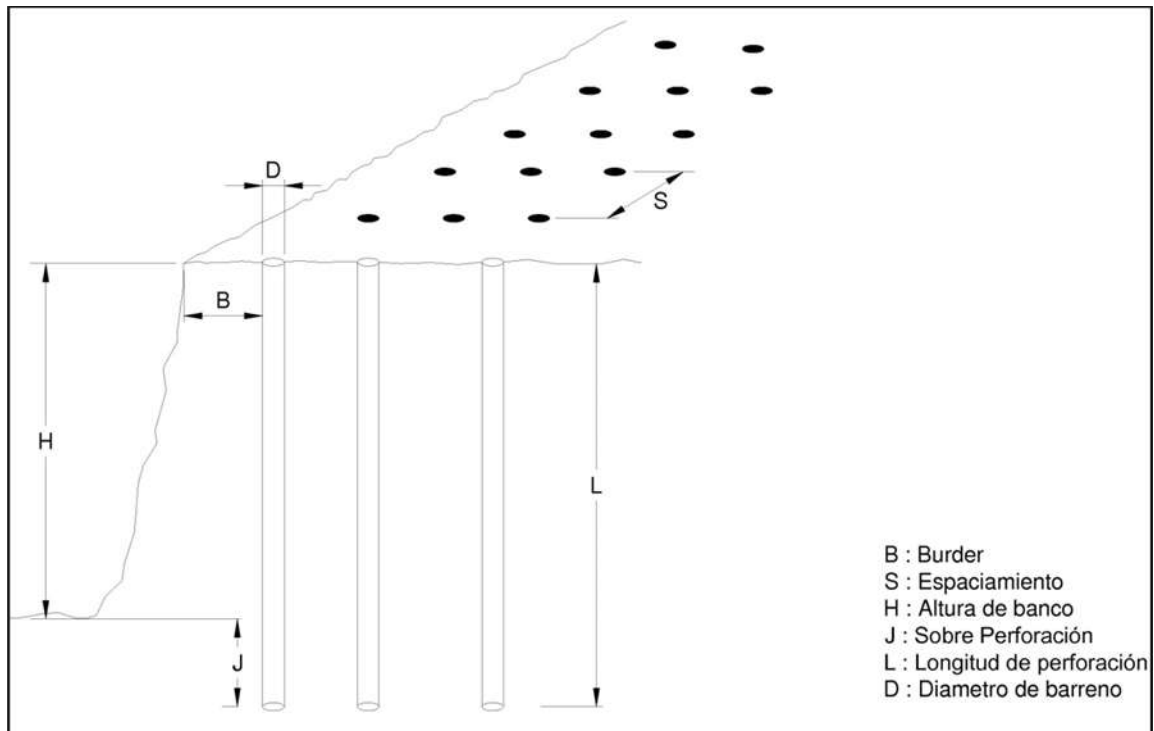


Figura 3.80 Esquema de perforación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En términos generales, el diseño de la operación de perforación y voladura se encuentra enmarcado dentro de lo establecido y autorizado en la licencia actual del proyecto, por lo que no se generan cambios respecto a los niveles de vibración y golpe aéreo presentados y aprobados en los estudios anteriores.

En el Estudio de Impacto Ambiental por medio del cual se solicitó y aprobó la licencia ambiental del proyecto (2015) y su respectiva modificación presentada en el 2018, se determinó como condición de las simulaciones realizadas, el objetivo de medir la vibración y golpe aéreo que percibirían las edificaciones ubicadas en las viviendas y población ubicada a 290 metros del corregimiento de Providencia, como la situación más restrictiva. Esta fue determinada como la distancia más cercana entre el borde del tajo presentado en el EIA radicado a la ANLA mediante No. 2015009086 del 23 de febrero de 2015 y la población de Providencia.

Bajo estas condiciones y evaluando las simulaciones con respecto a la norma técnica alemana DIN 4150, de acuerdo con lo establecido en los términos de referencia, y otras normas internacionales como la UNE 22-381-93 (España) para vibraciones, y el criterio propuesto por Siskind y Summers (1974) con relación al golpe aéreo; se recomendó en el estudio para los eventos de voladura a realizar a la distancia de referencia (290 m) entre el foco de la voladura y la población, mantener las configuraciones de mallas de voladura de 5x5 y 5x6, con un tiempo de retardo entre barrenos de 17ms, con el fin de evitar algún efecto o daños en los tres tipos de vivienda según la norma Alemana. Adicionalmente, se emplearán en la voladura accesorios como detonadores eléctricos o micro-retardados de fabricantes certificados; lo que favorecerá el control y disminución de las vibraciones.

Siendo esta situación o distancia como la condición más desfavorable o restrictiva, también se plantea en el estudio que a medida que se aleja el foco de la voladura de la población receptora, los niveles de vibración presentarán niveles de vibración sustancialmente más bajos, debido a que se encuentra a distancias mayores.

Esta condición fue presentada y evaluada en el Complemento al Estudio de Impacto Ambiental presentado como solicitud de la modificación de la licencia ambiental del proyecto, el cual fue radicado a la ANLA mediante el radicado 2018045368-1-000 del 17 de abril de 2018, y en este sentido se puede concluir que las configuraciones de malla adicionales, no generan cambios respecto a los niveles de vibración presentados y aprobados en la licencia ambiental de Gramalote, incluso manteniendo la distancia de referencia de 290 metros desde el foco de voladura y la vivienda más cercana.

Teniendo en cuenta esta condición y de acuerdo con la optimización del proyecto y la reconfiguración de la geometría del tajo Gramalote, se presenta una mayor distancia entre el borde del área de explotación y por consiguiente del foco de voladura con respecto a la población receptora más cercana de Providencia; y en este sentido, se esperan bajo la nueva configuración del proyecto generar niveles de vibración y golpe aéreo sustancialmente más bajos a las viviendas del corregimiento, evitando o controlando así los efectos o daños sobre estas.

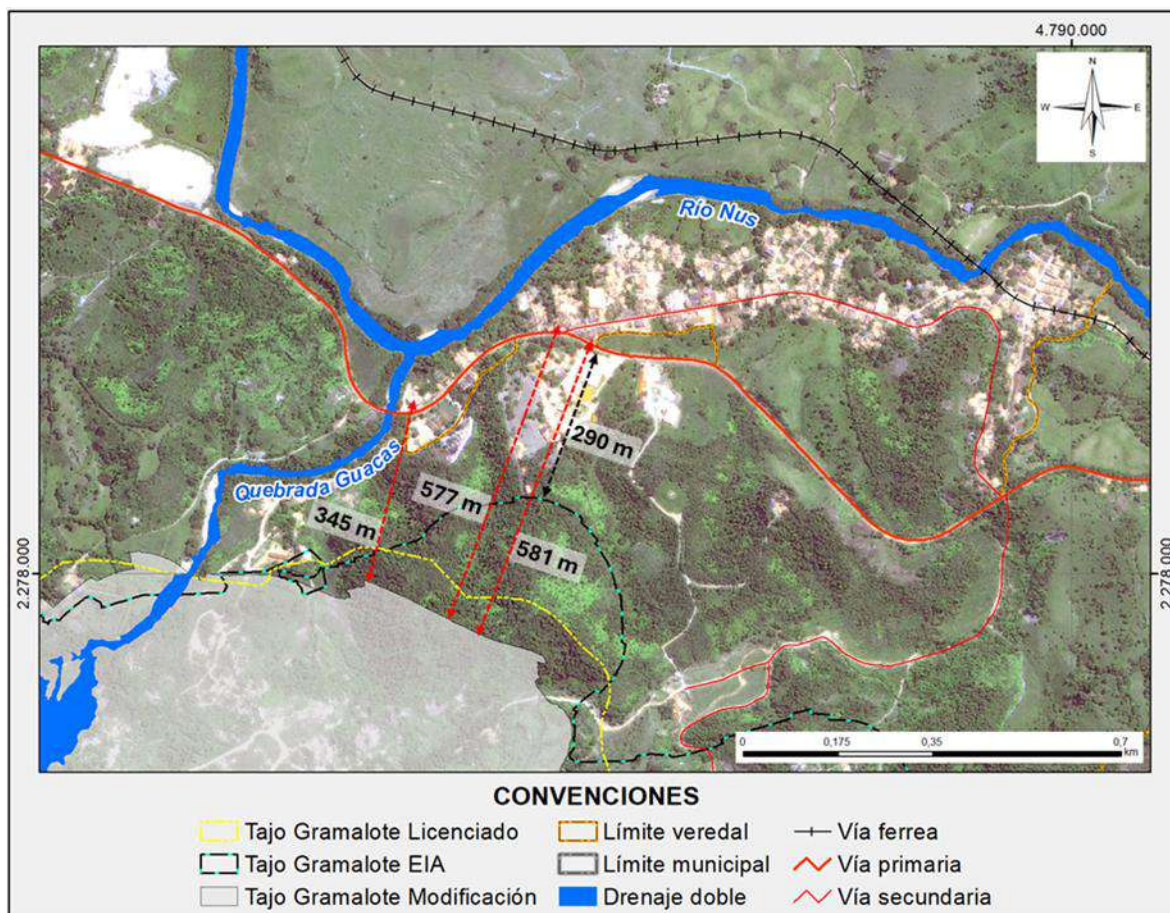


Figura 3.81 Esquema de perforación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.3.1.10.1 Tipo o clase de explosivos y accesorios

De conformidad con la normativa colombiana vigente y las políticas contractuales del proyecto, todos los explosivos y accesorios que se utilizarán en las operaciones de voladura del proyecto serán fabricados, suministrados y comercializados por INDUMIL, entidad autorizada y responsable de proveer estos insumos. El diseño y la ubicación de las instalaciones de almacenamiento (polvorines), han sido definidos conforme con la normativa nacional aplicable y a las mejores prácticas de la industria, garantizando condiciones óptimas de seguridad, trazabilidad y control logístico.

Para la operación se prevé la utilización de las siguientes familias de productos explosivos y accesorios, seleccionadas con base en la geotecnia del macizo, la presencia posible de agua en barrenos y el objetivo de minimizar efectos ambientales indeseados (vibraciones y golpe aéreo):

- Explosivos tipo ANFO (emulsión seca basada en nitrato de amonio + fuel oil): aptos para barrenos secos y ofrecidos como una alternativa de bajo costo para ciertas condiciones operativas. Su uso estará condicionado a la ausencia de humedad en los barrenos y a la correcta compactación/retacado para evitar pérdida de carga.
- Heavy ANFO / ANFO resistente al agua: versiones formuladas para ofrecer resistencia limitada a la presencia de humedad. Pueden emplearse en condiciones donde la humedad sea intermitente, siempre que su periodo de exposición al agua sea compatible con sus especificaciones técnicas.
- Emulsiones bombeables (matrices emulsionadas): recomendadas como la opción mayoritaria en zonas donde exista riesgo de entrada de agua en los barrenos (precorte, bancos con napas, o durante temporadas húmedas). Las emulsiones ofrecen ventaja operacional (posibilidad de inyección y llenado controlado), mayor seguridad frente a la degradación por humedad y mayor versatilidad para cargas por tiempo de retardo variables.
- Multiplicadores, iniciadores y detonadores: (p. ej. cargas iniciadoras tipo Pentofex u otros multiplicadores aprobados y detonadores eléctricos o micro-retardados de fabricantes certificados). La selección de iniciación (eléctrica, nonel o detonadores micro-retardados) será determinada por criterios de seguridad, secuencia de disparo y minimización de acoplamientos indeseados entre cargas.
- Accesorios complementarios: cápsulas, cordón detonante, transmisores de retardo, empaques estancos, y materiales de taponamiento/retacado. Todos los accesorios deberán cumplir certificaciones técnicas y trazabilidad exigida por la normativa y el proveedor.

3.3.1.10.2 Polvorín

El material explosivo se alojará exclusivamente en los polvorín autorizado y debidamente registrado ante la autoridad militar competente, diseñado y operado conforme a los requisitos del Departamento Control Comercio de Armas, Municiones y Explosivos - DCCAE y la normatividad vigente. Cada polvorín contará con infraestructura estructural apropiada (bóvedas o compartimientos separados), control de cantidades máximas permitidas según la clasificación del explosivo, sistemas de ventilación y control de humedad, señalización y cerramiento perimetral, así como sistemas de detección y respuesta ante incendio.

El acceso será estrictamente restringido a personal autorizado y capacitado, con libro de inventarios actualizado, registro de movimientos (entrada/salida), procedimientos de custodia, y medidas de seguridad física (vigilancia, barreras y control de accesos) conforme a lo establecido por la guía del DCCAE.

En la actual modificación del proyecto, se definieron dos polvorines para el manejo y almacenamiento de los explosivos y/o accesorios (3.3.2.1.1). Un área será utilizada durante las actividades de construcción de las obras requeridas por el proyecto, y la otra área se acondicionará una vez se hayan culminado las actividades de adecuación del Depósito K (3.6.1.1), y se destinará para el almacenamiento y manejo de los explosivos durante la etapa de operación del proyecto.

El polvorín (1) de construcción se ubicará en el sector de El Balsal, cerca de las plataformas zona de servicios y planta, y donde contará con un fácil acceso a los diferentes frentes de obra.

Por su parte, el polvorín (2) para la operación minera, se localizará también en el sector del Balsal, al oeste del polvorín de construcción, al margen derecho de la quebrada Guacas; próximo a vías secundarias de la operación, lo que permitirá un fácil acceso al tajo Gramalote. Este polvorín considera la construcción de dos obras gruesas con sus requerimientos de seguridad y las barricadas respectivas, dentro de un área aproximada de 5.400 m² como se visualiza en la Figura 3.82.

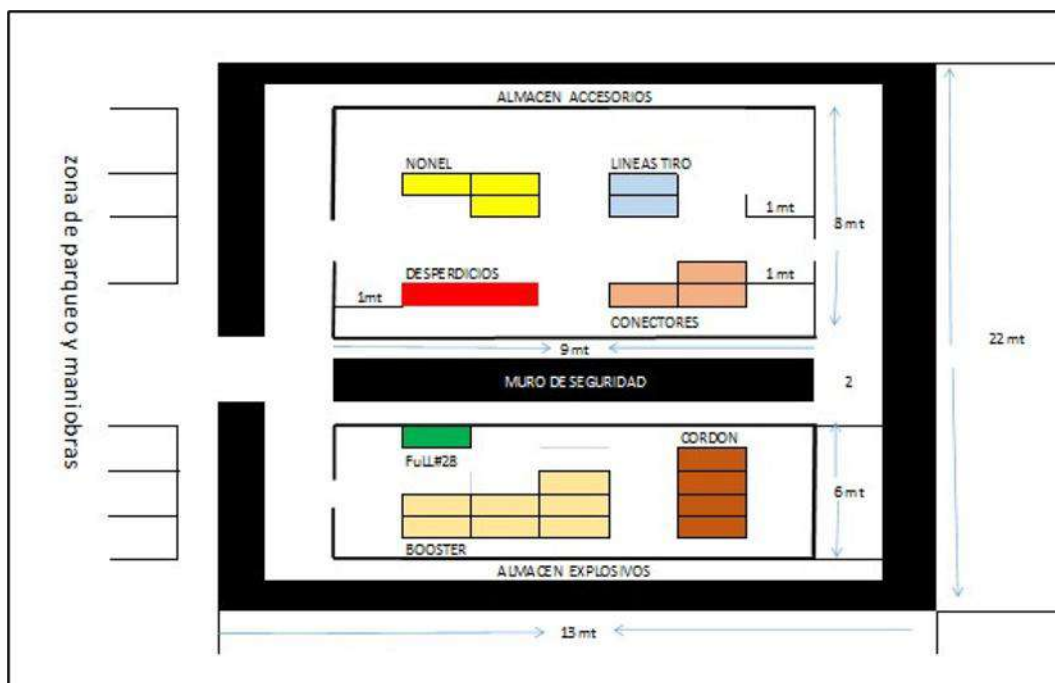


Figura 3.82 Distribución interna del polvorín. Esquema Conceptual

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

El transporte de explosivos se regirá bajo la normatividad vigente y por los procedimientos y permisos para movilización descritos por el DCCAE. Todo traslado deberá contar con el permiso de movilización expedido por la autoridad competente. Los vehículos, embalajes y señalización deberán ajustarse a los requisitos técnicos, y la operación de traslado se realizará bajo coordinación previa con la Seccional DCCAE y la Unidad Militar de la jurisdicción correspondiente, garantizando escolta y medidas de seguridad según lo requerido por la autoridad.

Así mismo, se garantizarán las medidas operativas y de emergencia. Antes, durante y después de cada movimiento se aplicarán listas de verificación operativas (chequeo de permisos, sellos, comunicaciones y condiciones del vehículo), plan de contingencia y respuesta ante incidentes, y notificación inmediata a la autoridad competente ante cualquier

anomalía. Se programarán las movilizaciones en horarios y rutas que reduzcan riesgos para terceros, se comunicará a las comunidades y autoridades locales cuando corresponda, y se mantendrá la trazabilidad completa de la cadena de custodia. Además, se prevén auditorías periódicas, mantenimiento de registros y capacitación continua del personal responsable para mantener cumplimiento estricto de la guía y normas aplicables.

3.3.1.11 Plan de obras

A continuación, se presenta la descripción de las actividades de construcción, adecuación y montaje necesarias para desarrollar la fase de construcción y preparativos de operación del proyecto, con el fin de garantizar una explotación minera segura y eficiente.

Como se mencionó anteriormente, la etapa de construcción y montaje del proyecto durará alrededor de 2,5 años; en donde se implementarán las actividades necesarias para la construcción de infraestructura de acceso y apoyo operativo, la instalación de sistemas eléctricos e hidráulicos, las obras de control y manejo ambiental, el montaje de equipos principales y auxiliares y la adecuación de las áreas de apoyo y logísticas requeridas por el proyecto. En el numeral 3.6.4 se presenta el cronograma general del proyecto.

Inicialmente se realizarán las actividades de preparación o aprestamiento, con el fin de implementar todas las actividades logísticas necesarias para preparar e iniciar las actividades de construcción, así como la contratación de personal. Se adecuarán las áreas requeridas para el almacenamiento y acopio de material y equipos.

Una vez preparados se desarrollarán las actividades de desmonte y descapote, y movimientos de tierra y adecuación de obras hidráulicas necesarias para la adecuación de las vías o accesos de movilidad interna, y la construcción de las plataformas, así como todas las actividades necesarias para el manejo y control socioambiental. Y se acondicionarán y usarán las áreas para el manejo de material sobrante de las excavaciones (ZODME).

Una vez construidas las plataformas, se adecuarán las instalaciones de soporte técnico-operativo y la infraestructura administrativa y de servicios, requeridas para la operación minera, como el campamento, zona de servicios, bodegas, etc. Y se iniciará el montaje de los equipos para la planta de beneficio.

Durante el último año de la etapa de construcción, se dará inicio con las actividades de pre-minería, comenzando con la adecuación de la fase 1 de explotación del tajo Gramalote. Con el material estéril se adecuarán los depósitos San Antonio y El Balsal; y posteriormente se iniciará con el acopio temporal de mineral en la plataforma de trituración y el depósito el Balsal.

3.3.1.12 Fuentes de iluminación artificial

La evaluación de la contaminación lumínica del proyecto se realiza de conformidad con lo establecido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, el cual define los criterios técnicos para el control de la emisión de luz artificial hacia el hemisferio superior, orientados a la prevención de la contaminación lumínica y la protección del entorno. La metodología empleada consiste en una serie de pasos a seguir, así:

- Paso 1: Determinar el tipo de instalación a iluminar, conforme a las distintas zonas del proyecto, como vías, plataformas, tajo y depósitos, entre otros, para así definir la metodología de cálculo y los requerimientos de instalación.
- Paso 2: Selección de luminaria adecuada para el tipo de instalación determinado.
- Paso 3: Modelado del sistema de iluminación mediante el software especializado DIALux evo, herramienta reconocida para el análisis fotométrico de instalaciones de iluminación. En el modelo se incorpora la información fotométrica suministrada por el fabricante, con el fin de estimar el comportamiento lumínico del sistema y su contribución potencial a la contaminación lumínica. El modelado se realiza conforme con el reglamento, el cual establece que la mitigación de la contaminación lumínica se logra mediante la instalación de luminarias con un FHS $\leq 3\%$, verificando que el ángulo de instalación sea menor a 15° por encima de la horizontal (Figura 3.83) y que la inclinación medida desde la vertical sea de máximo 65° (Figura 3.84), además de evitar el uso de fuentes con temperaturas de color superiores a 4500 K, con el fin de disminuir la generación excesiva de luz azul producida por la fuente.

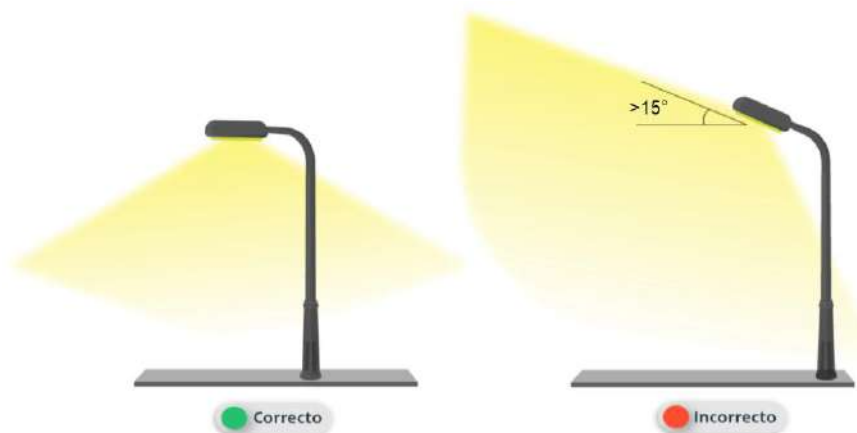


Figura 3.83 Ángulo de inclinación máximo respecto a la horizontal.

Fuente: RETILAP 2024

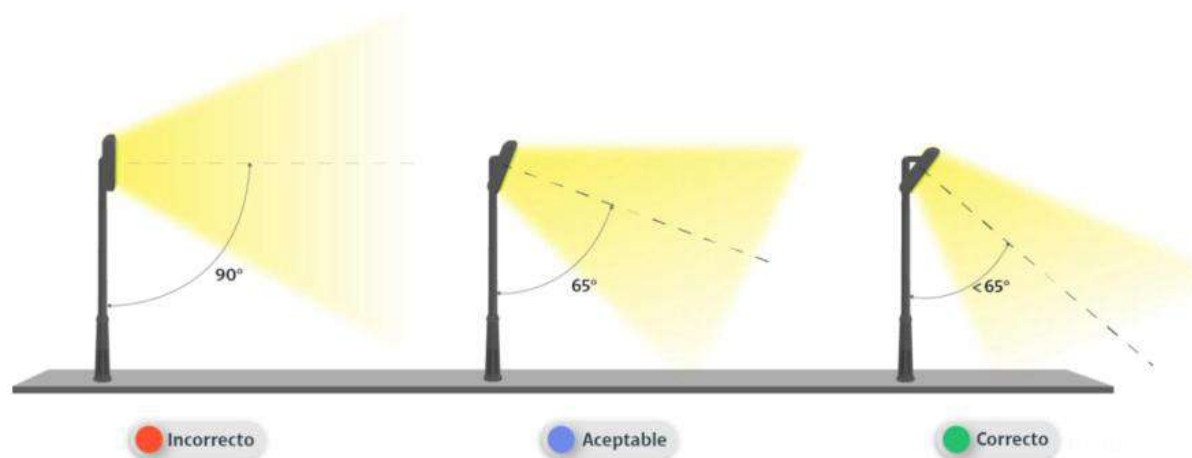


Figura 3.84 *Ángulo de inclinación máximo respecto a la vertical.*

Fuente: RETILAP 2024

- Paso 4: El propósito del análisis de contaminación lumínica comprende según los términos de referencia de la ANLA “determinar las fuentes de iluminación artificial y el análisis frente a la ubicación de población aledaña”. Las fuentes de iluminación artificial y su ubicación han sido determinadas en los pasos 1 a 3 y para el análisis asociado a la población aledaña se procede a calcular el alcance de los sistemas de iluminación propuestos, esto mediante la herramienta DIALux evo, donde se define una superficie de cálculo y el alcance es determinado como la máxima distancia en la que aún se recibe flujo luminoso.

3.3.1.12.1 Fuentes de iluminación artificial en vía de acceso principal

A. Requerimiento de iluminación

Para la vía de acceso principal se deben tener en cuenta diferentes aspectos como el ancho de la vía, el tipo de suelo, la altura de las luminarias, la cantidad de vehículos que transitan por allí y la velocidad. Para el caso del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se tiene en cuenta una vía de 6 m de ancho, la vía es en una zona privada que maneja velocidades de circulación bajas (de 20 a 30 km/h) y el tránsito de vehículos es poco (entre 150 a 300 Veh/h/carril), estos valores corresponden a una clase de iluminación M5 como se evidencia en la siguiente tabla del RETILAP:

Tabla 3.43 Clases de iluminación para vías

Tabla 3.3.1.1. a. Clases de iluminación para vías vehiculares.

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h/carril)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	$V \geq 80$	Muy importante	$T > 1000$
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	$45 \leq V < 80$	Importante	$1000 > T > 700$
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	$40 \leq V < 45$	Media	$700 > T > 500$
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	$30 \leq V < 40$	Reducida	$500 > T > 300$
M5	Vías secundarias en barrios	Muy reducida	$20 \leq V < 30$	Muy reducida	$300 > T > 150$
M6	Vías dentro de conjuntos residenciales cerrados y condominios.	Muy reducido	$V < 20$	Muy reducido	$T < 150$

Fuente: RETILAP 2024

Luego, con la clase de iluminación ya definida, se pueden obtener los requisitos fotométricos mínimos de iluminación para la vía a iluminar, los cuales son los que se presentan en la Tabla 3.44.

Tabla 3.44 Requisitos fotométricos según clase de vía

Tabla. 3.3.1.2. a. Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada y sus espacios adyacentes. Adaptada de la norma CIE 115-2010.

Clase de Iluminación	Superficie de la carretera					Ciclorrutas adyacentes				En andenes adyacentes			
	Estado seco					Emed (lux)	Punto mín. Emin (lux)	Ilumin. Vertical mínima (Evmin, lux)	Ilumin. Semi cilíndrica mínima (Esc,min, lux)	Emed (lux)	Punto mín. Emin (lux)	Ilumin. Vertical mínima (Evmin, lux)	Ilumin. Semi cilíndrica mínima (Esc,min, lux)
	Luminancia promedio o Lprom (cd/m²)	Uo (min/med)	UL (min/max)	fTI	Relación de entorno mínimo EIR								
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,35	15 - 22,5	3	5	3	15 - 22,5	2	3	2
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35	15 - 22,5	3	5	3	15 - 22,5	2	3	2
M3	1,0	0,4	0,6	15	0,30	10 - 15	2	3	2	10 - 15	2	3	2
M4	0,75	0,4	0,6	15	0,30	5 - 7,5	1	1,5	1	5 - 7,5	1	1,5	1
M5	0,50	0,35	0,4	15	0,30	5 - 7,5	1	1,5	1	5 - 7,5	1	1,5	1
M6	0,30	0,35	0,4	20	0,30	3 - 4,5	1	1	0,6	3 - 4,5	1	1	0,6

Fuente: RETILAP 2024

Finalmente, se tienen en cuenta los valores presentados en la tabla anterior con el fin de concretar una óptima disposición de luminarias.

B. Selección de luminaria

La luminaria seleccionada para la iluminación de las vías del proyecto corresponde a un equipo diseñado específicamente para aplicaciones viales, el cual cumple con los requisitos técnicos y normativos establecidos en el RETILAP para este tipo de infraestructura. La luminaria cuenta con una potencia nominal de 25 W, un flujo luminoso de 4143 lm y una eficacia luminosa de 155 lm/W, características que permiten garantizar niveles adecuados de iluminación, uniformidad y visibilidad para la circulación segura de vehículos y peatones. El equipo presenta una temperatura de color correlacionada de 4000 K y un índice de reproducción cromática de color >70 , y un valor de FHS correspondiente a 0%, parámetros que favorecen una correcta percepción visual del entorno vial y a la mitigación de la contaminación lumínica.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de vías, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar condiciones adecuadas de seguridad vial, visibilidad y control de impactos ambientales, se propone la implementación de un sistema de iluminación para la vía proyectada. La solución encontrada mediante simulación contempla la instalación de luminarias con una separación de 19 metros, dispuestas de manera uniforme a lo largo del trazado.

Las luminarias se instalarán a una altura de montaje de 8 m, con brazo de 1,5 m, y ángulo de inclinación de 15° con el fin de asegurar la completa cobertura de la vía, la cual cuenta con un ancho de 6 m. La propuesta cumple con los lineamientos técnicos y ambientales vigentes, contribuyendo a la eficiencia energética y a la mitigación de impactos sobre el entorno natural y la fauna.

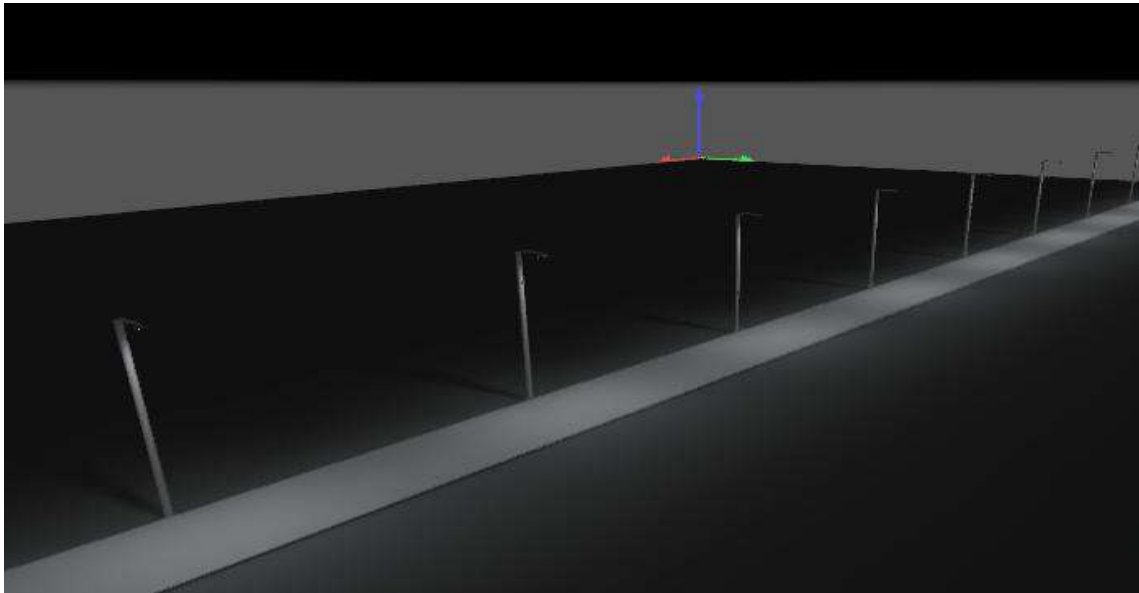


Figura 3.85 Disposición de luminarias de la vía de acceso principal.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

El control del alcance y la distribución del flujo luminoso emitido por las luminarias constituye un aspecto fundamental en el diseño de sistemas de alumbrado exterior, en concordancia con lo establecido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Una adecuada limitación del flujo luminoso permite minimizar la dispersión de luz fuera de las áreas objetivo, reduciendo efectos adversos como el deslumbramiento, la intrusión y la contaminación lumínica sobre poblaciones aledañas.

Para la propuesta de iluminación descrita en el literal anterior, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la vía principal de acceso presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. En el sector frontal, el alcance máximo es de hasta 32 m, mientras que en la parte posterior alcanza aproximadamente 16 m, como se evidencia en la siguiente imagen.

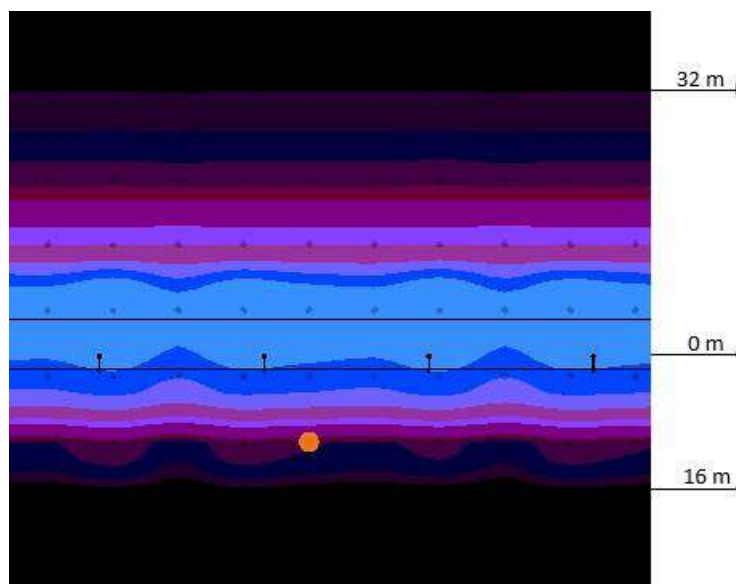


Figura 3.86 Alcance de flujo luminoso de la disposición de luminarias en la vía principal de acceso.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con el layout del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la vía.

3.3.1.12.2 Fuentes de iluminación artificial en campamentos y oficinas

A. Requerimiento de iluminación

Para la zona de campamentos y oficinas se cuentan con diferentes tipos de espacios, los cuales serán iluminados según su necesidad, entre ellos están las canchas deportivas, las vías y parqueaderos. Para el caso de las vías se siguió el mismo principio presentado en la vía de acceso principal, con una clase de iluminación M5 para este tipo de zona, en donde se tuvo en cuenta vías internas de 6m de ancho; por otro lado, en el caso de las canchas expuestas, al ser una cancha de gran tamaño, se tomó en cuenta los requerimientos para una cancha de fútbol los cuales se presentan en la Tabla 3.45.

Tabla 3.45 Niveles de iluminación de campos de juego recreativos

Tabla 3.4.2.2. b. Niveles de iluminación de campos de juego recreativos.

Deporte	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (E_{min}/E_{med})
Fútbol	100	0,4
Voleibol	60	0,4
Microfútbol	60	0,4
Baloncesto	60	0,4
Tenis	150	0,4
Béisbol	150	0,4
Ciclo Cross	100	0,4

Fuente: RETILAP 2024.

Finalmente, para los escenarios como parqueaderos se tienen en cuenta los requerimientos de iluminación para espacio público. Estos requisitos dependen de si el parqueadero se encuentra al lado de una vía vehicular, ya que en este caso las vías fueron clasificadas como M5, la clase de iluminación a utilizar será C4.

Tabla 3.46 Requisitos zonas de parqueo adyacentes a vías vehiculares

Tabla 3.3.1.5.5. a. Requisitos zonas de parqueo adyacentes a vías vehiculares

Caso iluminación vía adyacente a la zona de parqueo	Clase de iluminación C aplicable a la zona de parqueo	Iluminancia Promedio en toda la superficie (luxes)	Uniformidad general (min/med) U_o
M1	C0	50	0,4
M2	C1	30	0,4
M3	C2	20,0	0,4
M4	C3	15,0	0,4
M5	C4	10,0	0,4
M6	C5	7,50	0,4

Fuente: RETILAP 2024.

B. Selección de luminaria

En este caso se hace uso de dos tipos de luminarias, la primera corresponde a un equipo diseñado específicamente para aplicaciones viales, el cual cumple con los requisitos técnicos y normativos establecidos en el RETILAP para este tipo de infraestructura. La luminaria cuenta con una potencia nominal de 25 W, un flujo luminoso de 4143 lm y una eficacia luminosa de 155 lm/W, características que permiten garantizar niveles adecuados

de iluminación, uniformidad y visibilidad para la circulación segura de vehículos y peatones. El equipo presenta una temperatura de color correlacionada de 4000 K y un índice de reproducción cromática de color >70 , y un valor de FHS correspondiente a 0%, parámetros que favorecen una correcta percepción visual del entorno vial. Esta luminaria fue usada en las zonas en donde se encuentra tráfico vehicular como calles y parqueaderos.

Para el caso de la iluminación de la cancha se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas superiores, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

C. Propuesta de sistema de iluminación

La Figura 3.87 muestra la zona de campamentos y oficinas iluminada con los requisitos por parte del RETILAP, en donde se garantizó que la distribución de luminarias fuera la más acorde para el proyecto.



Figura 3.87 Propuesta de iluminación zona campamentos y oficinas.

Fuente: Integral S.A, 2025

Para el caso de los parqueaderos se realizó una distribución de luminarias por el perímetro y una la luminaria en el centro, todo el posicionamiento de luminarias con una altura de montaje de 8m, y un ángulo de inclinación de 15° , como se muestra en la Figura 3.88.



Figura 3.88. Distribución de luminarias en la zona de parqueaderos.

Fuente: Integral S.A, 2025

La zona de las canchas fue iluminada haciendo uso del proyector mencionado en la sección de selección de luminarias anteriormente descrito, se utilizó una distribución en los laterales de la cancha permitiendo que el flujo luminoso fuera uniforme por todo el interior de las canchas, la altura de montaje utilizada fue de 8 m, con un ángulo de inclinación con respecto a vertical de 65° , como se muestra a continuación.

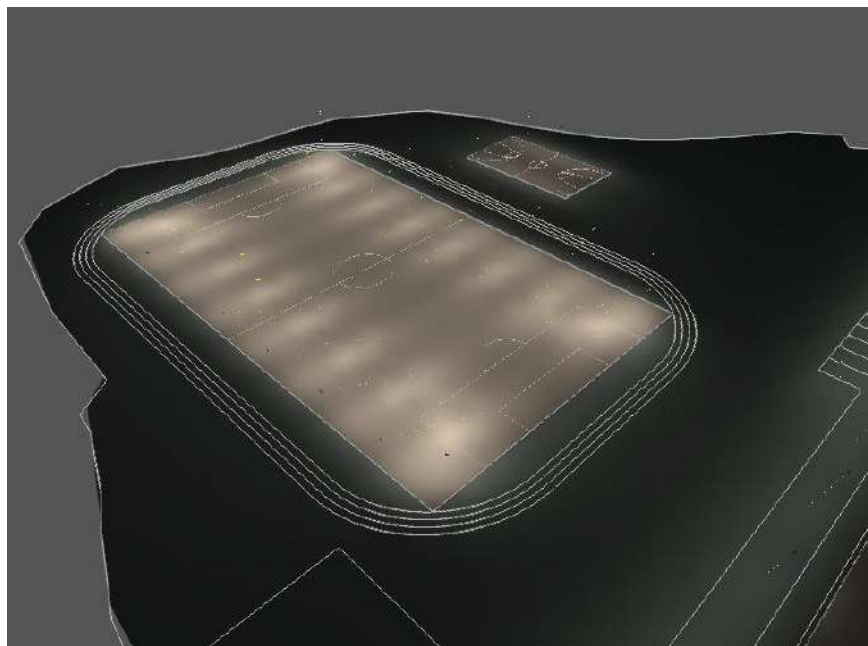


Figura 3.89. Propuesta de distribución de luminarias en la zona de canchas.

Fuente: Integral S.A, 2025

La zona de vías fue iluminada de la misma manera que la vía de acceso, pues se trata de un lugar con baja afluencia vehicular.

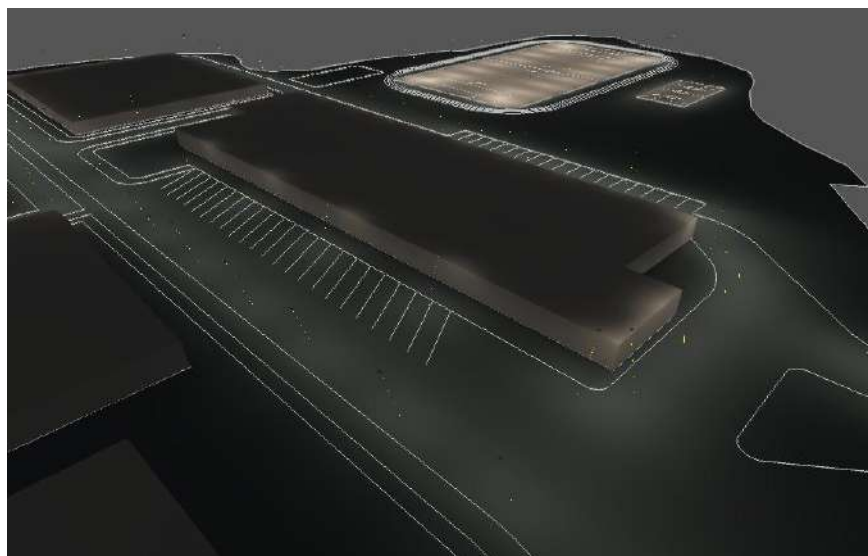


Figura 3.90. Propuesta de iluminación para la zona de vías.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita en el numeral anterior, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de plataforma campamentos y oficinas presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. En las siguientes figuras, se puede observar que el flujo luminoso se reparte alrededor de 76 m a la redonda del área de campamentos.

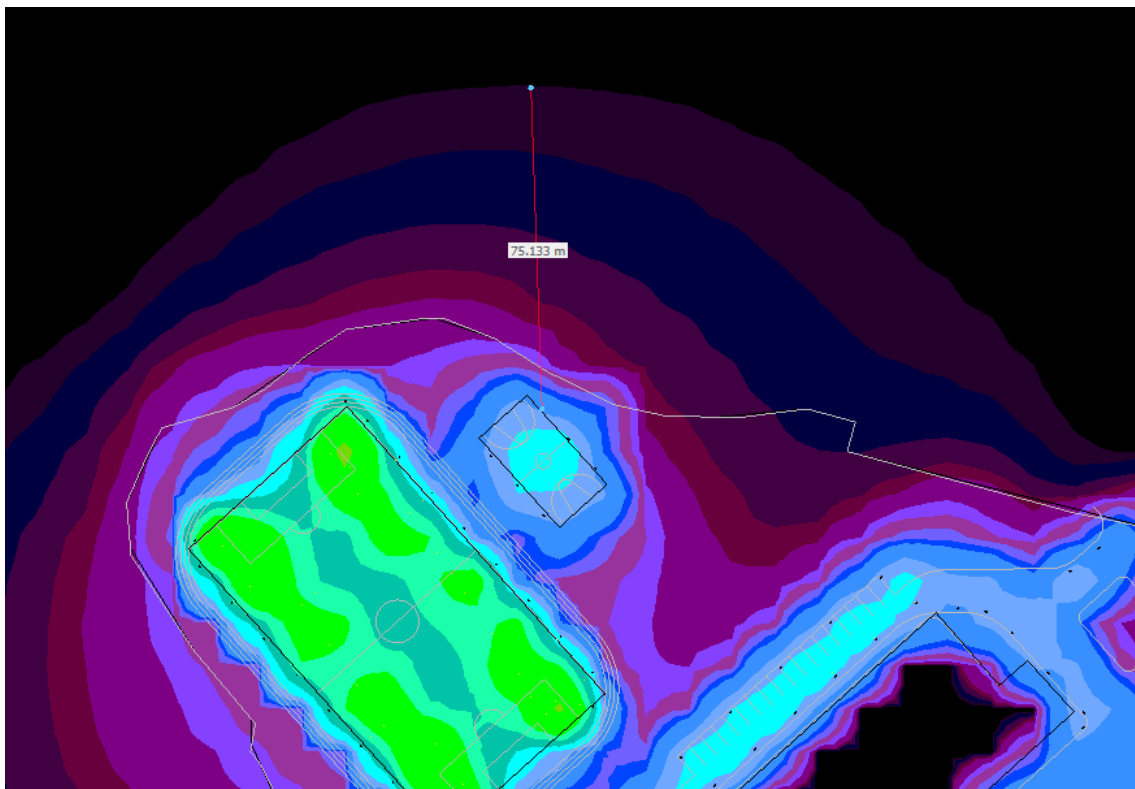


Figura 3.91 Flujo máximo emitido por las luminarias propuestas.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma de campamentos y oficinas.

3.3.1.12.3 Fuentes de iluminación artificial Plataforma La Mayoría

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma se caracteriza por tener un área amplia por iluminar y al tratarse de un proyecto de minería el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación. Es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual

en su tabla 30.2 (Tabla 3.47) contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales.

Tabla 3.47 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación perimetral de la plataforma La Mayoría se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K, un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias en postes en el perímetro de la plataforma, se propone que la altura de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 65° con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra en la Figura 3.92.

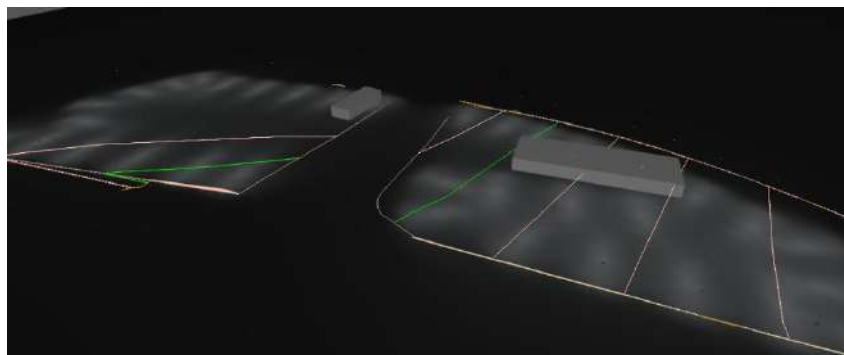


Figura 3.92. Propuesta de iluminación para la zona Plataforma la mayoría.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita en el numeral anterior, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la plataforma la mayoría presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la ubicación. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 95m.

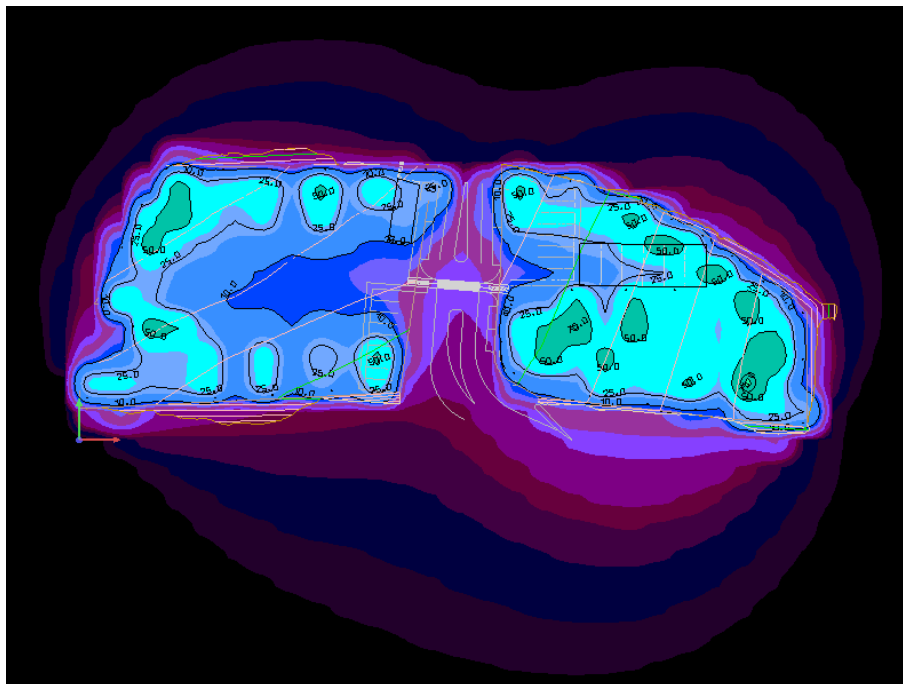


Figura 3.93. Alcance de flujo luminoso en la Plataforma La Mayoría.

Fuente: Integral S.A, 2025

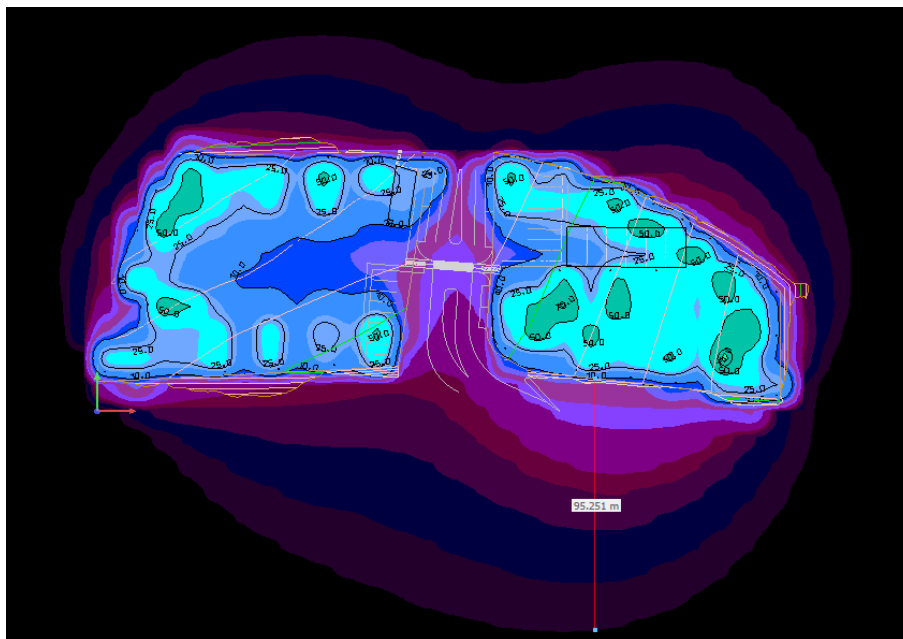


Figura 3.94. Máximo alcance del flujo luminoso para la Plataforma La Mayoría.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con el layout del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance de la plataforma La Mayoría.

3.3.1.12.4 Fuentes de iluminación artificial Plataforma Planta

A. Requerimiento de iluminación

Para el caso de la Plataforma Planta, se tiene que todas las zonas de interés a iluminar son vías, es por ello por lo que se utiliza el mismo principio presentado en la iluminación de la vía de acceso principal, pues la clasificación de estas vías también corresponde a una M5 por su baja afluencia vehicular.

B. Selección de luminaria

La luminaria seleccionada para la iluminación de las vías de la Plataforma Planta corresponde a un equipo diseñado específicamente para aplicaciones viales, el cual cumple con los requisitos técnicos y normativos establecidos en el RETILAP para este tipo de infraestructura. La luminaria cuenta con una potencia nominal de 25 W, un flujo luminoso de 4143 lm y una eficacia luminosa de 155 lm/W, características que permiten garantizar niveles adecuados de iluminación, uniformidad y visibilidad para la circulación segura de vehículos y peatones. El equipo presenta una temperatura de color correlacionada de 4000 K, un índice de reproducción cromática de color >70, y un valor de FHS correspondiente a 0%, parámetros que favorecen una correcta percepción visual del entorno vial.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de vías, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar condiciones adecuadas de seguridad vial, visibilidad y control de impactos ambientales, se propone la implementación de un sistema de iluminación para la vía proyectada. La solución encontrada mediante simulación contempla la instalación de luminarias con una separación de 19 metros, dispuestas en postes de manera uniforme a lo largo del trazado, es importante destacar que la orientación de las luminarias es mirando hacia el interior de la plataforma, con el fin de evitar filtración de flujo luminoso a zonas no deseadas, además de buscar el máximo aprovechamiento de este.

Las luminarias se instalarán a una altura de montaje de 8 m, con brazo de 1,5 m, y ángulo de inclinación de 15° con el fin de asegurar la completa cobertura de la vía, la cual cuenta con un ancho de 6 m. La propuesta cumple con los lineamientos técnicos y ambientales vigentes, contribuyendo a la eficiencia energética y a la mitigación de impactos sobre el entorno natural y la fauna.

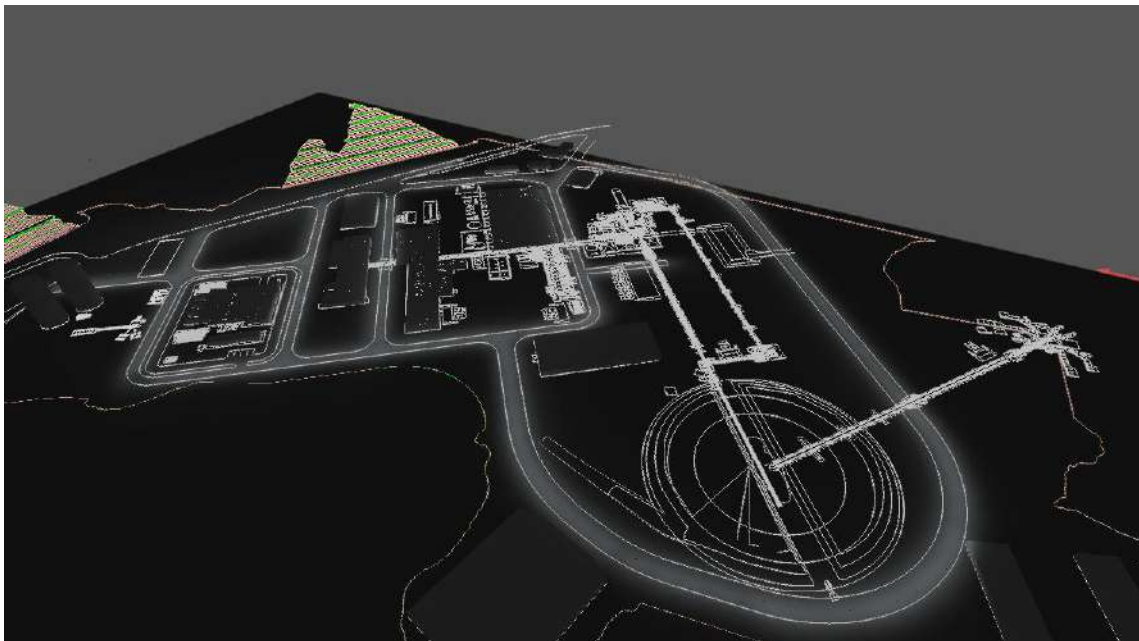


Figura 3.95. Propuesta de iluminación para la Plataforma planta.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la Plataforma Planta presenta un alcance del flujo

luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo del flujo de luminarias corresponde a 18,15 m a la redonda.



Figura 3.96. Alcance del flujo luminoso en la Plataforma planta.

Fuente: Integral S.A, 2025

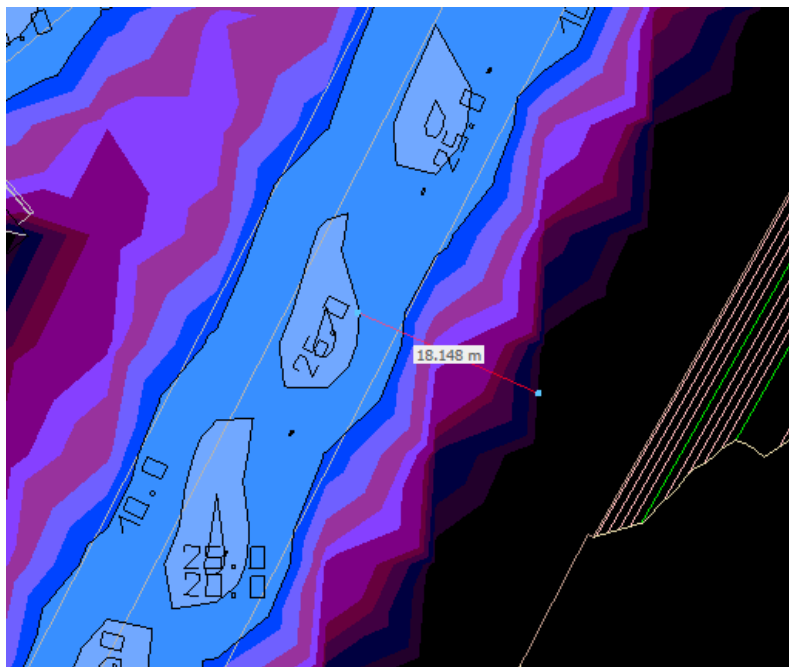


Figura 3.97. Alcance máximo del flujo de las luminarias.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance de la plataforma Planta.

3.3.1.12.5 Fuentes de iluminación artificial Plataforma Zona de servicio

A. Requerimiento de iluminación

Para el caso de la plataforma zona de servicio, se tiene que todas las zonas de interés a iluminar son vías, es por ello por lo que se utiliza el mismo principio presentado anteriormente, pues la clasificación de estas vías también corresponde a una M5 por su baja afluencia vehicular.

B. Selección de luminaria

La luminaria seleccionada para la iluminación de las vías de la plataforma Zona de servicio corresponde a un equipo diseñado específicamente para aplicaciones viales, el cual cumple con los requisitos técnicos y normativos establecidos en el RETILAP para este tipo de infraestructura. La luminaria cuenta con una potencia nominal de 25 W, un flujo luminoso de 4143 lm y una eficacia luminosa de 155 lm/W, características que permiten garantizar niveles adecuados de iluminación, uniformidad y visibilidad para la circulación segura de vehículos y peatones. El equipo presenta una temperatura de color correlacionada de 4000 K y un índice de reproducción cromática de color >70, y un valor de FHS correspondiente a 0%, parámetros que favorecen una correcta percepción visual del entorno vial.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de vías, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar condiciones adecuadas de seguridad vial, visibilidad y control de impactos ambientales, se propone la implementación de un sistema de iluminación para la vía proyectada. La solución encontrada mediante simulación contempla la instalación de luminarias con una separación de 14 metros, dispuestas de manera uniforme a lo largo del trazado por ambos lados de la calzada.

Las luminarias se instalarán en postes a una altura de montaje de 8 m, con brazo de 1,5 m, y ángulo de inclinación de 15° con el fin de asegurar la completa cobertura de la vía, la cual tiene hasta 30 m de ancho. La propuesta cumple con los lineamientos técnicos y ambientales vigentes, contribuyendo a la eficiencia energética y a la mitigación de impactos sobre el entorno natural y la fauna.

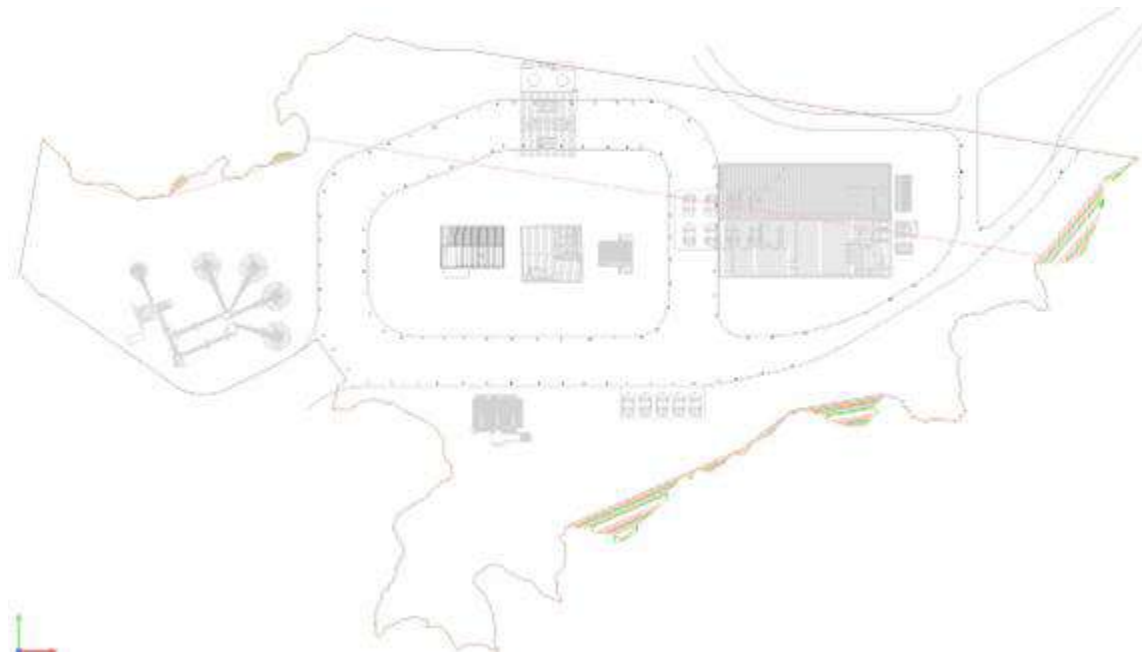


Figura 3.98. Propuesta de iluminación para la plataforma zona de servicio, las luminarias corresponden a los puntos presentados.

Fuente: Integral S.A, 2025.

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la plataforma zona de servicios presenta

un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que en promedio el alcance de las luminarias es de alrededor de 22 m a la redonda.

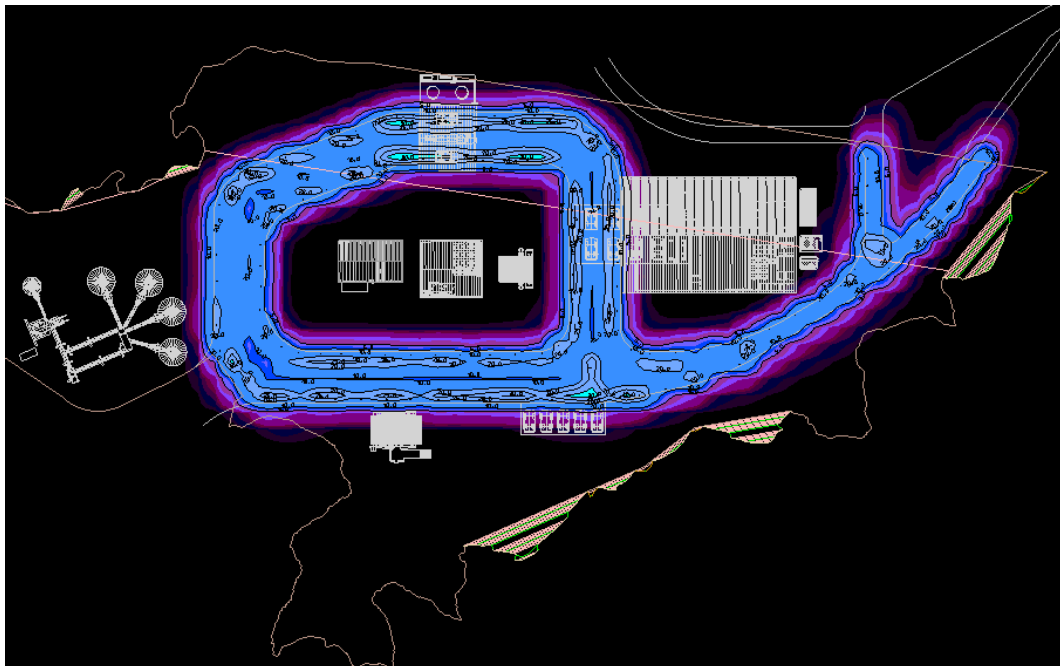


Figura 3.99. Alcance del flujo luminoso en la Plataforma zona de servicio.

Fuente: Integral S.A, 2025

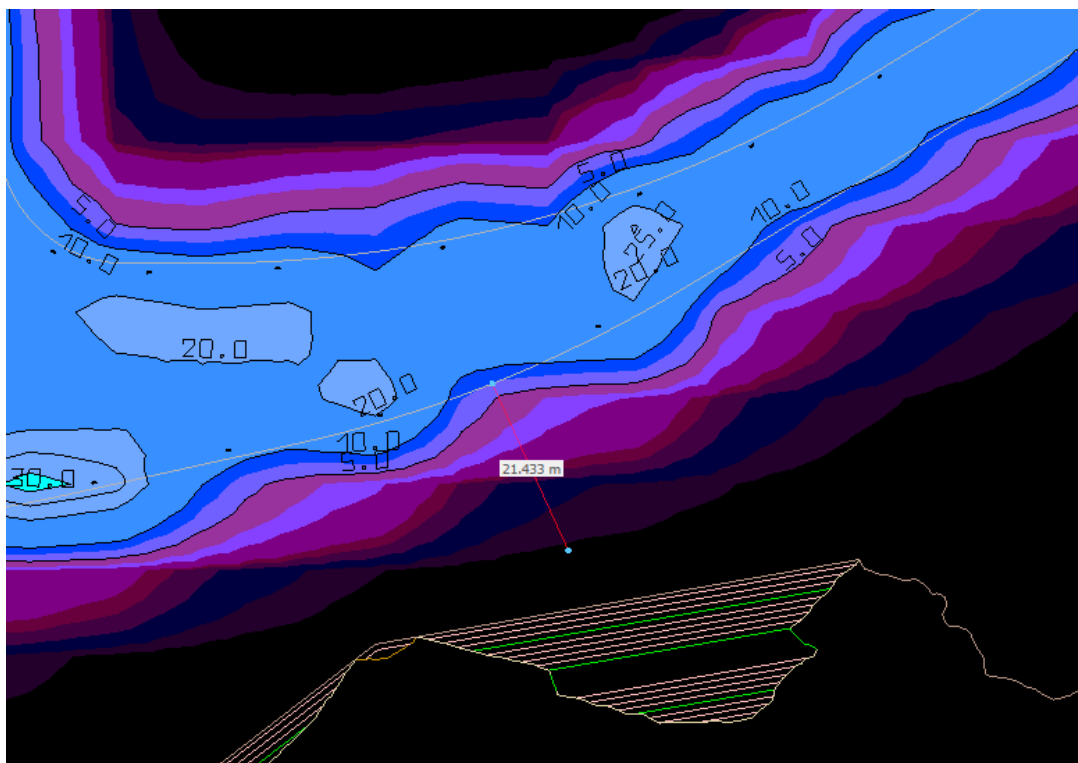


Figura 3.100. Alcance máximo del flujo luminoso en la Plataforma zona de servicio.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma zona de servicios.

3.3.1.12.6 Fuentes de iluminación artificial Plataforma EBAR

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma EBAR se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.48 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

La luminaria seleccionada para la iluminación de la EBAR corresponde a un equipo diseñado específicamente para aplicaciones viales y de tránsito peatonal, el cual cumple con los requisitos técnicos y normativos establecidos en el RETILAP. La luminaria cuenta con una potencia nominal de 25 W, un flujo luminoso de 4143 lm y una eficacia luminosa de 155 lm/W, características que permiten garantizar niveles adecuados de iluminación, uniformidad y visibilidad para la circulación segura de vehículos y peatones. El equipo presenta una temperatura de color correlacionada de 4000 K y un índice de reproducción cromática de color >70, y un valor de FHS correspondiente a 0%, parámetros que favorecen una correcta percepción visual del entorno vial.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de este tipo de áreas, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar 4 luminarias en postes en cada una de las esquinas que compone la EBAR, con una altura de montaje de 8m, y un ángulo de inclinación de 15° siempre mirando hacia el centro, así:

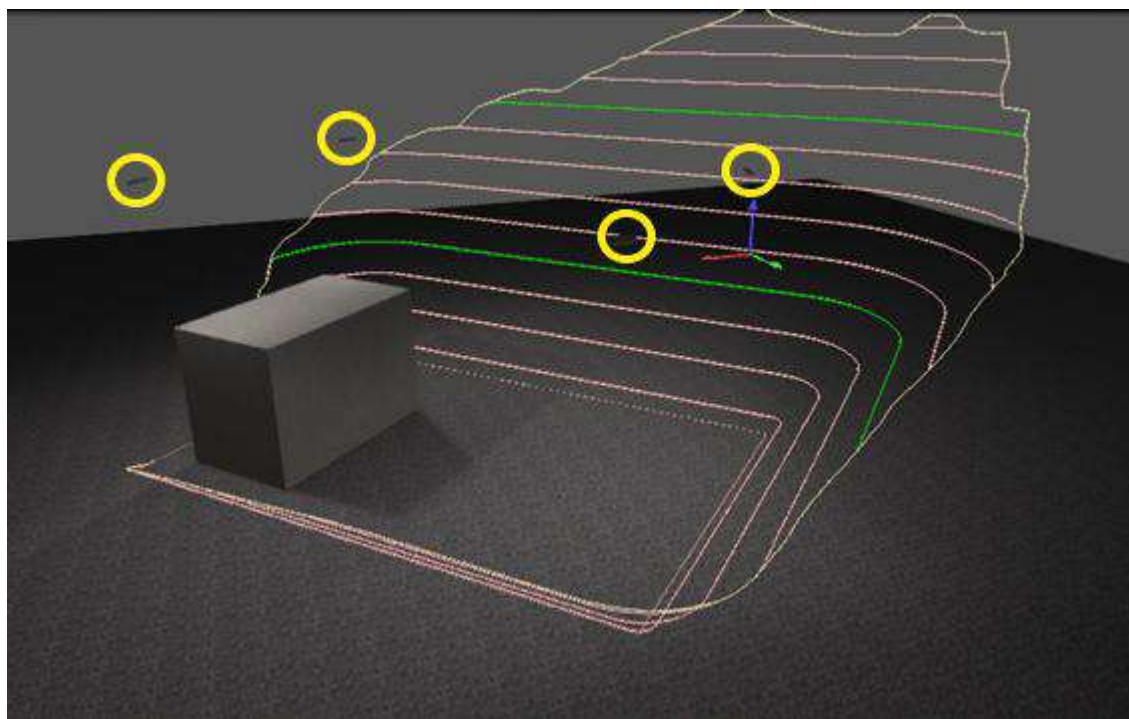


Figura 3.101 Propuesta de iluminación para la Plataforma EBAR.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la vía principal de acceso presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 33 m.

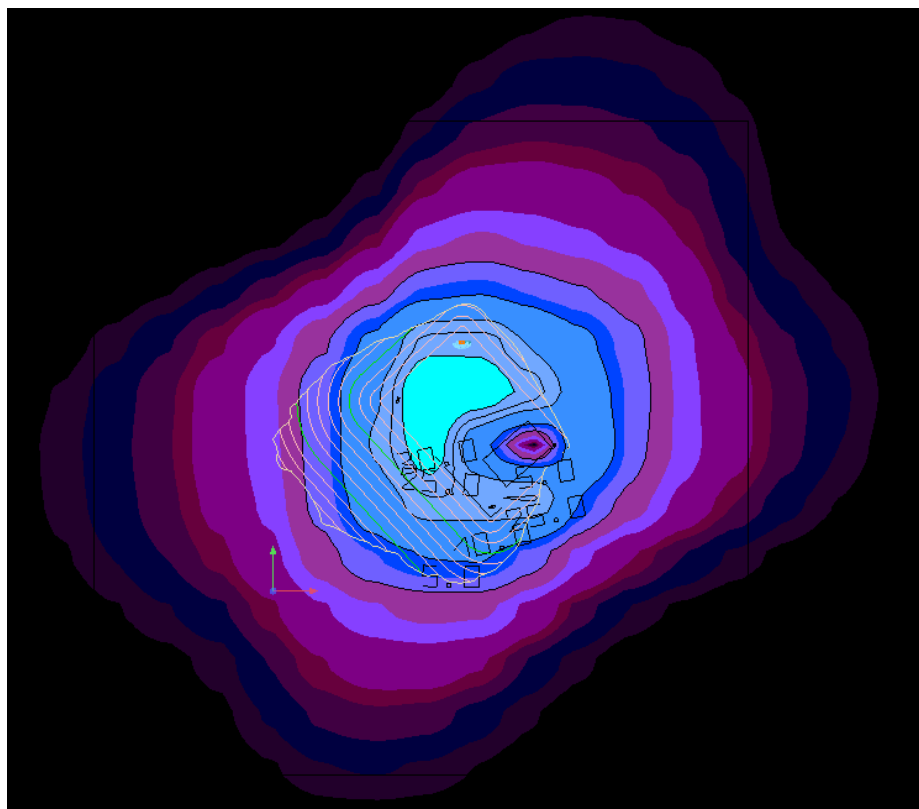


Figura 3.102. Alcance de flujo luminoso en la Plataforma EBAR.

Fuente: Integral S.A, 2025

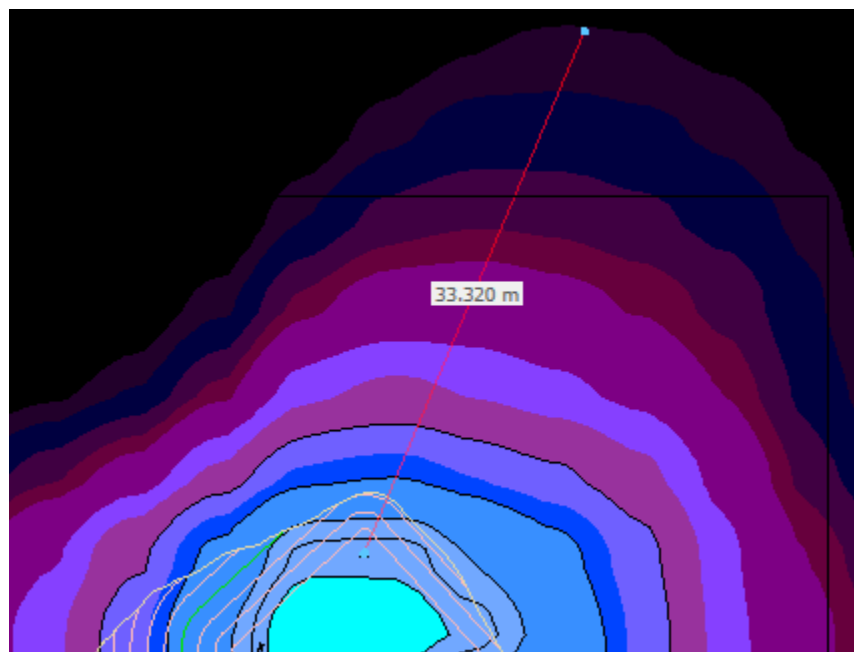


Figura 3.103. Alcance máximo del flujo luminoso de la plataforma EBAR.

Fuente: Integral S.A, 2025.

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma EBAR.

3.3.1.12.7 Fuentes de iluminación artificial Plataforma PTAP

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma PTAP se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.49 Requerimientos de iluminación

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación perimetral de la PTAP se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es

de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar 4 proyectores por nivel, como se muestra en la *Figura 3.104*, donde cada una tiene una altura de montaje de 8m y ángulo de inclinación de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

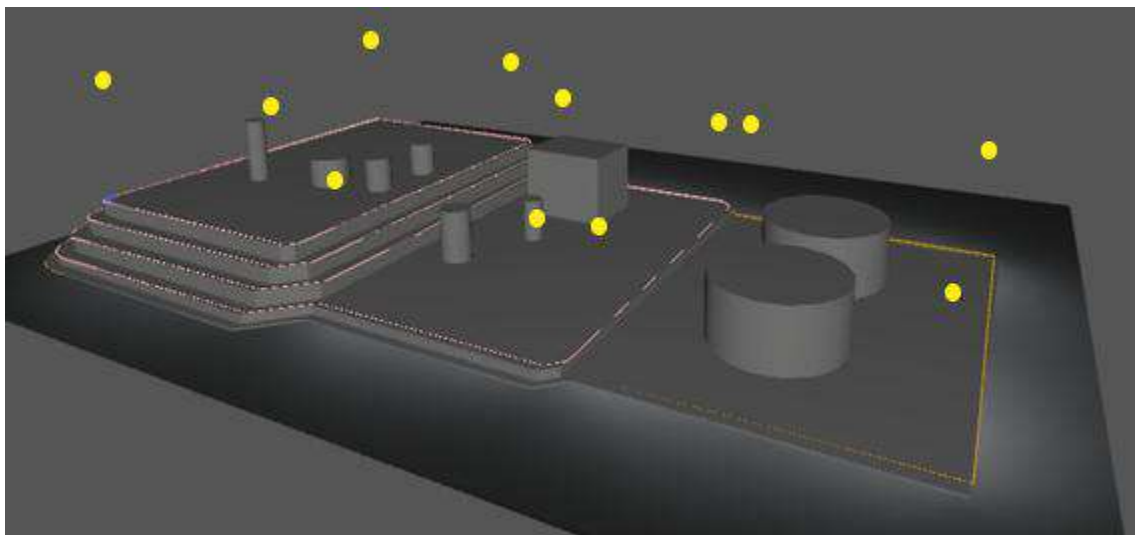


Figura 3.104. Propuesta de iluminación PTAP.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la PTAP presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 60,6m.

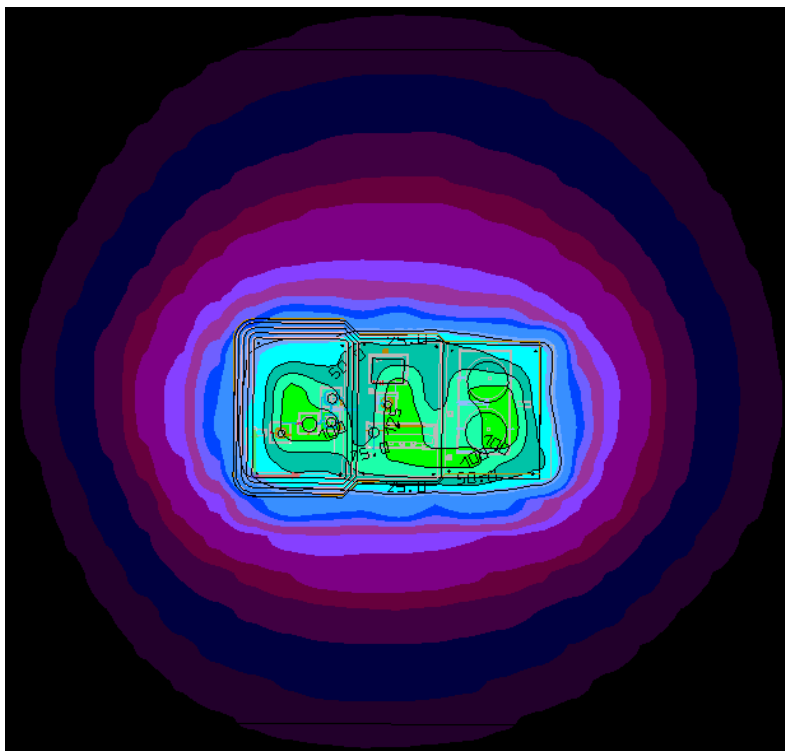


Figura 3.105. Alcance de flujo luminoso en la PTAP.

Fuente: Integral S.A, 2025

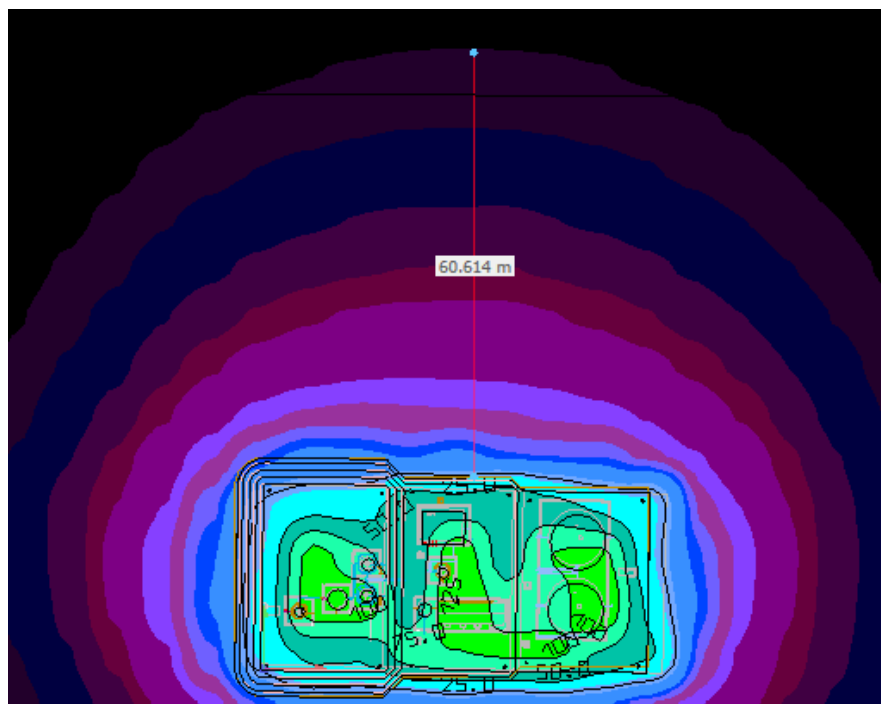


Figura 3.106. Alcance máximo de flujo luminoso en la PTAP.

Fuente: Integral S.A, 2025.

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma PTAP.

3.3.1.12.8 Fuentes de iluminación artificial Plataforma PTAR

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma PTAR se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.50 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación de la iluminación perimetral de la PTAR se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a

sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar 4 proyectores por nivel, como se muestra en la Figura 3.107, donde cada una tiene una altura de montaje de 8m y ángulo de inclinación de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

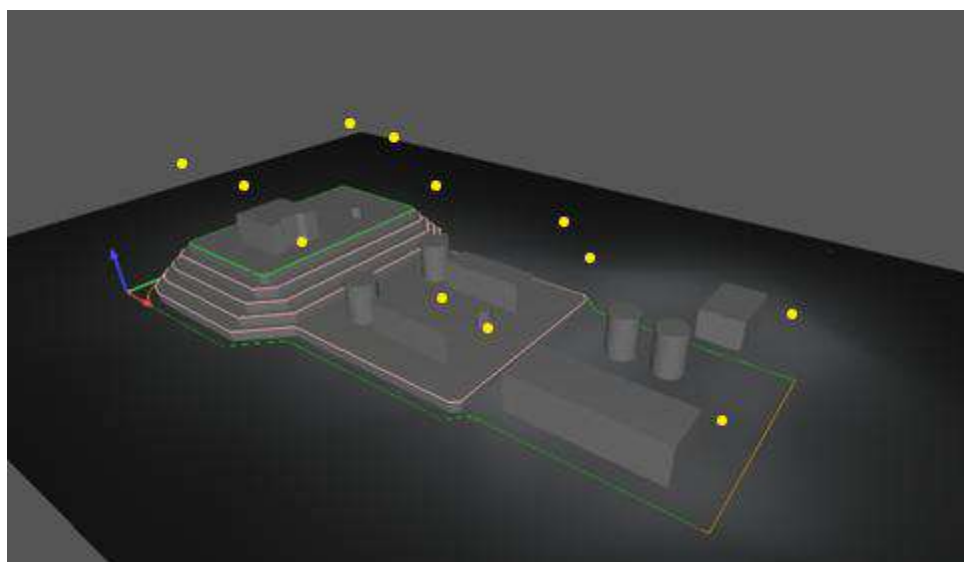


Figura 3.107 Propuesta de iluminación PTAR.

Fuente: Integral S.A, 2025.

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de PTAR presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 29,9m.

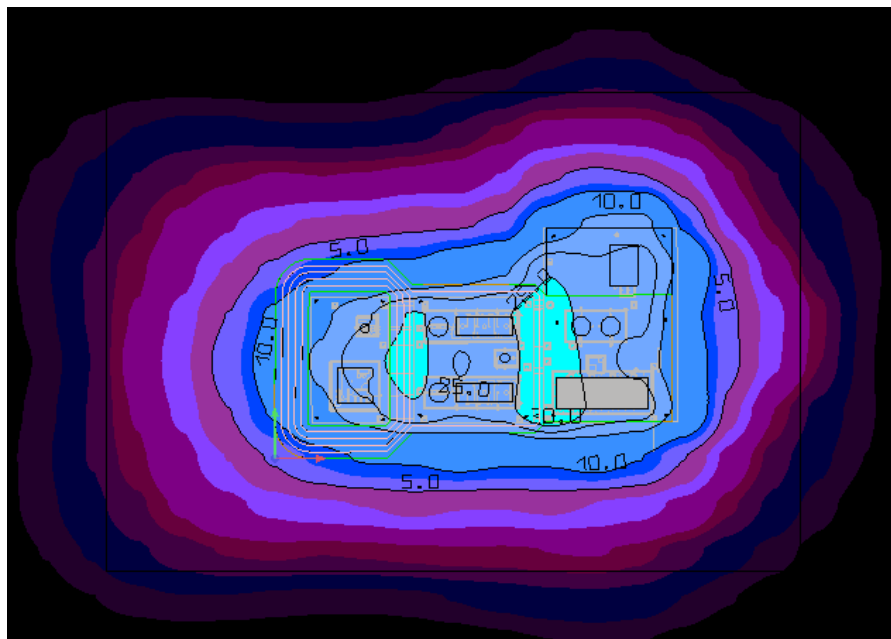


Figura 3.108. Alcance de flujo luminoso en la PTAR.

Fuente: Integral S.A, 2025

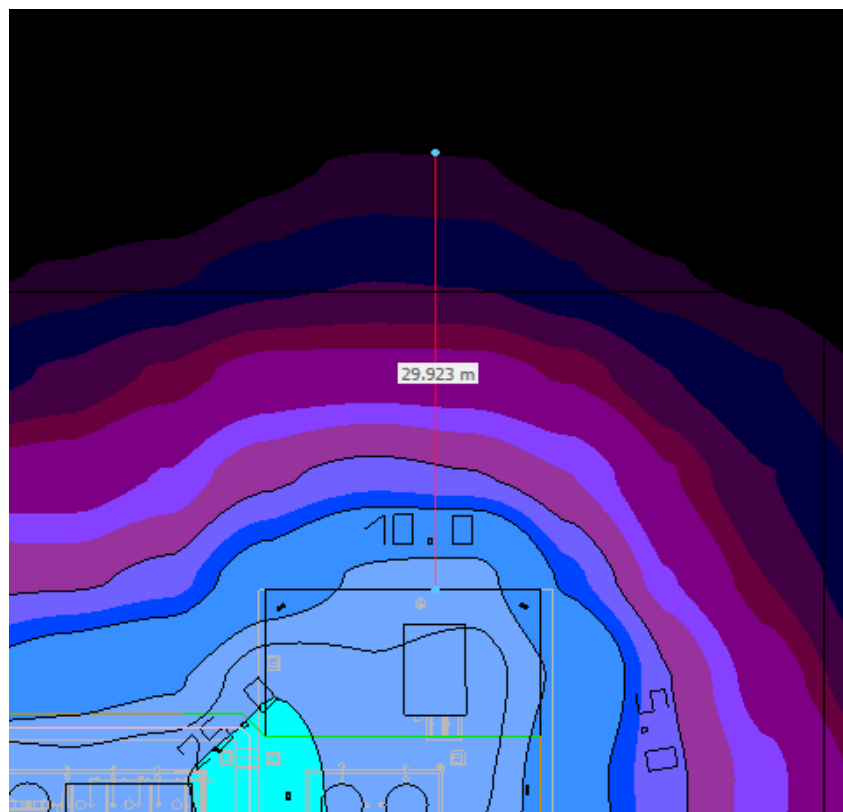


Figura 3.109. Alcance máximo del flujo luminoso en la PTAR.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con el layout del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma PTAR.

3.3.1.12.9 Fuentes de iluminación artificial Plataforma trituración

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma trituración se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.51 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación de la iluminación perimetral de la Plataforma Trituración se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias de manera estratégica en el perímetro de la plataforma con el fin de cumplir los niveles determinados con anterioridad, se propone que la altura de montaje de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

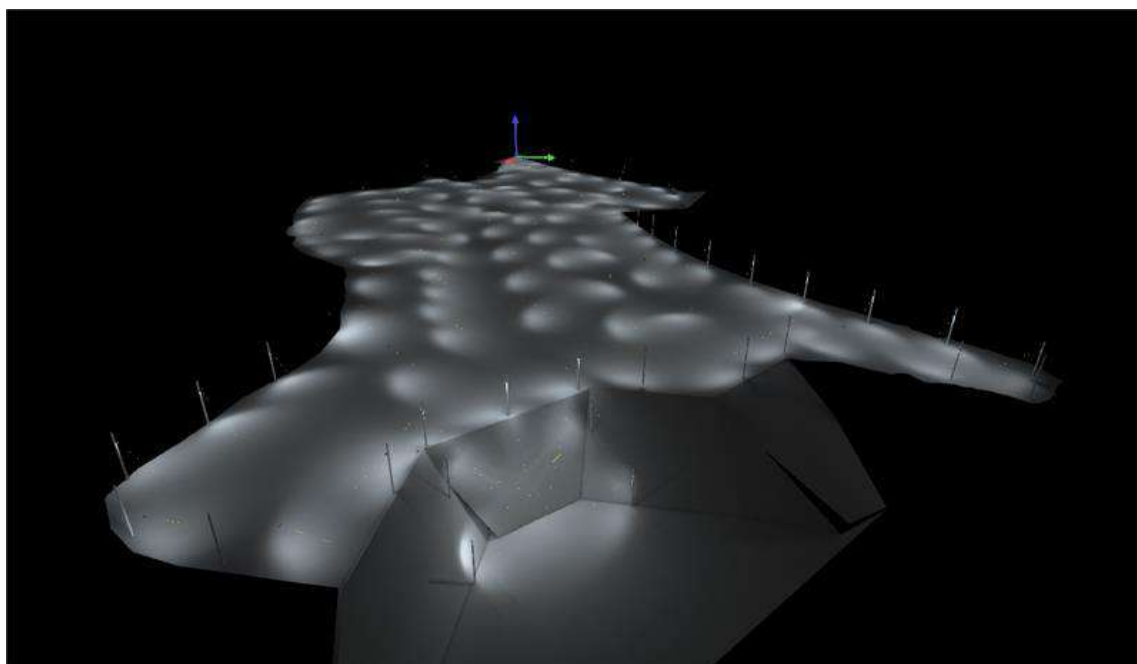


Figura 3.110 Propuesta de iluminación Plataforma de trituración.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la Plataforma Trituración presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 78m.

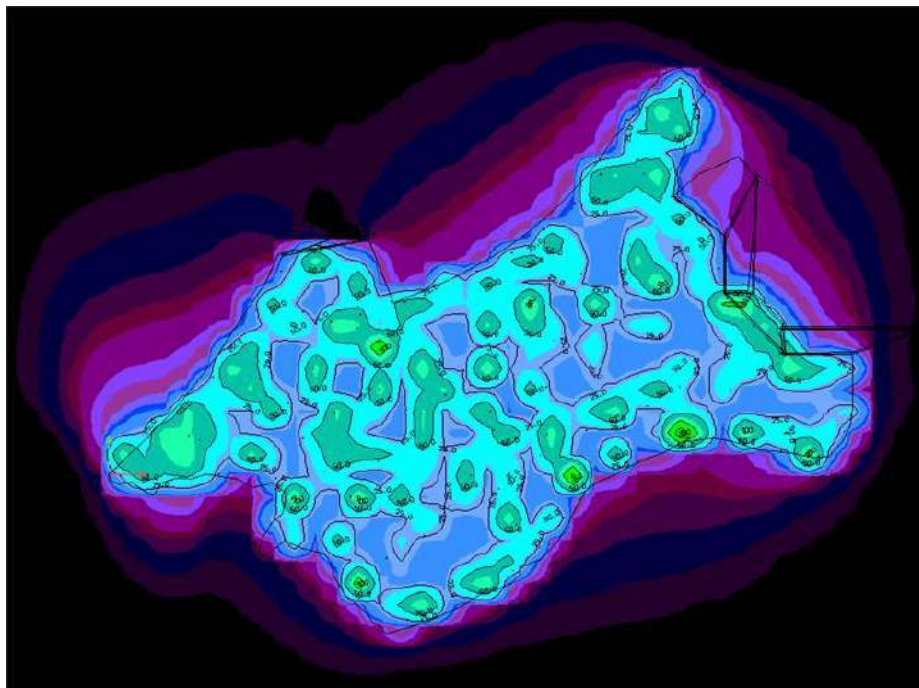


Figura 3.111 Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma trituración

Fuente: Integral S.A, 2025

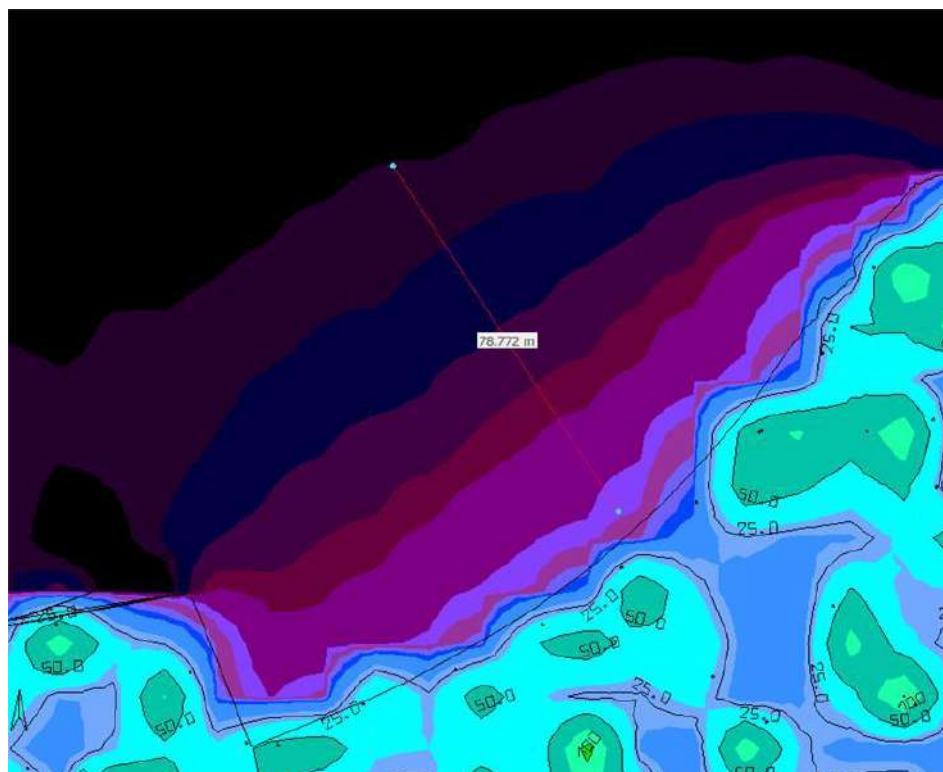


Figura 3.112. Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma trituración

Fuente: Integral S.A, 2025.

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma trituración.

3.3.1.12.10 Fuentes de iluminación artificial Plataforma Polvorín

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma polvorín se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.52 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación perimetral de la Plataforma polvorín se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias de manera estratégica en el perímetro de la con el fin de cumplir los niveles determinados con anterioridad, se propone que la altura de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

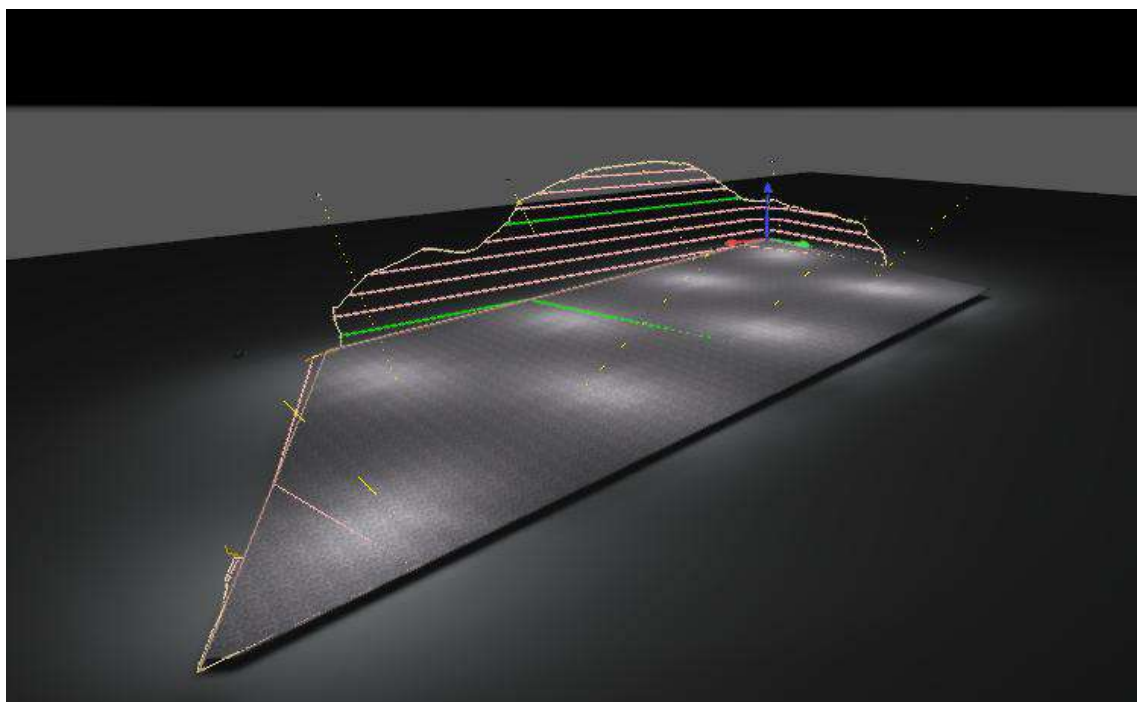


Figura 3.113. Propuesta de iluminación de la Plataforma polvorín.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la plataforma polvorín presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 51 m.

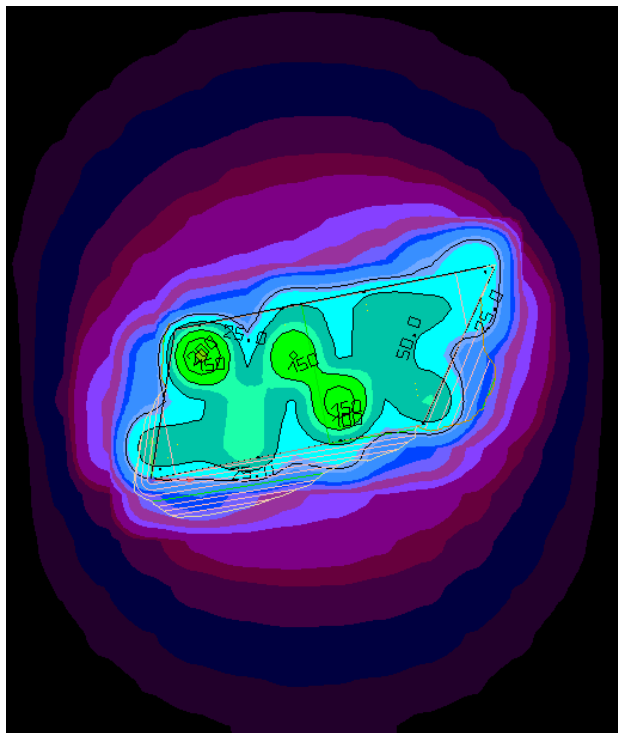


Figura 3.114 Alcance de flujo luminoso en la Plataforma polvorín.

Fuente: Integral S.A, 2025

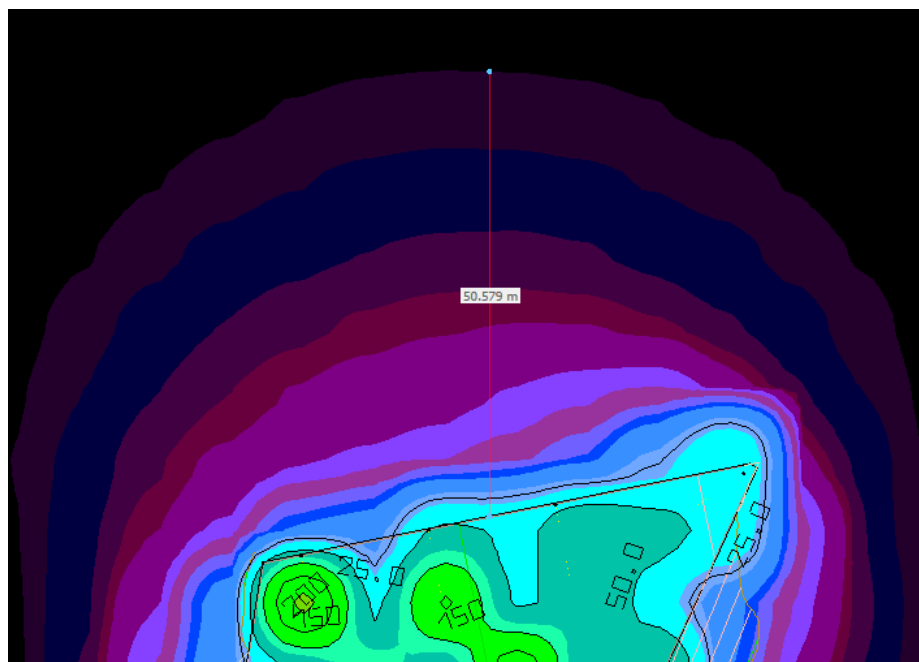


Figura 3.115 Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma polvorín.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma polvorín.

3.3.1.12.11 Fuentes de iluminación artificial Plataforma Polvorín (Depósito K)

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma polvorín (Depósito K) se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.53 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación de la iluminación perimetral de la Plataforma polvorín (Depósito K) se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este

proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias de manera estratégica en el perímetro de la plataforma con el fin de cumplir los niveles determinados con anterioridad, se propone que la altura de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

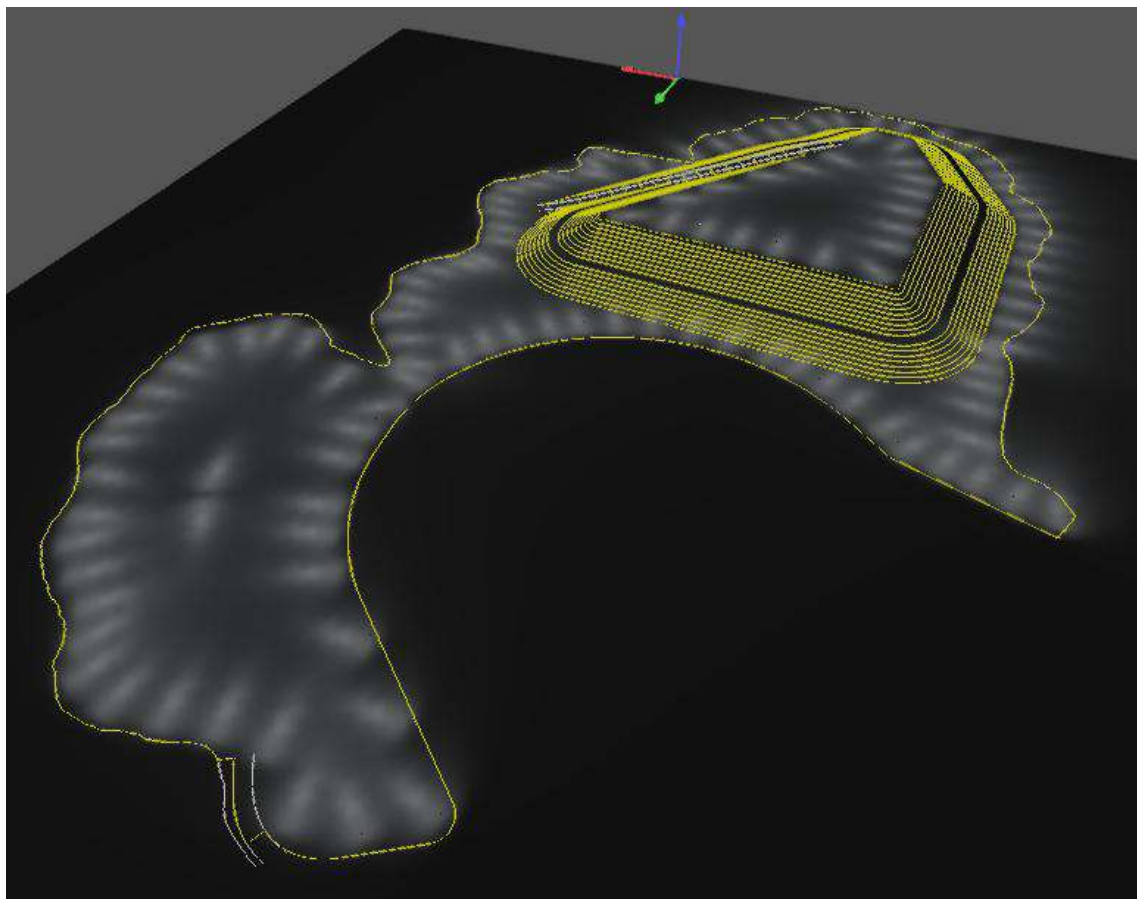


Figura 3.116 Propuesta de iluminación en la Plataforma polvorín (depósito k).

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la iluminación de la vía principal de acceso presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 92,3m.

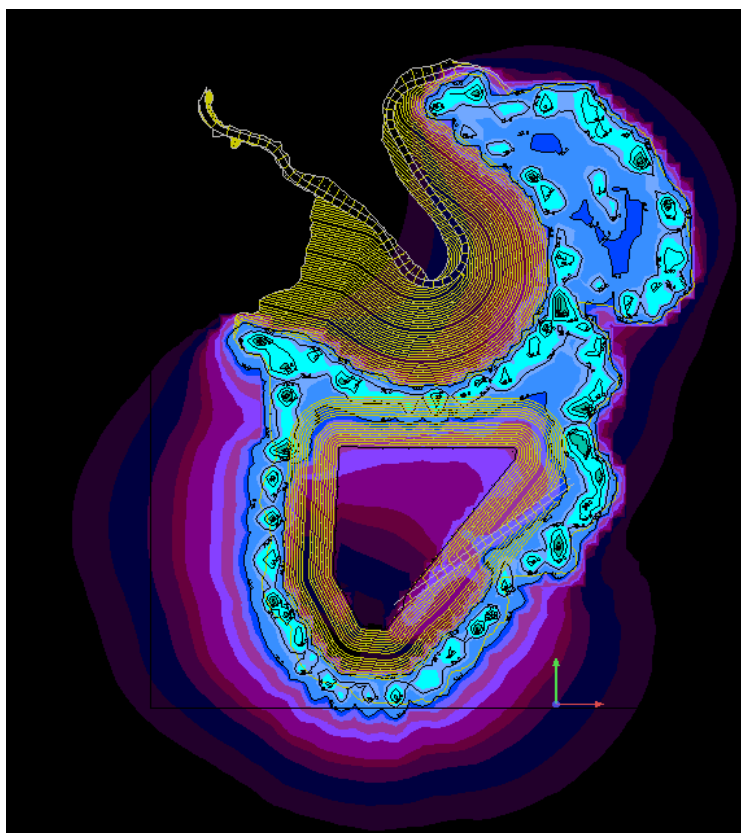


Figura 3.117 Alcance del flujo luminoso en la Plataforma polvorín (depósito k).

Fuente: Integral S.A, 2025.

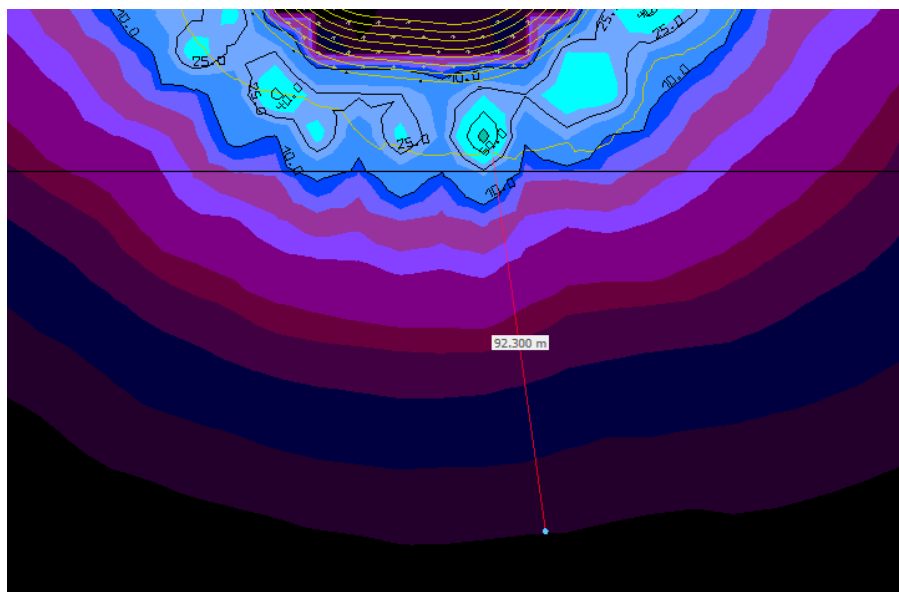


Figura 3.118 Alcance máximo del flujo luminoso en la plataforma polvorín (depósito k).

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma polvorín (depósito K).

3.3.1.12 Fuentes de iluminación artificial Plataforma Ciclones

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma ciclones se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.54 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación de la iluminación perimetral de la Plataforma Ciclones se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de

70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias de manera estratégica en el perímetro de la plataforma con el fin de cumplir los niveles determinados con anterioridad, se propone que la altura de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

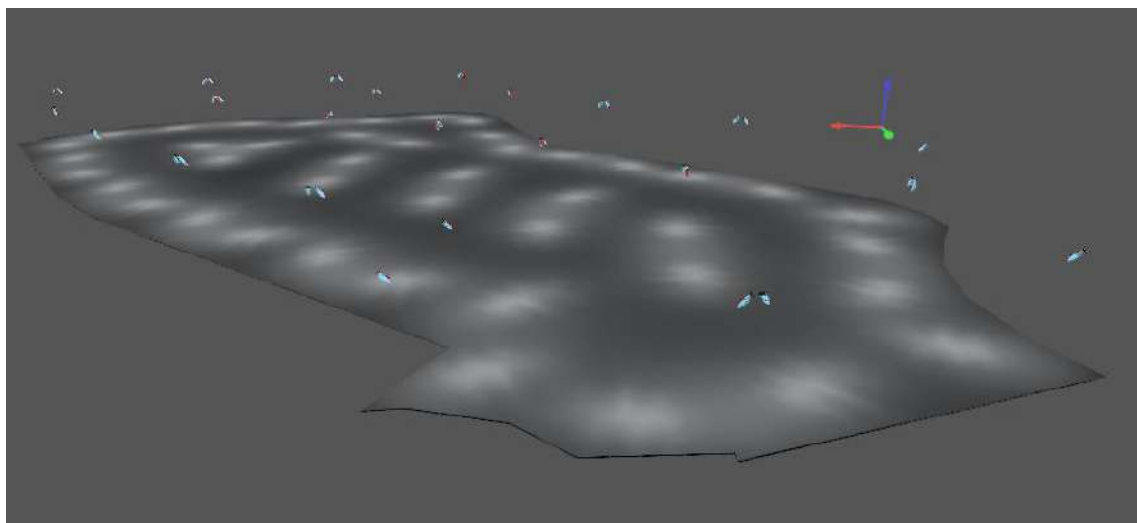


Figura 3.119 Propuesta de iluminación Plataforma ciclones.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la plataforma ciclones presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 62,5m.

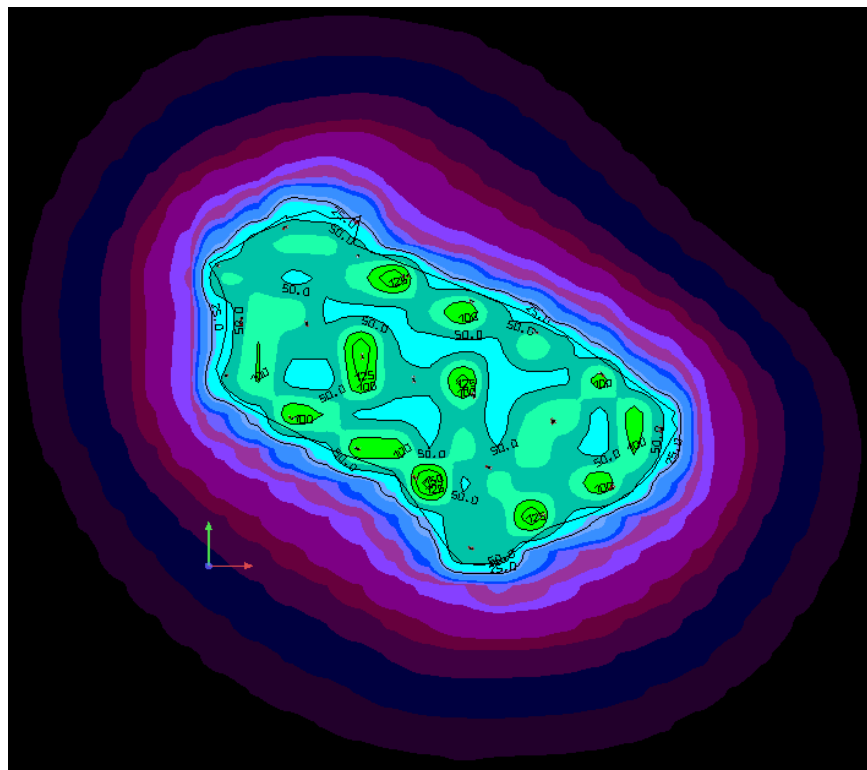


Figura 3.120 Alcance del flujo luminoso de la Plataforma ciclones.

Fuente: Integral S.A, 2025

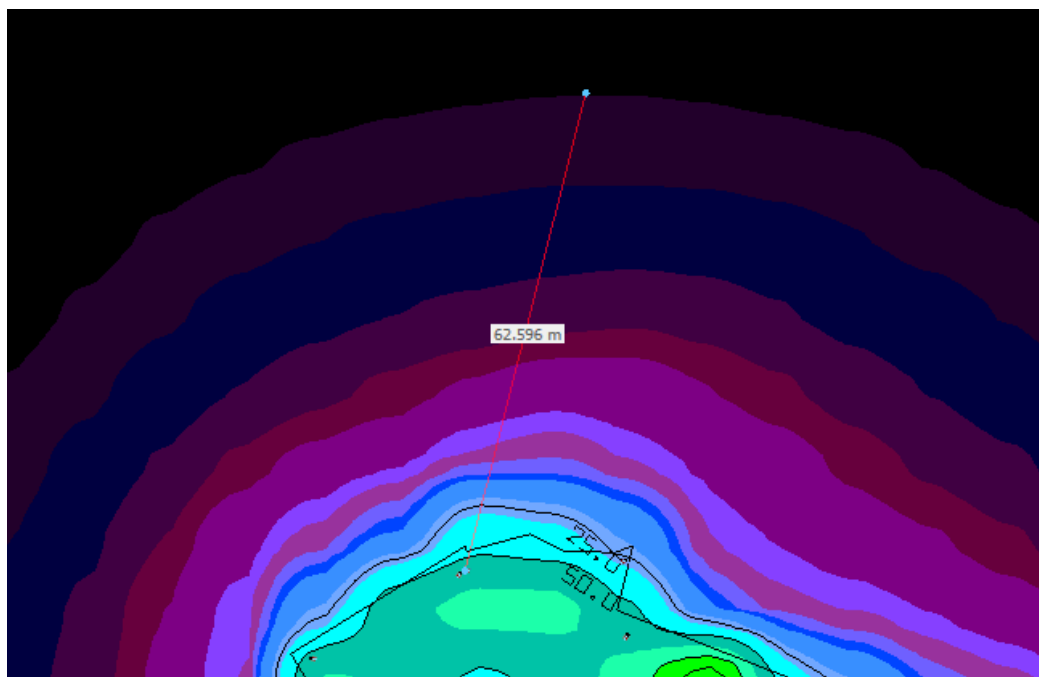


Figura 3.121 Alcance máximo del flujo luminoso de la plataforma ciclones.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con la huella del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma ciclones.

3.3.1.12.13 Fuentes de iluminación artificial Plataforma estación Terminal

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma estación Terminal se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.55 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación de la iluminación perimetral de la Plataforma Estación Terminal se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP, su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias de manera estratégica en el perímetro de la plataforma con el fin de cumplir los niveles determinados con anterioridad, se propone que la altura de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

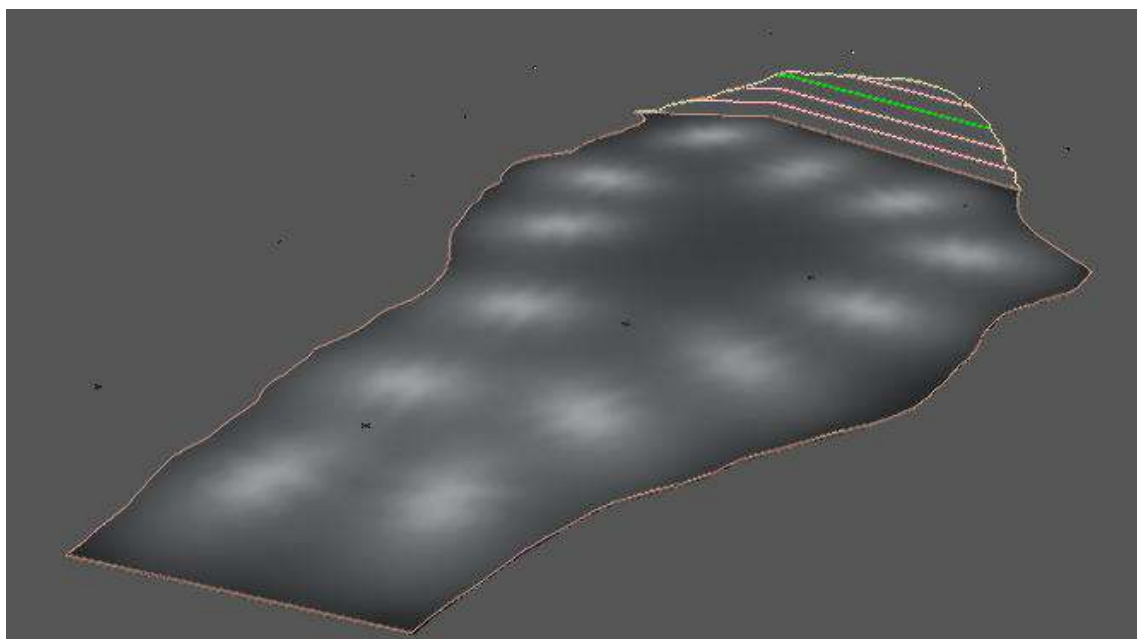


Figura 3.122 Propuesta de iluminación para la Plataforma estación terminal.

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Análisis frente a ubicación de población aledaña

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la plataforma estación Terminal presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 57,6 m.

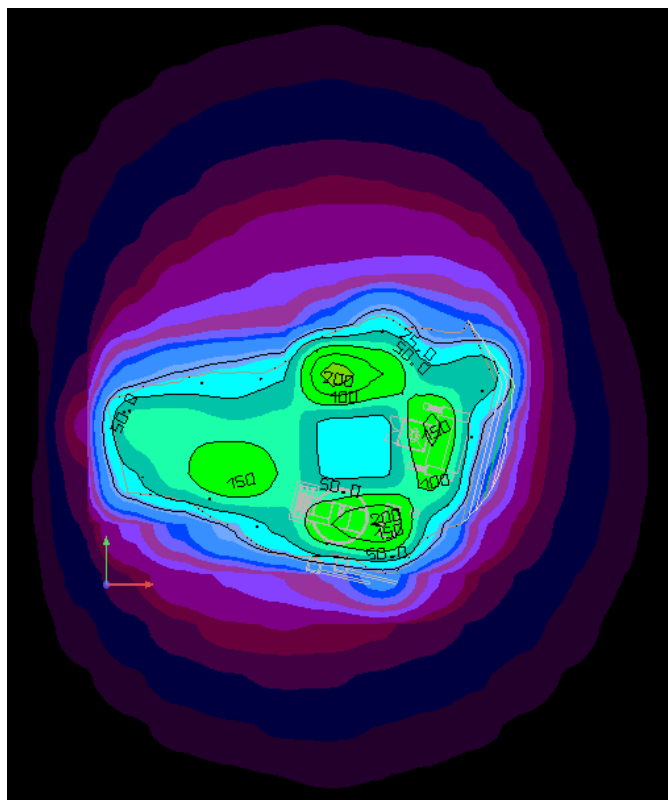


Figura 3.123 Alcance del flujo luminoso de la Plataforma estación terminal.

Fuente: Integral S.A, 2025.

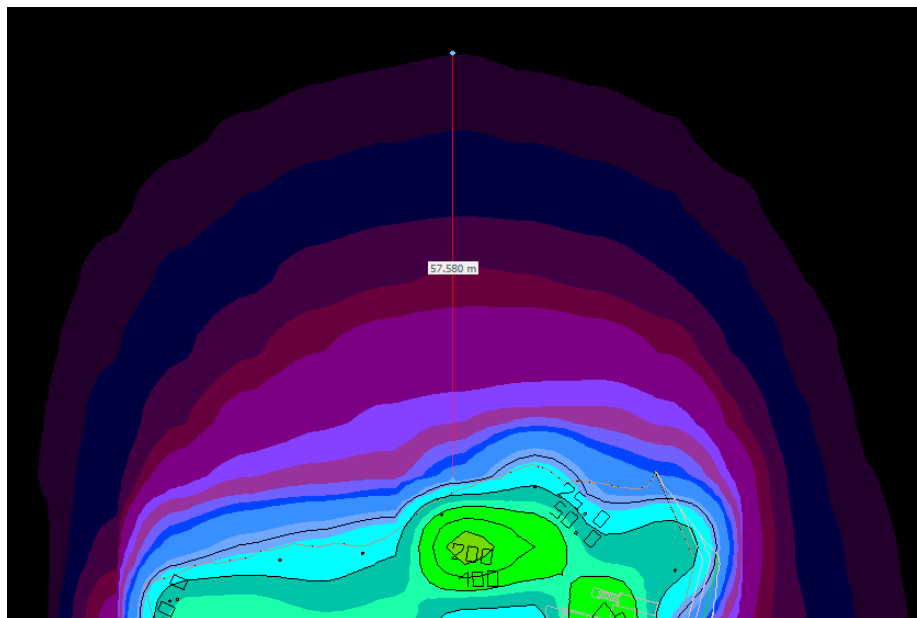


Figura 3.124. Alcance máximo del flujo luminoso de la Plataforma estación terminal.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con el layout del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma estación terminal.

3.3.1.12.14 Fuentes de iluminación artificial Plataforma estación de regulación

A. Requerimiento de iluminación

La Plataforma estación de regulación se caracteriza por ser un área industrial y el RETILAP no indica de manera específica los requisitos de iluminación para esta zona, es por ello por lo que para definirlos se debe remitir a normativa aprobada por el RETILAP, en este caso la *IESNA Illuminating Engineering society of North America*, la cual en su tabla 30.2 contiene de manera más específica requerimientos para este tipo de entornos industriales, los cuales son:

Tabla 3.56 Requerimientos de iluminación.

Tipo de área	Iluminancia promedio (lx)	Uniformidad (Min/máx)
Building surrounds	20	0,1

Fuente: IESNA

B. Selección de luminaria

Para el caso de la iluminación perimetral de la Plataforma Estación de regulación se hace uso de un proyector pensado para iluminar áreas muy grandes, este proyector es adecuado debido a sus especificaciones técnicas pues cumple con los requerimientos del RETILAP,

su potencia es de 300W, tiene un flujo luminoso 42000 lm, el equipo presenta una temperatura del color de 4000 K y un índice de reproducción de cromática de color de 70 y un valor de FHS correspondiente al 0%, todos estos parámetros juntos favorecen la percepción visual garantizando un impacto mínimo en la contaminación ambiental y en la influencia de su flujo luminoso.

En conjunto, las características técnicas de la luminaria seleccionada la hacen adecuada para la iluminación de áreas tan grandes, en cumplimiento de los criterios de seguridad, eficiencia energética y control de la emisión lumínica aplicables.

C. Propuesta de sistema de iluminación

Con el fin de garantizar los requerimientos impartidos por la IESNA, se propone instalar luminarias de manera estratégica en el perímetro de la plataforma con el fin de cumplir los niveles determinados con anterioridad, se propone que la altura de las luminarias sea de 8 metros con ángulo de 45 con respecto a la vertical, pues así se cubre mayor área con una menor cantidad de luminarias cumpliendo con los requerimientos, como se muestra a continuación:

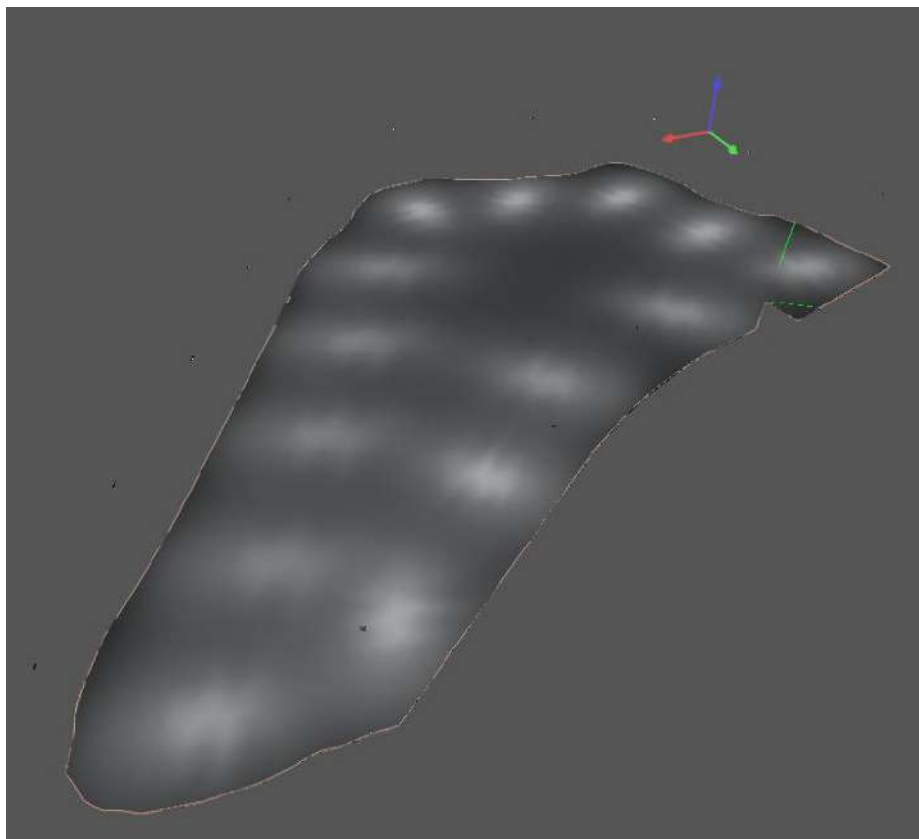
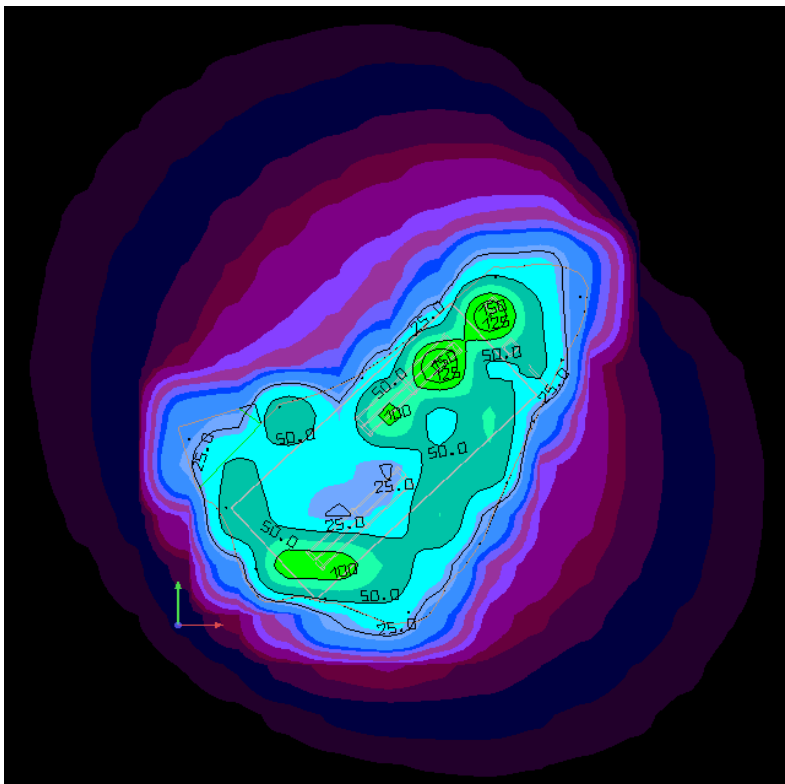


Figura 3.125 Propuesta de iluminación para la Plataforma estación de regulación.

Fuente: Integral S.A, 2025

Para la propuesta de iluminación descrita anteriormente, se llevó a cabo una evaluación del alcance del sistema de alumbrado mediante el uso del software DIALux evo. A partir de este análisis, se determinó que la plataforma estación de regulación presenta un alcance del flujo luminoso que varía según la zona de interés. Se puede evidenciar que el alcance máximo que llegan a tener las luminarias es de 64,3 m.



Fuente: Integral S.A, 2025.

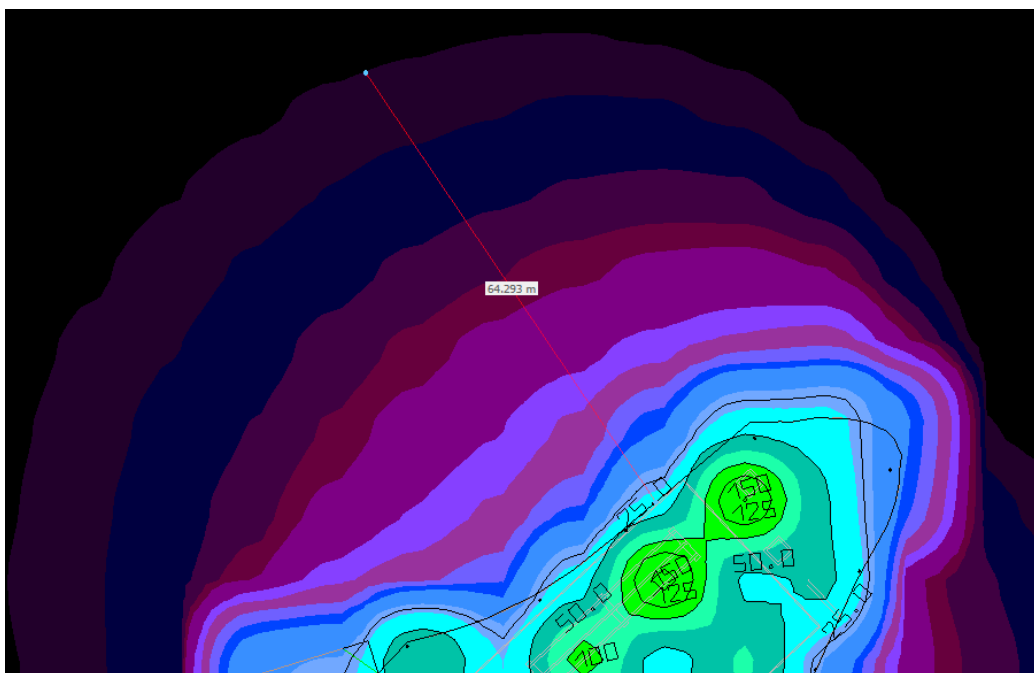


Figura 3.127 Alcance máximo del flujo luminoso de la Plataforma estación de regulación.

Fuente: Integral S.A, 2025

De acuerdo con el layout del proyecto, no se tienen poblaciones dentro del alcance del sistema de iluminación de la plataforma estación terminal.

3.3.1.12.15 Resumen de las luminarias utilizadas en cada zona

Realizado el análisis de las zonas que requieren iluminación y que son objeto de análisis de la presente modificación de licencia, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3.57 Resumen de luminarias utilizadas

Zona por iluminar		Tipo de luminaria	Instalación	Cantidad
Plataforma EBAR		LED Street 35W	En poste a 8 m	4
PTAP		Reflector 150W	En poste a 8 m	12
PTAR		Reflector 150W	En poste a 8 m	14
Plataforma campamentos y oficinas	Canchas	Reflector 300W	En poste a 8 m	26
	Calles y parqueaderos	Reflector 150W	En poste a 8 m	122
Plataforma trituración		Reflector 150W	En poste a 8 m	55
Plataforma estación de regulación		Reflector 150W	En poste a 8 m	14
Plataforma estación terminal		Reflector 150W	En poste a 8 m	13

Zona por iluminar	Tipo de luminaria	Instalación	Cantidad
Plataforma ciclones	Reflector 150W		43
Plataforma polvorín	Reflector 150W	En poste a 8 m	8
Plataforma polvorín (depósito k)	Reflector 150W	En poste a 8 m	121
Plataforma planta	LED Street 35W	En poste a 8 m	2170
Plataforma zona de servicio	LED Street 35W	En poste a 8 m	121
Plataforma la mayoría	Reflector 150W	En poste a 8 m	36
Vía de acceso principal	LED Street 35W	En poste a 8 m	-

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2 Construcción y montaje

En función de la actualización del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se ha realizado una revisión de la infraestructura necesaria para su desarrollo y los detalles son discutidos en el presente numeral. La infraestructura de superficie para respaldar las operaciones mineras incluye:

- Un tajo abierto; para ser extraído en dos fases;
- Instalaciones de almacenamiento de roca estéril y acopios;
- Planta de proceso: instalaciones de molienda, flotación y lixiviación, oficinas de gestión e ingeniería, área de cambio, taller, almacén y subestación eléctrica;
- Instalaciones mineras: taller de equipo pesado, almacenes y zonas de acopio, almacenamiento de combustible, bahías de distribución de combustible, bahía de lavado de vehículos, bahía de neumáticos, taller de soldadura, laboratorio de ensayos, área de cambio, cafetería, depósito de explosivos, planta de concretos y agregados;
- Caminos internos de la mina, incluidos los caminos mineros de acarreo;
- Una carretera comunitaria sustitutiva a Cristales;
- Entrada a la mina y zona de campamento y oficinas;
- Sedimentadores;
- Toma de agua en Guacas y una planta de tratamiento de agua asociada;
- Servicios públicos, incluidos sistemas de agua potable y aguas residuales, protección contra incendios, comunicaciones y gas natural.

3.3.2.1 Instalaciones mineras

Previo al diseño de las instalaciones mineras se adelantaron los estudios geológicos y geotécnicos. Los estudios geotécnicos se dividieron en varios frentes de trabajo, los cuales hacen parte de la solicitud de Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, organizados según el tipo de obra y su ubicación dentro del área de análisis. A continuación, se listan las obras que se agrupan en:

- Plataforma Principal: Incluye Plataforma Principal, plataforma de servicio, plataforma de trituración, PTAR y PTAP.
- Plataformas menores. Este frente para la caracterización geológico-geotécnica incluye las siguientes obras: 1) Plataforma La Mayoría, 2) Plataforma La Mayoría Construcción,

3) Plataforma Campamento y Oficinas (esta se unió en planos con la EBAR), 4) Plataforma Polvorín, 5) Plataforma EBAR, 6) Plataforma Estación Terminal, 7) Plataforma Estación de Regulación y 8) Plataforma Ciclones.

- Depósitos de materiales sobrantes ZODME.
- Depósitos de Estériles. Se incluyen los depósitos del El Balsal y San Antonio. Asociados a estos depósitos de estériles se presentan en este estudio los sedimentadores de San Antonio y el Banco.
- Presa sedimentador La Colorada la cual es multipropósito y cumple también una función de conexión vial.
- Vías o accesos

En la Tabla 3.58 se citan los anexos con las memorias de los estudios geotécnicos para cada una de las zonas antes citadas (ver ANEXOS_CHARACTERIZACION_GEOTECNIA).

Tabla 3.58 Relación de anexos estudios geológicos y geotécnicos por zonas de diseño

Zona	Anexos
Proyecto general	Anexo A Estudio de amenaza sísmica Anexo B Criterios Geotecnia Anexo C Ensayos Geofísicos
Plataforma Planta: Plataforma Principal, plataforma de servicio y plataforma de trituración	Anexo A Campaña de exploración y ensayos de laboratorio Anexo B Memorias de cálculo Anexo C Planos
Plataformas menores	Anexo A Campaña de Exploración y ensayos de laboratorio Anexo B Memorias de cálculo Anexo C Planos
Depósitos	Anexo A Campaña de Exploración y ensayos de laboratorio Anexo B Memorias de cálculo Anexo C Planos Ver numeral 3.6.1.1, Diseño de depósitos
Depósitos de Estériles (El Balsal y San Antonio) y sus sedimentadores (San Antonio y el Banco)	Anexo A Campaña de Exploración y ensayos de laboratorio Anexo B Memorias de cálculo Anexo C Planos Ver numeral 3.3.1.4.1 Ver numeral 3.3.1.4.2
Presa del sedimentador La Colorada	Anexo A Campaña de exploración y ensayos de laboratorio Anexo B Memorias de cálculo Anexo C Planos
Vías o accesos	Anexo A Campaña de exploración y ensayos de laboratorio

Zona	Anexos
	Anexo B Memorias de cálculo Anexo C Planos
Fundaciones generales	Anexo A Cimentaciones Superficiales Anexo B Cimentaciones Profundas

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.1.1 Plataformas e infraestructura asociada

A continuación, se presentan las principales modificaciones propuestas asociadas a las plataformas, con relación a la licencia ambiental vigente.

En la siguiente figura, se presenta en color verde las principales plataformas e infraestructura asociada autorizadas en la licencia vigente, y en color gris y rojo las presentadas en la actual solicitud de modificación. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-CAM-03.

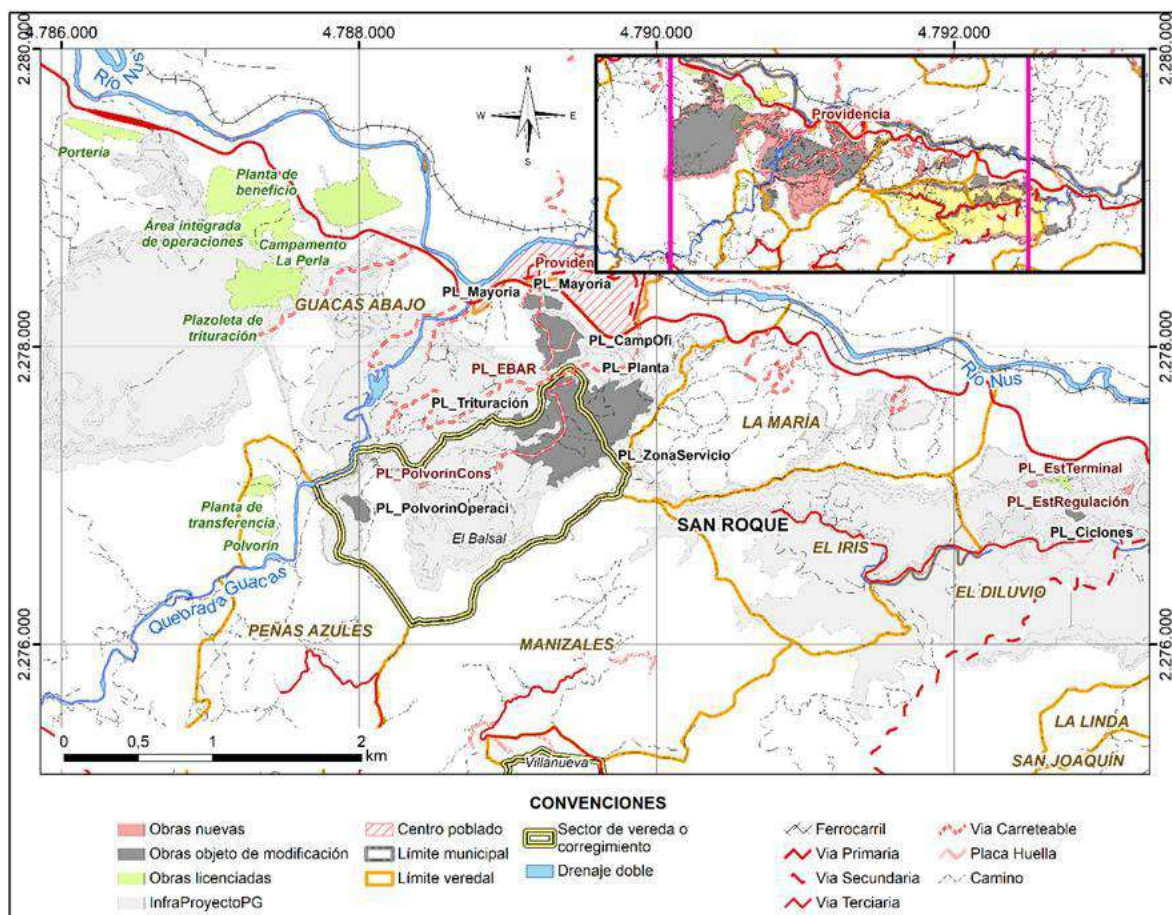


Figura 3.128 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Plataformas e infraestructura asociada.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.59 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Plataformas e infraestructura asociada

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Plataforma de Trituración	Plazoleta de trituración (12,2677 ha). Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote (San Antonio)	Plataforma Trituración (4,1034 ha). Ubicada al Este del Tajo Gramalote (El Balsal)
Planta de beneficio	Planta de beneficio (10,2406 ha). Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote (El Banco)	Plataforma Planta (22,8996 ha). Ubicada al Este del Tajo Gramalote (Colorada-Balsal)
Zona de servicios mineros (talleres, bodegas, etc.)	Área Integrada de Operaciones (9,7811 ha). Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote (El Banco)	Plataforma Zona de Servicios (11,9649 ha). Ubicada al Este del Tajo Gramalote (El Balsal)
Portería	Portería (3,9861 ha). Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote (El Banco)	Plataforma La Mayoría (1,7554 ha). Ubicada al Noreste del Tajo Gramalote (La Mayoría)
Campamento	Campamento La Perla (12,9931 ha). Ubicada al Noroeste del Tajo Gramalote (El Banco)	Campamentos y Oficinas (7,9548 ha); y Plataforma EBAR (Obra Nueva - 0,0480 ha). Ubicada al Noreste del Tajo Gramalote (La Mayoría)
Polvorín	Polvorín (0,8734 ha) y Planta de transferencia (2,3938 ha). Ubicada al Suroeste del Tajo Gramalote (Peñas Azules)	2 polvorín: Plataforma Polvorín 2 (Operación) (1,9226 ha). Ubicada al Suroeste más cerca del Tajo Gramalote (El Balsal); y Plataformas Polvorín 1 (Construcción) (Obra Nueva - 0,1817 ha). Ubicada al Sur del Tajo Gramalote
Plataformas de ciclonado	1 plataforma (Hacienda Claret, El Diluvio): Ciclonado (0,8335 ha)	3 plataformas (Hacienda Claret, El Diluvio): Plataforma Ciclonos (0,7530 ha); Plataforma estación de regulación (Obra Nueva - 0,3121 ha); Plataforma estación terminal: (Obra Nueva - 0,2509 ha)

La comparación se realiza entre áreas brutas, sin superposición de obras.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

La reconfiguración del plan minero y de los diseños asociados ha permitido identificar alternativas de optimización operativa, orientadas principalmente a la reducción de distancias de acarreo y, en consecuencia, a la mejora en la eficiencia del proyecto.

En este marco, se evaluó la relocalización de la infraestructura asociada al proceso de beneficio y a los servicios de soporte minero, logísticos y/u operativos, con el objetivo de acercar esta infraestructura a la zona de explotación activa.

En el ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS_CIVILES_03_Plataformas, se presentan los planos y perfiles asociados a las Plataformas.

Como se describió anteriormente, dadas las condiciones topográficas del área o huella del proyecto y como preparación del terreno para el desarrollo de algunos de los componentes de infraestructura del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se presenta la necesidad de generar unas plataformas, bien sea como producto de una excavación y/o de un lleno. Estas plataformas se pueden categorizar en dos, las cuales se describen a continuación:

Plataformas principales: Son todas aquellas plataformas requeridas para implantar infraestructura necesaria para la operación. Su diseño se realizó teniendo en cuenta la

localización requerida de la infraestructura y el área necesaria para la misma. En la Figura 3.129 estas plataformas se presentan en color rojo.

Plataformas construcción: estas plataformas son denominadas áreas de movilidad y multipropósito y se implementan para facilitar las operaciones de construcción de la infraestructura del proyecto, en las cuales se puede disponer de maquinaria, equipos, materiales, etc. que se requieren en la construcción. Sus áreas son más pequeñas que las plataformas principales y se encuentran localizadas a lo largo de la zona de intervención del proyecto. En la Figura 3.129 estas plataformas se presentan en color naranja.

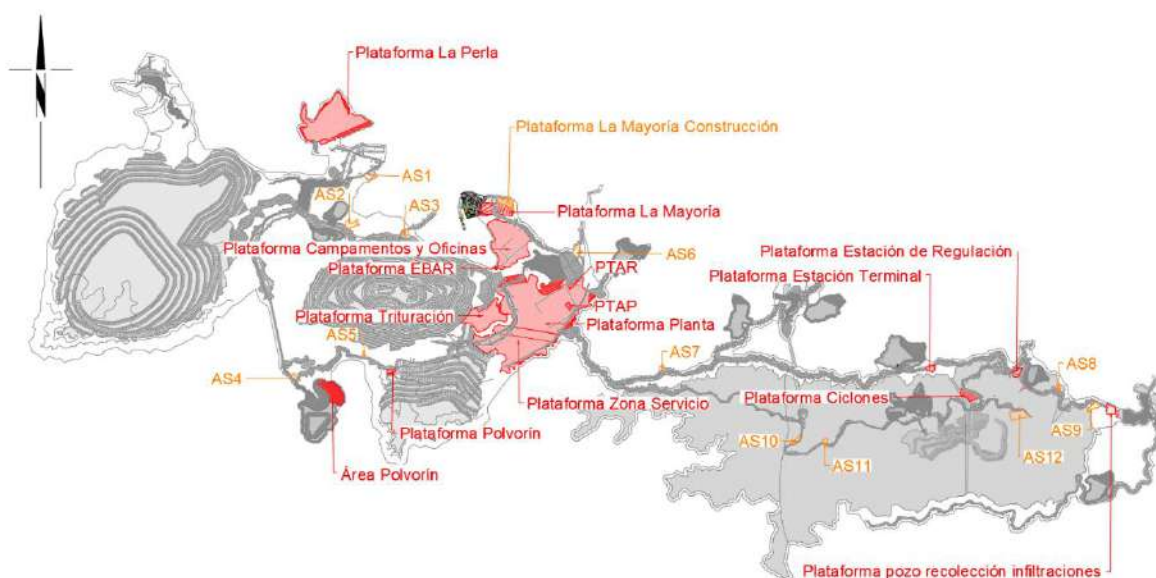


Figura 3.129 Localización general plataformas del proyecto

Fuente: Integral S.A, 2025

A. Especificaciones Técnicas

Dadas las condiciones topográficas del área y como preparación del terreno para la construcción de algunos de los componentes de infraestructura del proyecto, se presenta la necesidad de construir plataformas, bien sea como producto de una excavación y/o de un lleno. Las plataformas se construyen en la etapa de construcción para implementar obras que funcionarán en la etapa de operación. Los bordes de las plataformas se adaptan a las necesidades de implantación de obras de cada componente y su conformación se realizará, en general, con taludes 1,0H:1,0V en corte y para llenos de 2,00H:1,00V, con bermas de 3,00 m de ancho cada 10,00 metros de altura., a menos que se consideren condiciones geotécnicas particulares o la modelación de estabilidad genere otra geometría.

B. Localización

Según los diferentes requerimientos del proyecto, se localizaron estratégicamente las diferentes plataformas para la instalación de edificios, acopios de material, estructuras para la operación, áreas de servicio, etc.

Con la localización de cada plataforma, el área aprovechable requerida para cada una de ellas y los criterios de diseño establecidos, se realizaron las explanaciones correspondientes, obteniendo las áreas a intervenir y los volúmenes de tierra para cada una de las plataformas. En la Tabla 3.60 se indican las 27 plataformas definidas con su respectiva categoría.

Tabla 3.60 Plataformas del proyecto y categoría

No	Nombre	Categoría	Coordenadas				Código
			UTM 18-N		MS Nacional		
			Norte	Este	Norte	Este	
1	Plataforma La Mayoría	Principal	720.150	510.350	2.278.308	4.789.274	I-P-0010719-PT-DG-MAY-010
2	Plataforma La Mayoría Construcción	Construcción	720.200	510.350	2.278.358	4.789.274	
3	Campamento La Perla	Principal	720.800	509.050	2.278.964	4.787.976	NA (obra licenciada)
4	Plataforma Campamento y Oficinas	Principal	719.900	510.400	2.278.058	4.789.323	I-P-0010719-PT-DG-PCO-010
5	Plataforma Planta	Principal	719.400	510.700	2.277.557	4.789.621	I-P-0010719-PT-DG-PLA-010
6	Plataforma Zona de Servicio	Principal	719.100	510.500	2.277.257	4.789.420	I-P-0010719-PT-DG-ZSE-010
7	Plataforma Trituración	Principal	719.350	510.250	2.277.509	4.789.171	I-P-0010719-PT-DG-TRI-010
8	Plataforma Polvorín 1 (Construcción)	Principal	718.900	509.500	2.277.061	4.788.419	I-P-0010719-PT-DG-POL-010
9	Plataforma EBAR	Principal	719.700	510.320	2.277.858	4.789.242	I-P-0010719-PT-DG-PCO-010
10	PTAR	Principal	719.570	510.900	2.277.726	4.789.822	I-P-0010719-PT-DG-PLA-010
11	PTAP	Principal	719.400	510.860	2.277.556	4.789.781	I-P-0010719-PT-DG-PLA-010
12	Plataforma Estación Terminal	Principal	718.930	513.600	2.277.075	4.792.520	I-P-0010719-PT-DG-ETE-010
13	Plataforma Estación de Regulación	Principal	718.900	514.250	2.277.043	4.793.170	I-P-0010719-PT-DG-ERE-010
14	Plataforma Ciclones	Principal	718.750	513.900	2.276.894	4.792.819	I-P-0010719-PT-DG-CIC-010

No	Nombre	Categoría	Coordenadas				Código
			UTM 18-N		MS Nacional		
			Norte	Este	Norte	Este	
15	Pozo de Recolección de Infiltraciones	Principal	718.600	514.950	2.276.740	4.793.868	NA (obra licenciada)
16	Área de Servicio 1	Construcción	720.400	509.350	2.278.562	4.788.275	I-P-0010719-PT-DG-ASA-010
17	Área de Servicio 2	Construcción	720.000	509.200	2.278.163	4.788.123	
18	Área de Servicio 3	Construcción	719.960	509.620	2.278.121	4.788.543	I-P-0010719-PT-DG-ASB-010
19	Área de Servicio 4	Construcción	718.860	508.780	2.277.024	4.787.699	
20	Área de Servicio 5	Construcción	719.030	509.310	2.277.192	4.788.229	I-P-0010719-PT-DG-ASC-010
21	Área de Servicio 6	Construcción	719.800	510.920	2.277.956	4.789.843	
22	Área de Servicio 7	Construcción	718.930	511.570	2.277.083	4.790.489	I-P-0010719-PT-DG-ASD-010
23	Área de Servicio 8	Construcción	718.780	514.580	2.276.921	4.793.499	
24	Área de Servicio 9	Construcción	718.650	514.850	2.276.790	4.793.769	I-P-0010719-PT-DG-ASE-010
25	Área de Servicio 10	Construcción	718.400	512.600	2.276.549	4.791.517	
26	Área de Servicio 11	Construcción	718.380	512.800	2.276.528	4.791.717	
27	Área de Servicio 12	Construcción	718.600	514.300	2.276.742	4.793.218	

Fuente: Integral S.A, 2025.

La Plataforma Polvorín, servirá para instalar todos los elementos necesarios de un polvorín inicial, luego el polvorín será complementado en una zona denominada “Área Polvorín” localizado sobre el Depósito K.

C. Volumen estimado de cortes y rellenos

Las plataformas proyectadas tienen múltiples características de diseño, tales como cota, área aprovechable, área de intervención, volúmenes de corte y lleno. En la Tabla 3.61, se muestran las características principales de cada una de las plataformas ya mencionadas.

Tabla 3.61 Características principales de las plataformas proyectadas

No	Nombre	Cota	Área total de intervención (m ²)	Área aprovechable (m ²)	Volumen en banco	
		(m s.n.m)			Corte total (m ³)	Lleno total (m ³)
1	Plataforma La Mayoría	822 829	17.550	16.270	3.660	17.520
2	Plataforma La Mayoría Construcción	Variable	6.810	6.920	1.552	6.920
3	Campamento La Perla	832	104.070	91.500	121.260	295.820
4	Plataforma Campamentos y Oficinas	844	79.490	80.330	938.990	86.770
5	Plataforma Planta	855	228.930	199.750	1.497.360	1.374.420
6	Plataforma Zona de Servicio	855	119.620	114.920	208.480	971.060
7	Plataforma Trituración	875	43.200	38.930	715.760	3.530
8	Plataforma Polvorín 1 (Construcción)	918 921	1.820	1.320	3.040	1.110
9	Plataforma EBAR	842	480	150	1.290	0
10	PTAR	Variable	1.400	1.250	280	2.850
11	PTAP	Variable	1.750	1.400	350	3.460
12	Plataforma Estación Terminal	937	2.510	2.380	6.320	0
13	Plataforma Estación de Regulación	885	3.120	3.120	13.670	0
14	Plataforma Ciclones	875	7.530	7.360	49.490	0
15	Pozo de recolección de Infiltraciones	808	6.500	4.030	42.500	0
16	Área de Servicio 1	Variable	3.920	3.530	5.140	640
17	Área de Servicio 2	828	3.660	3.640	742	10.280
18	Área de Servicio 3	Variable	1.930	1.790	990	430
19	Área de Servicio 4	Variable	1.470	1.100	294	3.790

No	Nombre	Cota	Área total de intervención (m ²)	Área aprovechable (m ²)	Volumen en banco	
		(m s.n.m)			Corte total (m ³)	Lleno total (m ³)
20	Área de Servicio 5	Variable	520	260	720	60
21	Área de Servicio 6	Variable	3.440	3.360	10500	0
22	Área de Servicio 7	Variable	340	340	560	0
23	Área de Servicio 8	Variable	690	580	268	440
24	Área de Servicio 9	Variable	3.340	3.240	820	440
25	Área de Servicio 10	Variable	1.580	1.520	1.280	0
26	Área de Servicio 11	Variable	1.160	940	1.590	0
27	Área de Servicio 12	Variable	7.650	7.560	1.820	3.220
Total			654.480	597.490	3.619.726	2.782.760

Nota: Todas las áreas fueron calculadas en UTM18N

Fuente: Integral S.A, 2025.

En la Tabla 3.62 se presenta un resumen de las plataformas por categoría.

Tabla 3.62 Resumen plataformas principales

Ítem	Valor x categoría	
	Principales	Construcción
Área aprovechable (m ²)	562.710	34.780
Área total de intervención (m ²)	617.970	36.510
Volumen total de corte (m ³)	3.602.450	17.276
Volumen total de lleno (m ³)	2.756.540	26.220

Fuente: Integral S.A, 2025.

D. Tratamiento taludes

La información geológica y geotécnica de las plataformas se presenta en los planos relacionados en la Tabla 3.63.

Tabla 3.63 Especificaciones geología y geotecnia plataformas

Obra	Código	Concepto
Plataforma ciclones	I-P-0010719-PT-GG-CIC-010-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-CIC-020-R00	Geotecnia
Plataforma estación de regulación	I-P-0010719-PT-GG-ERE-010-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-ERE-020-R00	Geotecnia
Plataforma estación terminal	I-P-0010719-PT-GG-ETE-010-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-ETE-020-R00	Geotecnia
Plataforma La Mayoría	I-P-0010719-PT-GG-MAY-010-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-MAY-020-R00	Geotecnia
Plataforma campamentos y - oficinas, Plataforma EBAR	I-P-0010719-PT-GG-PCO-010-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-PCO-020-R00	Geotecnia
Plataforma planta	I-P-0010719-PT-GG-PLA-010-R00	Geología

Obra	Código	Concepto
Plataforma zona servicio Plataforma trituración	I-P-0010719-PT-GG-PLA-020-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-PLA-030-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-PLA-040-R00	Geotecnia
	I-P-0010719-PT-GG-PLA-050-R00	Geotecnia
	I-P-0010719-PT-GG-PLA-060-R00	Geotecnia
	I-P-0010719-PT-GG-PLA-070-R00	Geotecnia
	I-P-0010719-PT-GG-PLA-080-R00	Geotecnia
Plataforma polvorín 1 (Construcción)	I-P-0010719-PT-GG-POL-010-R00	Geología
	I-P-0010719-PT-GG-POL-020-R00	Geotecnia
Detalles	I-P-0010719-GN-GG-GEN-010-R00	Geotecnia

Fuente: Integral S.A, 2025.

a. Plataforma Principal

En la Tabla 3.64 se discretiza el tratamiento por talud de acuerdo con la denominación presentada en el plano I-P-0010719-PT-GG-PLA-010.

Tabla 3.64 Tratamientos recomendados para la estabilidad de la obra (soluciones a nivel de factibilidad)

Sección	Talud	Geometría	Tratamiento
A	Corte 1	La geometría será de 0,75H:1V en todos los cortes, con bancos de 10 m de altura y bermas de 3 m de ancho.	<p>Banco 1: Cuatro (4) filas de soil nailing con barra No 10, con una longitud de 15 m. La separación entre los anclajes es de 2 m, tanto horizontal como verticalmente.</p> <p>Adicionalmente, se proponen 2 filas de drenes sub-horizontales con longitud de 23m, separados 2m horizontal y verticalmente, dispuestos al tres bolillo.</p>
B	Corte 2	La geometría será de 0,75H:1V en todos los cortes, con bancos de 10 m de altura y bermas de 3 m de ancho.	<p>Banco 1 y 2: Cuatro (4) filas de anclajes activos, cada una compuesta por dos torones de 5/8", tensados a 300 kN. La longitud total de los anclajes es de 25 m, con una longitud del bulbo de 10 m. La separación entre los anclajes es de 2m tanto horizontal como verticalmente.</p> <p>Adicionalmente, se proponen 2 filas de drenes sub-horizontales, separados 2m horizontal y verticalmente, dispuestos al tres bolillo. La longitud de los drenes será 35m en el banco 1 y 2.</p>

Sección	Talud	Geometría	Tratamiento
			Banco 3: Dos (2) filas de anclajes activos, cada una compuesta por dos torones de 5/8", tensados a 300 kN. La longitud total de los anclajes es de 25 m, con una longitud del bulbo de 10 m. La separación entre los anclajes es de 2m tanto horizontal como verticalmente.
Se aplica el mismo tratamiento de la sección A	Corte 3	La geometría será de 0,75H:1V en todos los cortes, con bancos de 10 m de altura y bermas de 3 m de ancho.	Banco 1: Cuatro (4) filas de soil nailing con barra No 10, con una longitud total de 15 m. La separación entre los anclajes es de 2 m, tanto horizontal como verticalmente. Adicionalmente, se proponen 2 filas de drenes sub-horizontales con longitud de 23m, separados 2m horizontal y verticalmente, dispuestos al tres bolillo.
Se aplica el mismo tratamiento de la sección A	Corte 4	La geometría será de 0,75H:1V en todos los cortes, con bancos de 10 m de altura y bermas de 3 m de ancho.	Banco 1: Cuatro (4) filas de soil nailing con barra No 10, con una longitud total de 15 m. La separación entre los anclajes es de 2 m, tanto horizontal como verticalmente. Adicionalmente, se proponen 2 filas de drenes sub-horizontales con longitud de 23m, separados 2m horizontal y verticalmente, dispuestos al tres bolillo.
Se aplica el mismo tratamiento de la sección B	Corte 5	La geometría será de 0,75H:1V en todos los cortes, con bancos de 10 m de altura y bermas de 3 m de ancho.	Banco 1 y 2: Cuatro (4) filas de anclajes activos, cada una compuesta por dos torones de 5/8", tensados a 300 kN. La longitud total de los anclajes es de 25 m, con una longitud del bulbo de 10 m. La separación entre los anclajes es de 2m tanto horizontal como verticalmente. Adicionalmente, se proponen 2 filas de drenes sub-horizontales, separados 2m horizontal y verticalmente, dispuestos a los

Sección	Talud	Geometría	Tratamiento
			<p>tres bolillos. La longitud de los drenes será 35m en el banco 1 y 2.</p> <p>Banco 3: Dos (2) filas de anclajes activos, cada una compuesta por dos torones de 5/8", tensados a 300 kN. La longitud total de los anclajes es de 25 m, con una longitud del bulbo de 10 m. La separación entre los anclajes es de 2m tanto horizontal como verticalmente.</p>
Sección C	Corte temporal y MSE	<p>La geometría del corte temporal para el muro será de 0,75H:1V, con bancos de 10m de altura y bermas de 3m de ancho. El muro contará con un desplante de 0,5m por debajo de la cota 855 msnm. Este tendrá una altura total de 20 m aproximadamente. La cara del muro presentará una inclinación de 5° medido a la derecha de la línea vertical, y la base tendrá un ancho de 20,2m.</p>	<p>El muro en suelo mecánicamente estabilizado con geosintéticos fue diseñado con capas de 0,5m. La modulación de las capas del muro está planteada para la aplicación de fachadas del tipo gavión, sistemas terramesh o similar. Se reporta la resistencia a la tensión admisible genérica del geosintético, no obstante, dentro del diseño definitivo y con base en las cargas establecidas por el consultor estructural quien establecerá criterios de diseño para buscar la compatibilidad del muro con la trituradora primaria, se deberán escoger el tipo de geosintético y el tratamiento final en la cara. En la Tabla se presentan las resistencias últimas y factores de reducción considerados en el diseño (los cambios de geosintéticos deben considerar también ajustes a dichos factores).</p> <p>Estos geosintéticos se distribuyen de la siguiente manera, considerando que $z=0$ es la cota 875 m y aumenta positivamente hacia abajo. Geosintético 1 (tensión admisible 91 kN/m): Capas desde $z=0,5$ m y hasta, para un espesor de 3,6m.</p>

Sección	Talud	Geometría	Tratamiento
			<p>Geosintético 2 (125 kN/m): Capas desde z=4,1 m hasta 15,1 m aproximadamente.</p> <p>Geosintético 3 (170 kN/m): Capas desde z=15,1 m a 20,1 m.</p> <p>Las capas deberán extenderse horizontalmente, hasta el inicio de la berma de la excavación temporal superando una longitud de desarrollo mínima de 24,70 m.</p> <p>Por debajo de la cota 855 msnm aproximadamente, se deberá disponer de un colchón filtrante cuyo lleno debe estar protegido con geotextil no tejido NT 2500 o similar.</p> <p>En el trasdós de las excavaciones temporales, se debe colocar geo drenes planares.</p>

Fuente: Integral S.A, 2025.

La Tabla 3.65 y la Figura 3.130 presentan la propuesta de diseño a nivel de factibilidad del muro reforzado con geosintéticos para el sector de la Trituradora Primaria (*Primary Crusher*). En la Tabla 3.65 se detallan las especificaciones técnicas del geosintético propuesto de forma preliminar. La selección definitiva del tipo de geosintético, así como su modulación en capas, dependerá del tipo de terminación previsto para la cara del muro. En caso de optarse por una terminación tipo gavión, sistema *Terramesh* u otro similar, podrá considerarse el uso de geomallas.

Tabla 3.65 Especificaciones técnicas para geosintéticos

Propiedad	Unidad	Norma	Geo-sintético 1	Geo-sintético 2	Geo-sintético 3
Resistencia Ultima – Método de tira ancha sentido longitudinal	kN/m	ASTM D4595	160	220	300
Factor de reducción por Creed - RFCR	Adim		1,6	1,6	1,6
Factor de reducción por durabilidad a daños químicos o biológicos -RFD	Adim		1,0	1,0	1,0
Factor de reducción por daños durante instalación - RFID	Adim		1,1	1,1	1,1

Propiedad	Unidad	Norma	Geo-sintético 1	Geo-sintético 2	Geo-sintético 3
Resistencia nominal de diseño a largo plazo del refuerzo - Tal	kN/m	-	90,7	124,7	170,5

Fuente: Integral S.A, 2025.

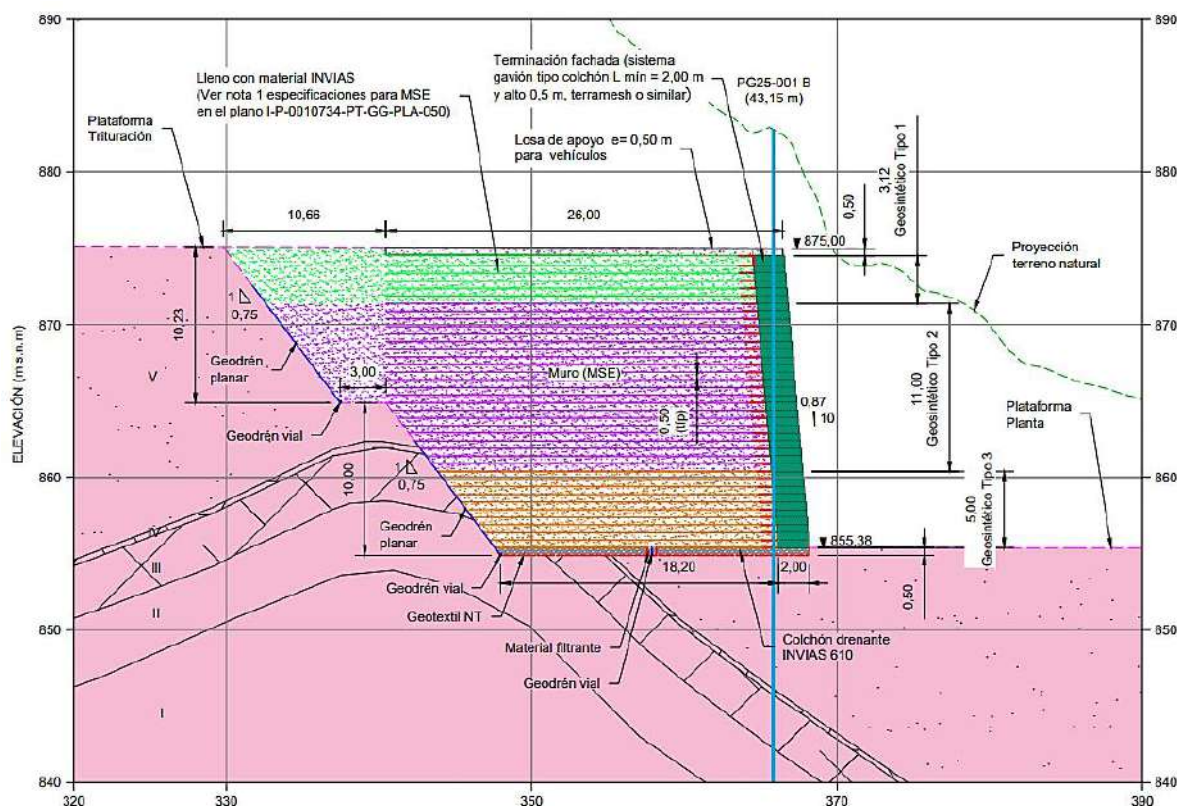


Figura 3.130 Esquema del muro en suelo mecánicamente estabilizado

Fuente: Integral S.A, 2025.

b. Plataformas Menores

Dado que el diseño de todas las Plataformas Menores contempla taludes (de corte o lleno) con alturas inferiores a 10 metros, los tratamientos de estabilización y/o manejo se clasifican dentro de la categoría de tratamientos genéricos aplicables a construcciones permanentes de hasta un solo banco.

La configuración detallada de este tipo de tratamiento consiste en la instalación de medidas de control de erosión:

- Revegetalización: se deberán revegetalizar las caras de los taludes de corte o lleno, utilizando especies nativas o con potencial de crecimiento en la zona (combinando pastos, especies rastreras y arbustos).
- Manto Permanente: adicionalmente, en caso de ser necesario, se deberá instalar un manto permanente tipo TRM 500 o similar.

3.3.2.1.2 Área de movilidad y multipropósito

En el marco del desarrollo del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se han delimitado una serie de áreas de movilidad y multipropósito, concebidas como espacios operativos esenciales para garantizar la adecuada movilidad, maniobra y soporte logístico durante la fase constructiva y en las actividades iniciales de la etapa de explotación.

Estas áreas están definidas para permitir y optimizar el tránsito, circulación y maniobrabilidad de vehículos y maquinaria especializada, así como para brindar soporte a las actividades asociadas a la construcción de la infraestructura. Su función principal es facilitar las operaciones de carga, descarga, giro, estacionamiento temporal y desplazamiento seguro de los equipos utilizados para la ejecución de obras civiles y mineras.

Adicionalmente, estas zonas cumplen un rol fundamental como espacios multipropósito, lo cual incluye:

- Áreas de acopio temporal o de tránsito, destinadas al depósito, ordenamiento y acondicionamiento temporal de materiales, insumos, tubería, estructuras metálicas, componentes de obra y demás elementos requeridos durante el montaje y construcción.
- Zonas para instalación de infraestructura temporal o móvil, necesaria para el desarrollo de las actividades constructivas, tales como bodegas provisionales, contenedores, equipos de apoyo, talleres móviles o módulos de servicios.
- Superficies habilitadas para el ensamblaje, pre-montaje o acopio transitorio de componentes, que posteriormente serán instalados de manera definitiva en otras áreas del proyecto.
- Áreas para el estacionamiento controlado de maquinaria, durante periodos cortos en los que requieran ajustes operativos, mantenimiento menor o espera operativa entre ciclos de trabajo.

Una vez culminadas las actividades constructivas o de soporte temporal, estas áreas podrán ser desmanteladas, reconfiguradas o reincorporadas al esquema de manejo territorial del proyecto, de acuerdo con los requerimientos operativos de la mina y las obligaciones de rehabilitación y manejo ambiental definidas en la licencia.

La planificación e implementación de estas áreas contribuye a:

- Optimizar los flujos de tránsito interno.
- Reducir interferencias y riesgos operativos.
- Mejorar la eficiencia logística del proyecto.
- Minimizar afectaciones por ocupación innecesaria de suelo.

- Garantizar condiciones seguras para trabajadores, maquinaria y procesos constructivos.

Estas zonas forman parte integral del desarrollo de las actividades operacionales, y se encuentran orientadas por los principios de funcionalidad, seguridad industrial, eficiencia en la movilidad interna y cumplimiento de las obligaciones ambientales aplicables.

3.3.2.1.3 Zonas de depósito

Ver numeral 3.6.1.1, Diseño de depósitos.

3.3.2.2 Infraestructura de transporte

Se presentan las principales modificaciones propuestas asociadas a las vías, con relación a la licencia ambiental vigente.

En la siguiente Figura 3.131, se presenta en color verde las vías autorizadas en la licencia vigente, y en color gris y rojo las presentadas en la actual solicitud de modificación. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-CAM-04.

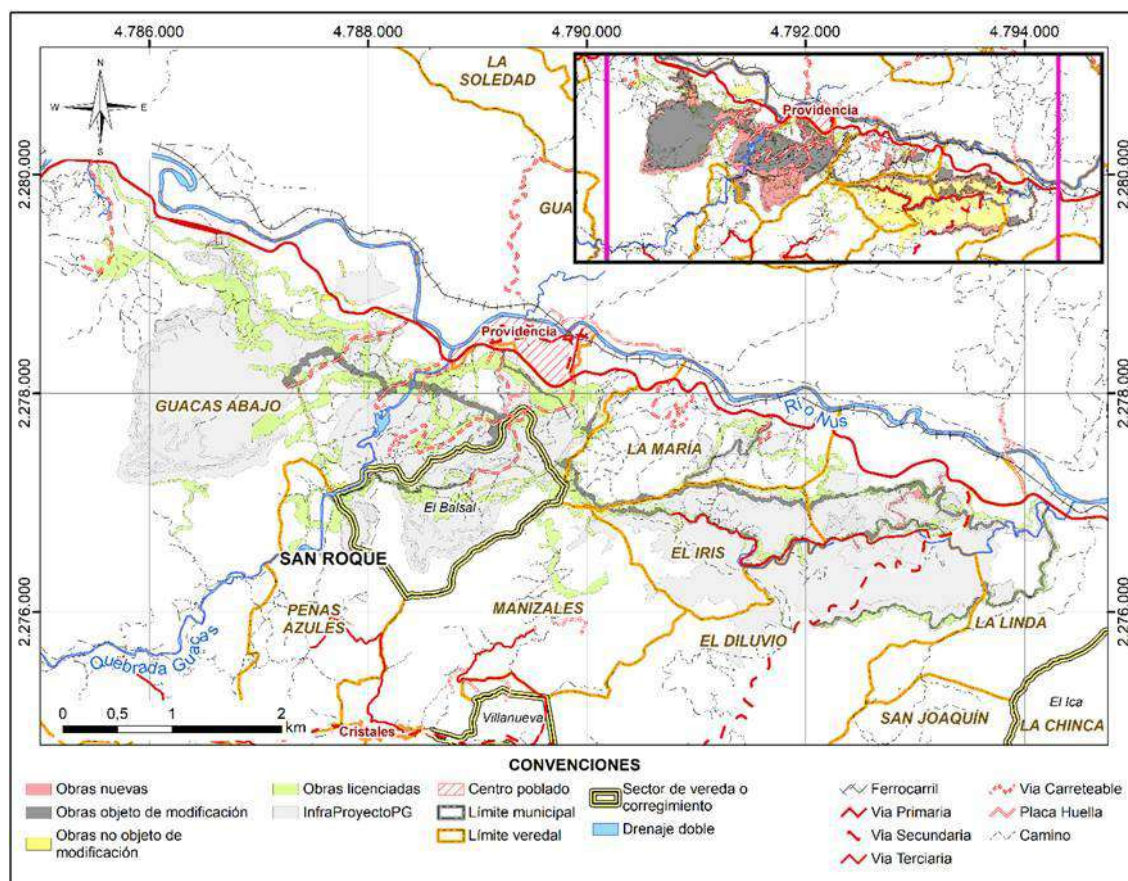


Figura 3.131 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Vías.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.66 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – vías

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado			Características del Proyecto para la Modificación		
Kilómetros lineales de Vías	70 km aproximadamente			27,2 km aproximadamente		
Área bruta del total de las vías requeridas, sin superposiciones entre obras	269,43 ha			67,96 ha		
Criterios de diseño	V.Construcción	V. Operación	Vías Mineras	V.Construcción	V. Operación	Vías Mineras
Velocidad diseño:	30 km/h	30 km/h	30 km/h	20 km/h	20 km/h	30 km/h
Clase pavimento	Afirmado	Afirmado-Asfalto	Afirmado	Afirmado	Afirmado	Afirmado
Ancho de carril (calzada 7 m)	3,5m/3,5m 5,25m/5,75m	3,5m/3,5m	12m	3,5m/3,5m	3,5m/3,5m 4,0m/4,0m 3,5m/3,5m+4m 3,5m/3,5m+5m	10,25m
Bombeo	+3,0%/-3,0%	+3,0%/-3,0%	+3,0%/-3,0%	+3,0%/-3,0%	+3,0%/-3,0%	+3,0%/-3,0%
Peralte máximo	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Radio mínimo curva	21m	21m	21m	15m	15m (25m)	21m
Tipo de curvas	Circulares	Circulares	Circulares	Circulares	Circulares	Circulares
Pendiente longitudinal Máxima	12%	8%	8%	14%	14% / 10%	10%
Pendiente longitudinal Mínima	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Longitud de curva vertical mínima	20m	20m	20m	20m	20m	20m
Ancho de cunetas	1,0m	1,0m	1,0m	1,0m	1,0m	1,0m/1,9m
Berma Ancho/Alto	--	--	5,0m/1,67m	--	--	5,0m/1,8m 4,0m/1,0m 1,5m/1,5m

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En coherencia con la relocalización de la infraestructura de soporte minero, los ajustes en las áreas de explotación y la reconfiguración de los depósitos de material, el proyecto incorpora también una optimización de la red vial interna, orientada a mejorar la eficiencia operativa, acortar las distancias de acarreo y minimizar los impactos ambientales asociados.

En este sentido, la modificación propone una disminución aproximada de 42,8 Km en la longitud total de vías internas del proyecto, y una reducción en el área de intervención bruta asociadas a estas de 201,47 ha aproximadamente, en comparación con el escenario actualmente licenciado. Esta optimización responde principalmente a la cercanía entre los frentes de explotación y las infraestructuras de procesamiento, y a la disminución de distancias de transporte de material o acarreos.

En el ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS_CIVILES_02_Vias, se presentan los planos y perfiles asociados a las vías.

Como complemento a lo mencionado, las vías del proyecto minero fueron diseñadas para una velocidad de 20 km/h, 30 km/h y 50 km/h según el tipo de vía, teniendo en cuenta las Normas Colombianas para el Diseño de Carreteras versión 2008 (MDG) y A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011, AASHTO, así como los requerimientos específicos definidos por Gramalote Colombia Limited (GCL) en la etapa de factibilidad. Según estos parámetros y teniendo presente la etapa del proyecto y el uso que se le van a dar a las diferentes vías, se decidió clasificarlas en cuatro categorías, las cuales se indican a continuación:

Vías para construcción: Son aquellas que se realizan solo para la fase de construcción del proyecto y luego se abandonan (o se utilizan poco) o se construye alguna obra encima en la fase de operación. Se diseñaron para una velocidad de 20 km/h, con un ancho de calzada de 7,00 m. La función principal de este tipo de vías es generar un acceso rápido y directo desde las vías existente a sectores de gran importancia como lo son el tajo, portales de túneles de decantación y zonas de depósito de material, entre otros. Únicamente son para el personal del proyecto. En la Figura 3.132 estas vías se presentan en color magenta.

Vías para operación: Las vías de operación son ejecutadas durante la fase de construcción y se conservan para toda la vida del proyecto mientras esté operando. Estas vías se pueden considerar como las arterias principales por las cuales se movilizarán los diferentes vehículos que tengan que circular por el proyecto en dicha fase; se diseñaron para una velocidad de 20 km/h, con un ancho de calzada de 7,00, 11,00 y 12,00 m (estos últimos anchos son requeridos para la implantación de unas tuberías de relaves).

Este tipo de vías corresponden a las arterias principales por las cuales se movilizarán los diferentes vehículos en la etapa de operación, de uso exclusivo del personal del proyecto. Dentro de estas vías también se encuentran los respectivos carriles de cambio de velocidad que conectan con la RN62, estos carriles se diseñaron con velocidad de 50 km/h. En la Figura 3.132 estas vías se presentan en color rojo.

Vías mineras: Corresponde a todas aquellas por las cuales transitará la flota minera del proyecto, conectando zonas como el tajo minero y zonas del tratamiento del material a extraer de la mina, fueron diseñadas para una velocidad de 30 km/h y presentan un ancho de calzada de 32,00 m (incluyendo bermas de protección y cunetas) ajustado para el tránsito del vehículo CAT 785; son vías de uso exclusivo del personal del proyecto. En la Figura 3.132 estas vías se presentan en color azul.

Vías para la comunidad: Estas vías, a diferencia de las anteriores, no son privadas y su uso principal es para las comunidades aledañas al proyecto, el objetivo de este tipo de obras es reponer las vías afectadas por las obras del proyecto y dejarlas en igual o mejores condiciones de las existentes. Son vías diseñadas para una velocidad de 20 km/h y presentan un ancho de calzada de 7,00 m. En la Figura 3.132 estas vías se presentan en color naranja.

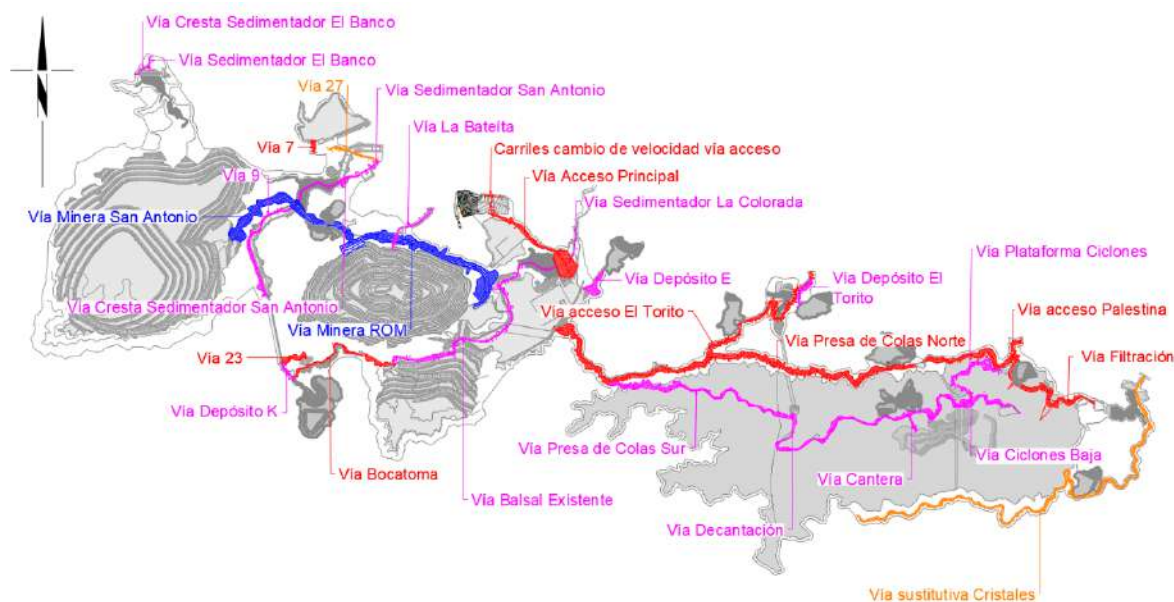


Figura 3.132 Localización general vías del proyecto

Fuente: Integral S.A, 2026.

3.3.2.2.1 Especificaciones Técnicas

A. Vías para construcción

Estas vías se requieren para permitir el acceso a las diferentes frentes de trabajo del proyecto y como su nombre lo indica, se ejecutarán y funcionarán en la etapa de construcción del proyecto. Las primeras vías que se generarán son las Pioneras, las cuales se adaptan geométricamente en la mayor parte de su trazado a las vías existentes, generando una ampliación de calzada de estas, luego se continuará con la construcción de las vías nuevas para dar acceso a los otros frentes de trabajo requeridos en la etapa de construcción del proyecto. Cabe indicar que gran parte de las vías de construcción se mantendrán como vías de operación. En la Tabla 3.67 se presentan los criterios de diseño de las vías para construcción y en la Figura 3.133 se ilustra la sección típica.

Tabla 3.67 Criterios de diseño vía para construcción

Criterio	Valor
Velocidad de diseño	20 km/h
Tipo de terreno	Montañoso
Tipo de carretera	Terciaria
Clase de pavimento	Afirmado
Vehículo de diseño	3S2 – Camión Articulado*
Ancho de carril	3,5 m / 3,5 m
Bombeo	-3,0 %/-3,0 %
Peralte máximo	6,0 %

Criterio		Valor
Radio mínimo en curva		15 m
Tipo de curvas		Circulares
Pendiente longitudinal	Máxima	14,0 %
	Mínima	0,5 %
Longitud de curva vertical mínima		20 m
Parámetro mínimo "k" en curvas verticales	Convexa	0,6
	Cóncava	2,1
Ancho de cunetas		1,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

*El camión articulado puede circular por estas vía pero con restricciones, ya que por su ancho efectivo no pueden circular en sentido contrario dos de estos vehículos a la velocidad de operación normal, uno de ellos debe disminuir la velocidad (o parar por completo) y permitir el paso del otro vehículo.

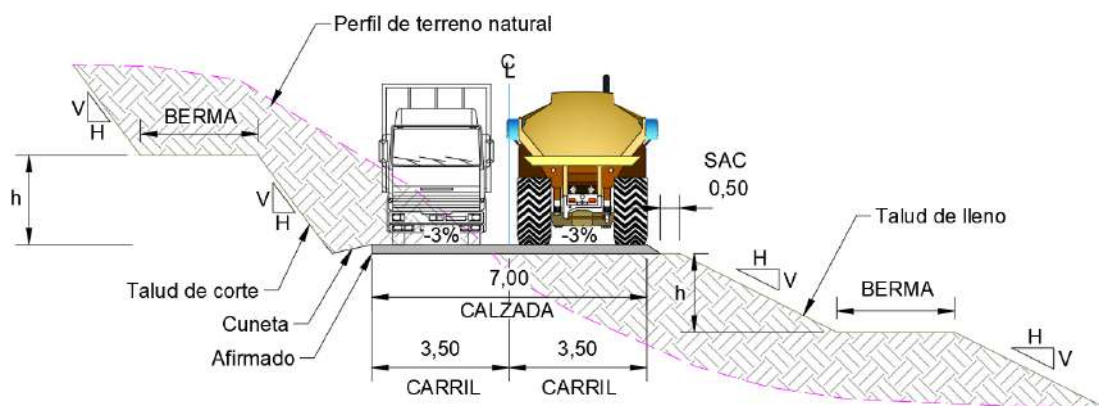


Figura 3.133 Sección típica vía para construcción – Vías con ancho de 7 metros

Fuente: Integral S.A, 2025.

B. Vías para operación

Las vías requeridas en la etapa de operación del complejo minero son las que se construyen en la etapa de construcción y continúan funcionando durante la etapa de operación, permitiendo el acceso a diferentes zonas internas del proyecto. Entre estas vías de operación también se incluyen los accesos desde y hacia la RN62 los cuales adquieren una gran importancia para generar una movilidad segura entre las zonas internas del proyecto y la vía pública, para lo cual se implementaron carriles de cambio de velocidad.

También cabe resaltar que, en estas vías, una de ellas presenta un ancho de calzada de 11,00 m lo cual se debe a que por esta vía se instalará un tramo con la tubería de conducción de colas o relaves, requiriéndose un ancho adicional de 4,00 m. Adicionalmente, se presentan vías con ancho de calzada de 8,00 m por las cuales pueden circular vehículos mineros para ingresar a la zona minera del proyecto. Los criterios de estas vías se presentan en la Tabla 3.68 y las secciones típicas en las Figura 3.134, Figura 3.135, Figura 3.136, Figura 3.137 y Figura 3.138.

Tabla 3.68 Criterios de diseño vía para operación

Criterio	Valor			
	Carriles cambio de velocidad	Ancho calzada 7 m	Ancho calzada 8 m	Ancho calzada 11 y 12 m
Velocidad de diseño	50 km/h	20 km/h		
Tipo de terreno	Montañoso			
Tipo de carretera	Primaria	Terciaria		
Clase de pavimento	Flexible	Afirmado		
Vehículo de diseño	3S2		3S2 CAT 785*	3S2
Ancho de carril	Variable	3,5 m / 3,5 m	4,0 m / 4,0 m	3,5 m / 3,5 m + 4,0 m** 3,5 m / 3,5 m + 5,0 m**
Ancho de bermas	1,0 m	-		
Berma de protección***	Ancho	-	1,0 m	-
	Alto	-	1,0 m	-
Bombeo	-2,0 % / - 2,0 %	-3,0 % / -3,0 %		
Peralte máximo	6,0%			
Radio mínimo en curva	73 m	15 m		25 m****
Tipo de curvas	Circulares			
Pendiente longitudinal	Máxima	7,0 %	14,0 %	10,0 %
	Mínima	0,5 %		14,0 %
Cota máxima	-			943 m s.n.m****
Longitud de curva vertical mínima	30 m	20 m		
Parámetro mínimo "k" en curvas verticales	Convexa	6,4	0,6	
	Cóncava	12,2	2,1	
Ancho de cunetas	1,0 m			

Fuente: Integral S.A, 2025.

*El vehículo minero puede circular por estas vía pero con restricciones, ya que por su ancho efectivo no pueden circular ningún otro vehículo.

**El ancho adicional de 4,0 y 5,0 m es requerido para la instalación de la tubería de colas o relaves.

***La berma de protección solo será implementada en las zonas donde se genere talud de lleno.

****Por condiciones de la tubería de relaves.

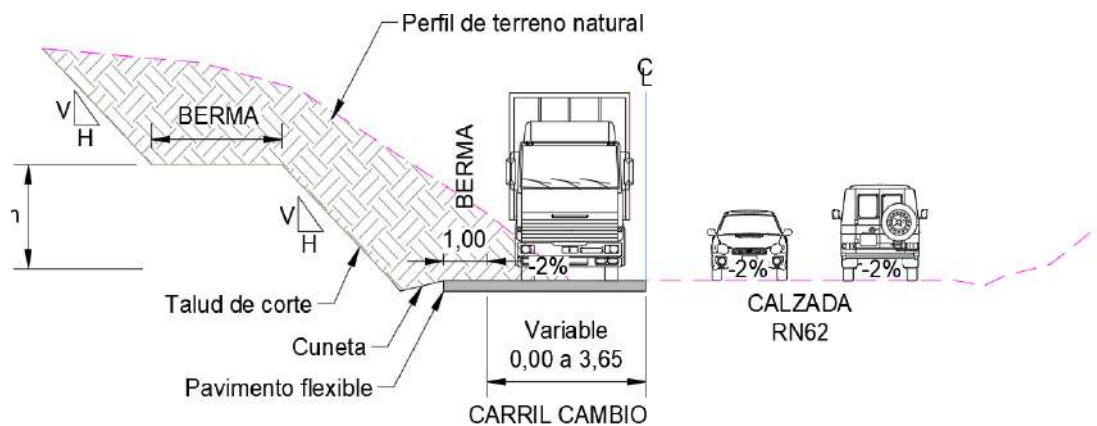


Figura 3.134 Sección típica carriles cambio de velocidad (carriles para acceder y salir a las instalaciones del proyecto)

Fuente: Integral S.A, 2025.

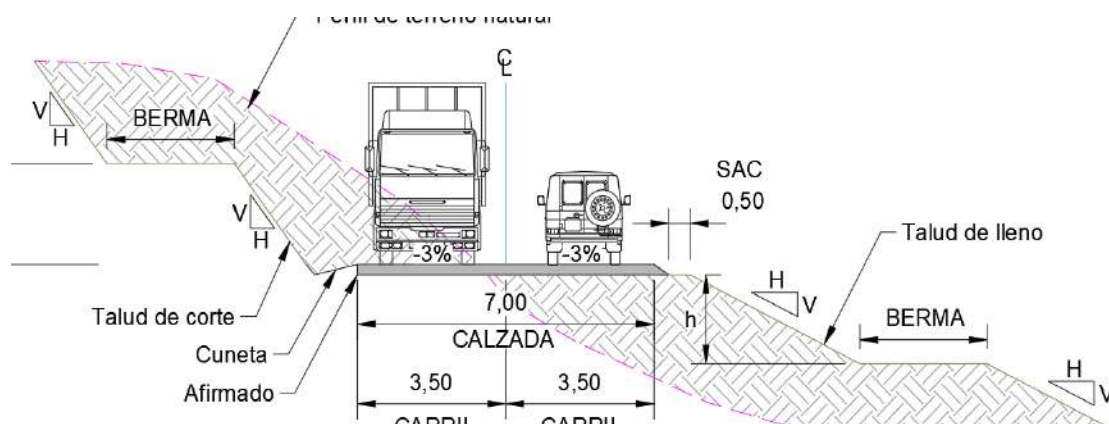


Figura 3.135 Sección típica vía para operación – Ancho 7,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

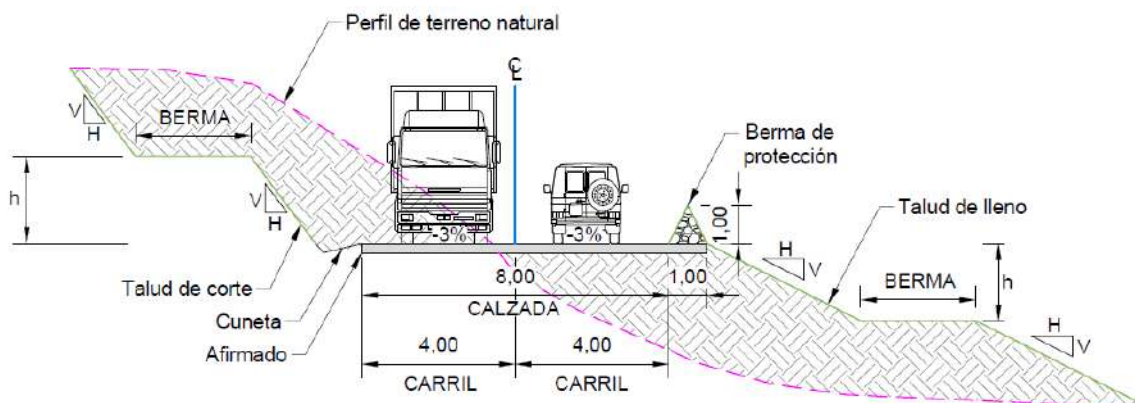


Figura 3.136 Sección típica vía para operación – Ancho 8,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

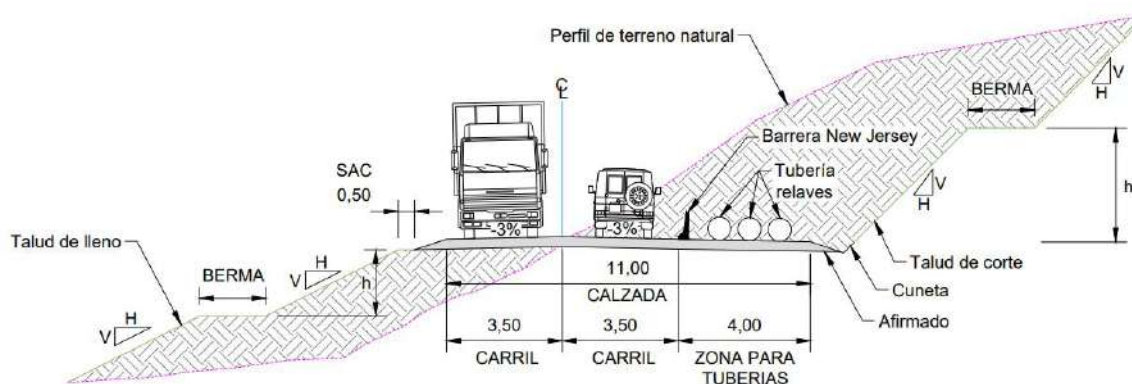


Figura 3.137 Sección típica vía para operación – Ancho de 11,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

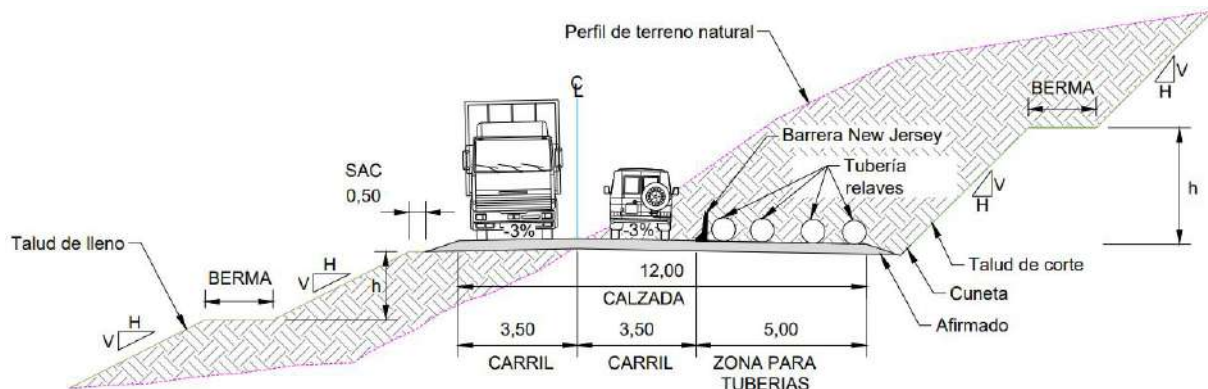


Figura 3.138 Sección típica vía para operación – Ancho de 12,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

Para las secciones de anchos de 11,0 m y 12,0 m se propone la implementación de una barrera New Jersey entre el carril vehicular y la zona donde se instalarán las tuberías de relaves.

Respecto a estas vías es importante tener en cuenta que los carriles de cambio de velocidad son diseñados según lo indicado en el MDG, capítulo 6, numeral 6.3. Para el diseño se tomó en cuenta para la RN62, una velocidad específica de 50 km/h y para las vías privadas del proyecto que conectan con la RN62 se tomó una velocidad de 25 km/h; el ancho efectivo de estos carriles debe corresponder al del carril adyacente, pero no menor de 3,30 m. Los tipos de carriles de cambio de velocidad se describen a continuación:

Carriles de aceleración

Se diseña un carril de aceleración para que los vehículos que deben incorporarse a la calzada principal puedan hacerlo con una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por ésta. Los carriles de aceleración deben ser paralelos a la calzada principal. Ver Figura 3.139.

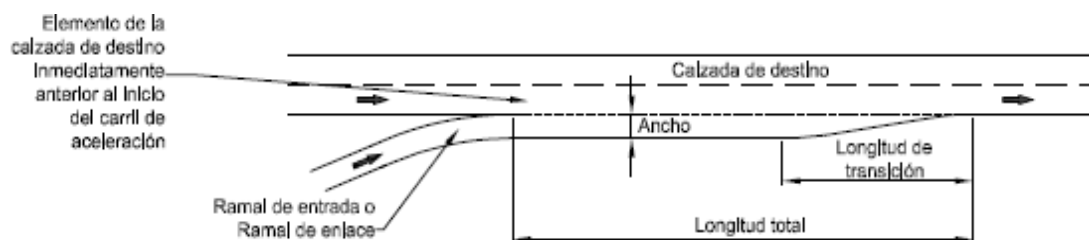


Figura 3.139 Carril de aceleración

Fuente: MDG

En la Figura 3.140 se indica las longitudes mínimas que se deben cumplir para el carril de aceleración.

VÍA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad específica del ramal de entrada ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	90	70	55	45	-	-	-
60	55	140	120	105	90	55	-	-
70	60	185	165	150	135	100	60	-
80	65	235	215	200	185	150	105	-
100	75	340	320	305	290	255	210	105
120	90	435	425	410	390	360	300	210
VÍA SECUNDARIA (CALZADA DE DESTINO)								
50	45	55	45	45	45	-	-	-
60	55	90	75	65	55	55	-	-
70	60	125	110	90	75	60	60	-
80	65	165	150	130	110	85	65	-
100	75	255	235	220	200	170	120	75
120	90	340	320	300	275	250	195	100

⁽¹⁾ Ramal de entrada en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.

⁽²⁾ Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (V_{RE})

Figura 3.140 Longitud mínima del carril de aceleración

Fuente: MDG

Carriles de desaceleración

Tienen por objeto permitir que los vehículos que vayan a ingresar en un ramal de salida o en un ramal de enlace puedan reducir su velocidad hasta alcanzar la de la calzada secundaria o la del ramal de enlace. Su utilidad se incrementa cuanto mayor sea la diferencia de velocidades. Ver Figura 3.141.

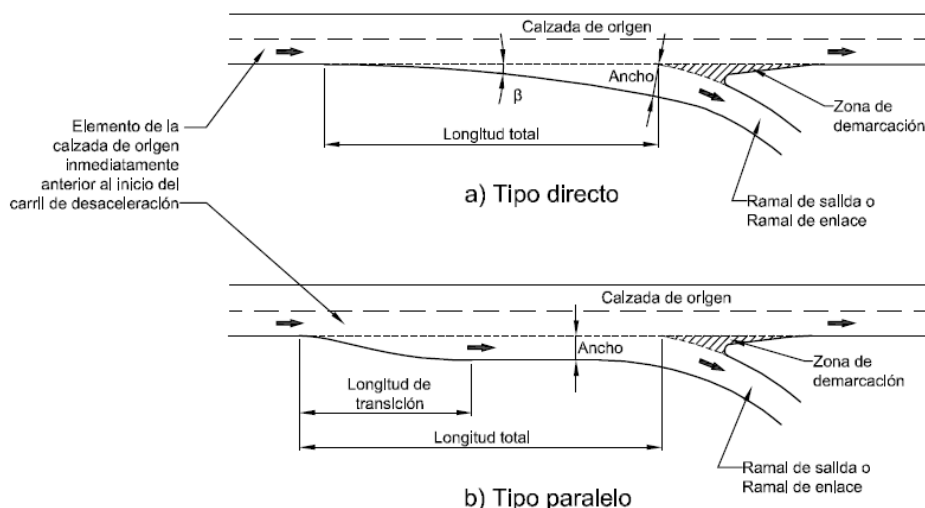


Figura 3.141 Carril de desaceleración.

Fuente: MDG

En la Figura 3.142 se indica las longitudes mínimas que se deben cumplir para el carril de desaceleración.

Velocidad específica del ramal de salida ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de origen inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de desaceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	70	50	45	45	-	-	-
60	55	90	70	70	55	55	-	-
70	60	105	90	90	75	60	60	-
80	65	120	105	105	90	75	65	-
100	75	140	125	125	110	95	80	75
120	90	160	145	145	130	130	110	90

⁽¹⁾ Ramal de salida en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.

⁽²⁾ Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (V_{RF})

Figura 3.142 Longitud mínima del carril de desaceleración

Fuente: MDG

C. Vías mineras

Las vías mineras requeridas durante la operación del proyecto, destinadas al tránsito de la flota minera, moverán el material entre los PIT's, las plantas y los depósitos de estériles. En la Tabla 3.69 se presentan los criterios de diseño de las vías mineras.

Tabla 3.69 Criterios de diseño para vías mineras

Criterio			Valor
Velocidad de diseño			30 km/h
Tipo de terreno			Montañoso
Tipo de carretera			Terciaria
Clase de pavimento			Afirmado
Vehículo de diseño			CAT 785
Ancho de carril			10,25 m
Bombeo			-3,0 % / -3,0 %
Peralte máximo			6,0 %
Radio mínimo en curva			21 m
Tipo de curvas			Circulares
Pendiente longitudinal	Máxima		10 %
	Mínima		0,5 %
Longitud de curva vertical mínima			20 m
Parámetro mínimo “k” en curvas verticales	Convexa		1,9
	Cóncava		5,1
Ancho de cunetas en tierra			1,9 m
Berma de Protección	Talud lleno	Ancho	5,0 m
		Alto	1,8 m
	Talud corte	Ancho	4,0 m
		Alto	1,0 m
Berma separadora	Ancho		1,5 m
	Alto		1,5 m
Ancho de cunetas			1,0 m

*El dique de protección implementados en las bermas de protección tienen un talud 1,00H:1,00V.
Fuente: Integral S.A, 2025.

La sección típica de la vía minera se compone de dos carriles con un ancho de 10,25 m, una ver bermas separadora de 1,50 m de ancho y hacia los taludes de lleno se genera una bermas de protección de 5,00 m de ancho, mientras que hacia los taludes de corte se genera una bermas de protección de 4,00 m de ancho más una cuneta. En la Figura 3.143 se ilustra la sección típica.

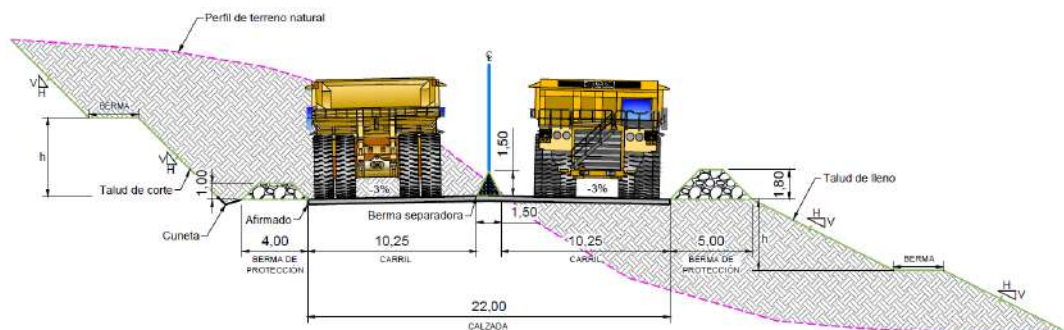


Figura 3.143 Sección Típica Vía Minera

Fuente: Integral S.A, 2025.

D. Vías para la comunidad

Debido al desarrollo de las obras que contempla el proyecto, una de las vías públicas que utilizan las comunidades aledañas al proyecto (vía que conduce a la vereda Cristales) se verá afectada por las obras del proyecto, siendo necesario generar una vía sustitutiva que permita el tránsito normal por dicha vía. En la Tabla 3.70 se presentan los criterios de diseño de las vías para la comunidad, y en la Figura 3.144 se ilustra la sección típica.

Tabla 3.70 Criterios de diseño vías de la comunidad

Criterio		Valor
Velocidad de diseño		20 km/h
Tipo de terreno		Montañoso
Tipo de carretera		Terciaria
Clase de pavimento		Afirmado
Vehículo de diseño		3S2
Ancho de carril		3,5 m / 3,5 m
Ancho de bermas		-
Bombeo		-3,0 % / -3,0 %
Peralte máximo		6,0 %
Radio mínimo en curva		15 m
Tipo de curvas		Circulares
Pendiente longitudinal	Máxima	14 %
	Mínima	0,5 %
Longitud de curva vertical mínima		20 m
Parámetro mínimo “k” en curvas verticales	Convexa	0,6
	Cóncava	2,1
Ancho de Cunetas		1,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

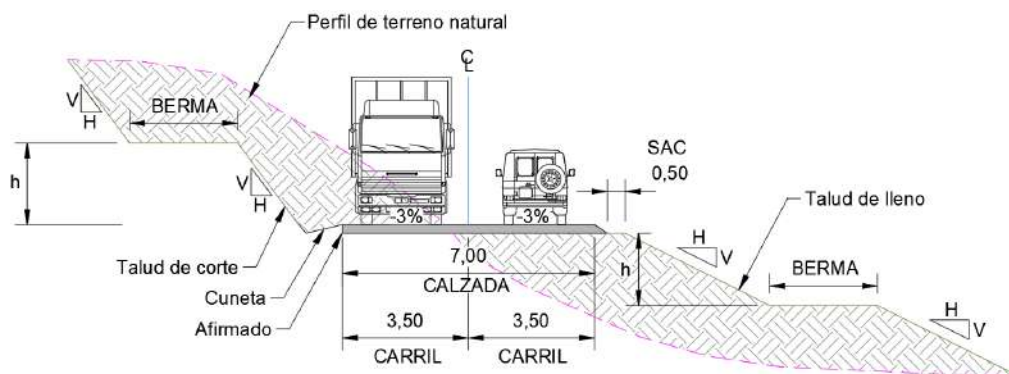


Figura 3.144 Sección típica vía para la comunidad – 7 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.2.2 Vehículo de Diseño

Para generar la adecuada movilidad por los corredores viales y para estimar las cargas que van a soportar los distintos elementos estructurales que se puedan presentar, es importante considerar el vehículo de diseño que circulará por las diferentes vías del complejo minero. A continuación, se describen los diferentes vehículos de diseño:

A. Camión C3

Uno de los vehículos de diseño para las para las vías de construcción - vías pioneras se define como camión de categoría 3 (C3) según se muestra en la Figura 3.145 y que se asocia a la maquinaria de construcción convencional, en los cuales se realizara el movimiento de materiales (material de cortes, agregados, etc.).

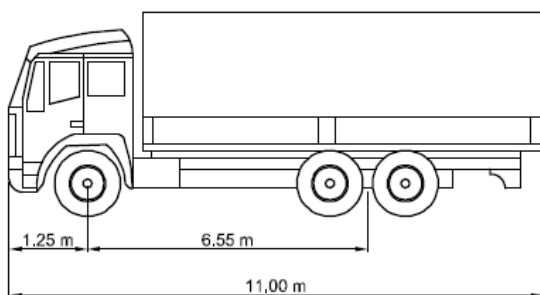
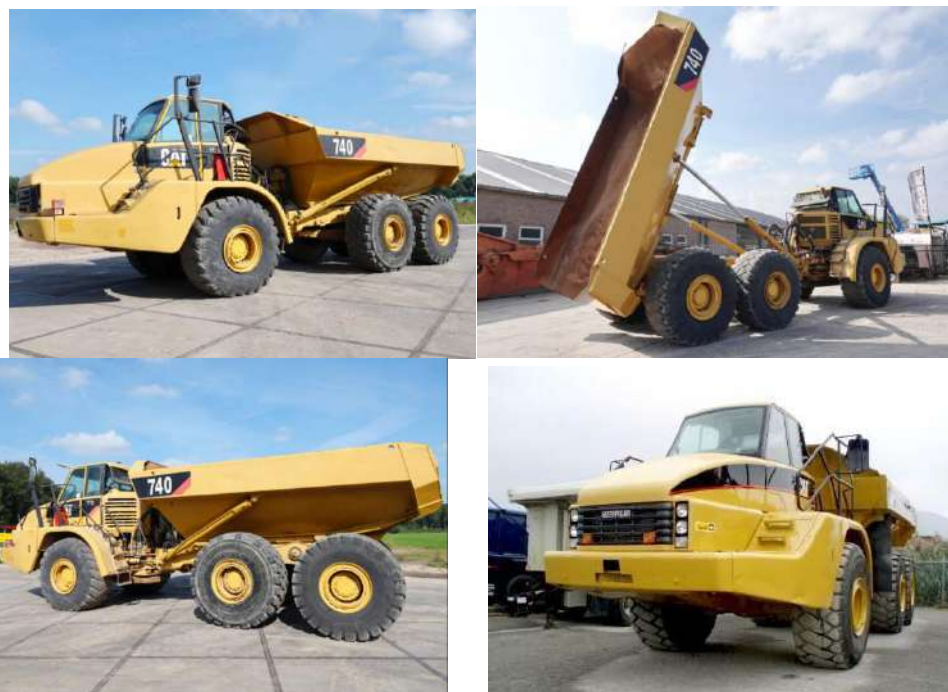


Figura 3.145 Camión categoría 3

Fuente: MDG / <https://www.maquinariadimaco.com/product-page/torton>

B. Camión Articulado

Otro de los vehículos de diseño asociado a las vías de construcción es el Camión Articulado tipo CAT 740, los cuales tienen mayor capacidad de carga y presentan mejor eficiencia en la construcción. En la Fotografía 3.14 se puede observar imágenes del vehículo y en la Figura 3.146, la Tabla 3.71, la Tabla 3.72 y la Tabla 3.73 se indican las dimensiones y especificaciones.



Fotografía 3.14 Imagen del Camión articulado tipo Cat 740

Fuente: <https://www.bossmachinery.nl/es/vehiculos/Dumper/2106/caterpillar740>

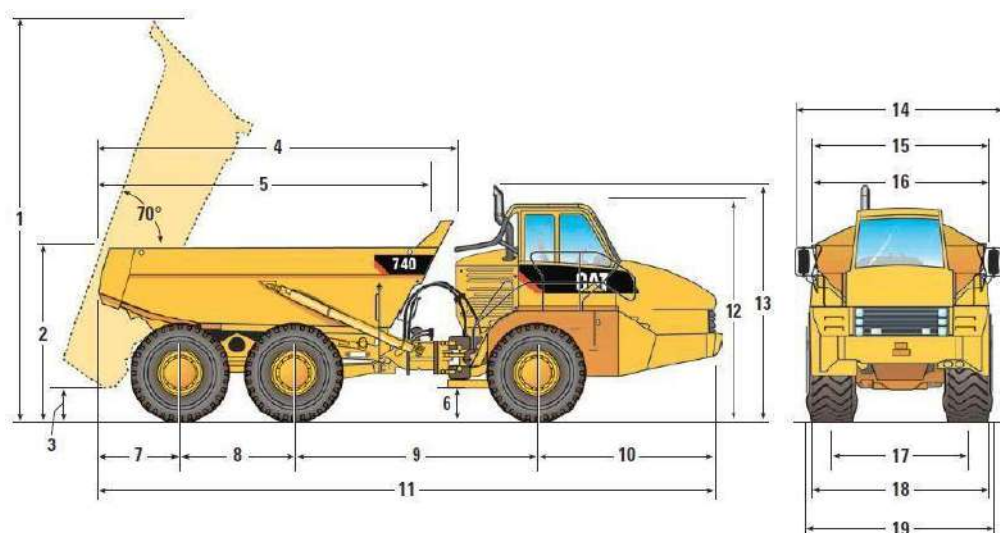


Figura 3.146 Esquema del Camión articulado tipo Cat 740

Fuente: Cartilla Caterpillar CAT 740

Tabla 3.71 Dimensiones del Camión Articulado Cat 740

Dimensión	Descripción	Medición	Medición
1	Altura total con el cuerpo volcado hacia arriba	7.092 mm	23.4 ft
2	Parte superior del Cuerpo	3.239mm	10.6ft
3	Altura libre al suelo con el cuerpo volcado hacia arriba	697mm	2.3 ft
4	Dump longitud total del cuerpo	6.288m	20.6 ft
5	Distancia dentro de la caja	5.734mm	18.8 ft
6	Distancia al suelo	577mm	1.8 ft
7	Centro del eje trasero a la caja de volteo trasero	1.458mm	4.7 ft
8	Base de rueda trasera 1.966m	1.966mm	6.4 ft
9	Distancia entre ejes delanteros	4.244mm	13.9 ft
10	Centro de Rueda delantera para paragolpe delantero	3.221mm	10.5 ft
11	Longitud máxima total	10.899mm	35.7 ft
12	Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS	3.745mm	12.3 ft
13	Altura hasta la parte superior de la pila	4.049mm	13.3 ft
14	Ancho total inc. espejos	3.823mm	12.5 ft
15	Ancho total Dump cuerpo con portón trasero	3.705mm	12.14 ft
16	Ancho del cuerpo volcado	3.418mm	11.2 ft
17	Distancia entre ruedas	2.687mm	8.8 ft
18	Ancho total de los neumáticos	3.430mm	11.2 ft
19	Hinchamiento máximo sin carga en los neumáticos	3.520mm	11.5 ft

Fuente: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C523035>

Tabla 3.72 Especificaciones Camión Articulado Cat 740

Artículo	Especificación
Potencia en el volante (kW)	350
Modelo del Motor	Cat C15
Nominal del motor RPM	1800
No hay cilindros	6
Velocidad máxima de avance (km/h)	54.7
Velocidad máxima en reversa (km/h)	11.6
Tiempo de ciclo hidráulico al levantar (seg)	12
Tiempo de ciclo hidráulico inferior (seg)	7
Capacidad del depósito	532L
Capacidad del depósito hidráulico	328L

Fuente: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C523035>

Tabla 3.73 Rendimiento Camión Articulado Cat 740

Artículo	Medición
Capacidad de descarga (con la compuerta trasera llena) (m3)	25.5
Carga total nominal (kg)	39,500
Total cargado (kg)	72,600

Artículo	Medición
Eje delantero cargado (kg)	24,600
Centro del eje cargado (kg)	24,350
Eje trasero cargado (kg)	23,650
Peso operativo vacío (kg)	33,100

Fuente: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C523035>

C. Tractocamión 3S2

El vehículo de diseño para las vías de construcción y para las vías de operación se define como un tractocamión 3S2 según se muestra en la Figura 3.147, el cual se adopta para el transporte de insumos, materiales, entre otros, y de toda la flota de maquinaria para construcción convencionales autorizados para las vías públicas.

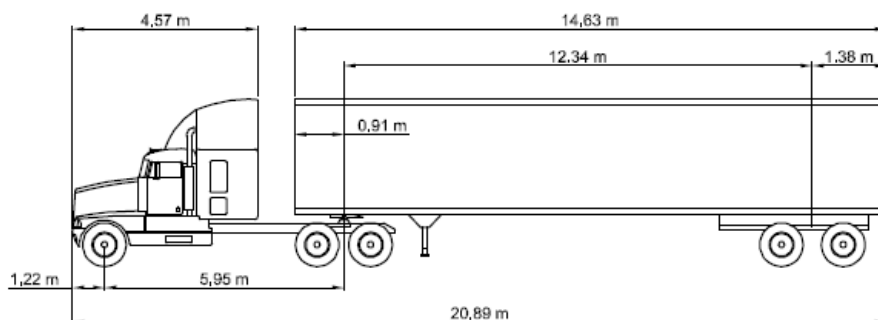


Figura 3.147 Tractocamión 3S2

Fuente: MDG / Navitrans

D. Camión Minero

El vehículo de diseño para estas vías corresponde a un CAT785 el cual es un camión específico en trabajos de minería. En la Fotografía 3.15 se observan fotografías del camión,

en la Figura 3.148 y en la Tabla 3.74 se indican las dimensiones y en la Tabla 3.75 se indican sus especificaciones.



Fotografía 3.15 Vehículo de diseño vías Mineras

Fuente: Caterpillar

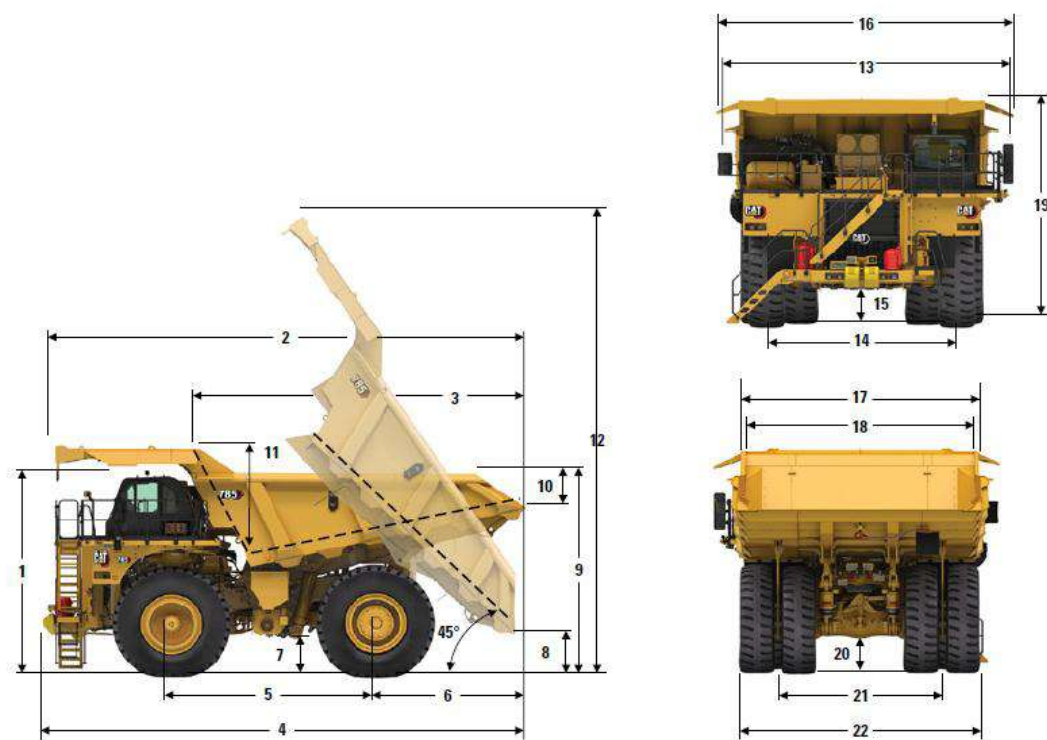


Figura 3.148 Dimensiones Caterpillar 785

Fuente: Cartilla Caterpillar Especificaciones técnicas CAT 785

Tabla 3.74 Dimensiones Caterpillar 785

Dimensión	Descripción	Medida	
1	Altura hasta parte superior de ROPS	5208 mm	17 ft 1 in
2	Longitud total de la tolva	11985 mm	39 ft 4 in
3	Longitud interior de la tolva	8318 mm	27 ft 3 in
4	Longitud total	11957 mm	39 ft 3 in
5	Distancia entre ejes	5180 mm	17 ft 0 in
6	Distancia del eje trasero a la cola	3829 mm	12 ft 7 in
7	Distancia al suelo	1004 mm	3 ft 4 in
8	Altura de descarga	1128 mm	3 ft 8 in
9	Altura de carga - Vacío	6533 mm	21 ft 5 in
10	Altura del flanco trasero	874 mm	2 ft 10 in
11	Profundidad interior de la tolva - Máxima	2790 mm	9 ft 2 in
12	Altura total- Tolva subida	12032 mm	39 ft 6 in
13	Ancho de operación	7535 mm	24 ft 9 in
14	Ancho de la línea central del neumático delantero	4850 mm	15 ft 11 in
15	Espacio libre para protección del motor	1038 mm	3 ft 5 in
16	Ancho total del dosel	7562 mm	24 ft 10 in
17	Ancho exterior de la tolva	6714 mm	22 ft 0 in
18	Ancho interior de la tolva	6010 mm	19 ft 9 in
19	Altura del toldo delantero	6035 mm	19 ft 10 in
20	Espacio libre del eje trasero	990 mm	3 ft 3 in
21	Ancho de la línea central de los neumáticos traseros dobles	4285 mm	14 ft 1 in
22	Ancho total de los neumáticos	6277 mm	20 ft 7 in

Fuente: Cartilla Caterpillar Especificaciones técnicas CAT 785

Tabla 3.75 Especificaciones Caterpillar 785

Cargas y pesos	
Carga útil nominal (neumático 33.00R51)	139 t
Carga útil nominal (neumático 36.00R51)	142 t
Peso bruto nominal del vehículo (neumático 33.00R51)	249476 kg
Peso bruto nominal del vehículo (neumático 36.00R51)	255826 kg
Peso del chasis (neumático 33.00R51)	84731 kg
Peso del chasis (neumático 36.00R51)	87631 kg
Peso de la tolva	26202 kg
Motor	
Marca del Motor	Cat
Modelo del Motor	Cat*3512E
Potencia Bruta (kW)	1193
Potencia Neta (kW)	1125
Dirección	
Ángulo de dirección	36°
Diámetro de giro (neumático 33.00R51)	29.8 m
Capacidad	
Capacidad a ras	72 m3
Capacidad colmada (SAE 2:1)	99 m3

Cargas y pesos	
Tiempo Volcado, ciclo completo	31.3 seg
Angulo de descarga	45°
Tracción	
Retroceso	11 km/h
Velocidad máxima con carga	54.8 km/h
Neumáticos	
Neumático estándar	33.00R51
Neumático optativo	36.00R51
Llantas estándar	610 mm (24")
Llantas optativas	660 mm (26")

Fuente: Cartilla Caterpillar Especificaciones técnicas CAT 785

3.3.2.2.3 Localización

A continuación, en la Tabla 3.76, se muestran las características principales y el origen – destino de cada una de las vías ya mencionadas.

Tabla 3.76 Características principales de las vías proyectadas

No	Nombre	Categoría	Coordenadas				Código
			UTM 18-N		MS Nacional		
			Norte	Este	Norte	Este	
1	Vía Sustitutiva Cristales	Comunidad	718.849	515.319	2.276.987	4.794.238	I-P-0010719-VI-DG-SCR-010-060
2	Vía Acceso Palestina	Operación	719.122	514.378	2.277.264	4.793.298	I-P-0010719-VI-DG-CPA-010
3	Vía Filtración	Operación	718.749	514.573	2.276.890	4.793.492	I-P-0010719-VI-DG-FIL-010
4	Vía Presa de Colas Sur	Construcción	718.561	514.359	2.276.703	4.793.277	I-P-0010719-VI-DG-PCS-010-050
5	Vía Decantación	Construcción	718.525	512.604	2.276.674	4.791.522	I-P-0010719-VI-DG-PCD-010
6	Vía Cantera	Construcción	718.547	513.510	2.276.693	4.792.428	I-P-0010719-VI-DG-CPA-010
7	Vía de acceso este a Estación Terminal	Operación	718.950	513.621	2.277.095	4.792.540	I-P-0010719-VI-DG-AET-010-020
8	Vía Plataforma Ciclones	Construcción	718.901	514.213	2.277.044	4.793.132	I-P-0010719-VI-DG-PCD-010
9	Vía Ciclones Baja	Construcción	718.778	513.871	2.276.922	4.792.790	I-P-0010719-VI-DG-BTC-020
10	Vía Presa de Colas Norte	Operación	719.224	510.787	2.277.380	4.789.707	I-P-0010719-VI-DG-PCN-010-050
11	Vía Acceso El Torito	Operación	719.651	512.758	2.277.800	4.791.680	I-P-0010719-VI-DG-ATO-010-020
12	Vía Depósito El Torito	Construcción	719.595	512.756	2.277.744	4.791.678	I-P-0010719-VI-DG-DTE-010
13	Vía Depósito E	Construcción	719.518	511.017	2.277.674	4.789.939	
14	Vía 27	Comunidad	720.586	509.065	2.278.749	4.787.990	NA (obra licenciada)
15	Carriles cambio de velocidad vía Acceso	Operación	720.240	510.258	2.278.399	4.789.182	I-P-0010719-VI-DG-CCV-010

No	Nombre	Categoría	Coordenadas				Código
			UTM 18-N		MS Nacional		
			Norte	Este	Norte	Este	
16	Vía Acceso Principal	Operación	720.235	510.317	2.278.393	4.789.241	I-P-0010719-VI-DG-APR-010-020
17	Vía 7	Operación	720.571	508.942	2.278.735	4.787.867	NA (obra licenciada)
18	Vía Bocatoma	Operación	718.937	509.575	2.277.098	4.788.494	I-P-0010719-VI-DG-BTC-010-020
19	Vía 23	Operación	718.980	508.890	2.277.144	4.787.809	NA (obra licenciada)
20	Vía Depósito K	Construcción	718.830	508.796	2.276.994	4.787.714	I-P-0010719-VI-DG-PGK-010
21	Vía Sedimentador La Colorada	Construcción	719.991	510.958	2.278.147	4.789.881	I-P-0010719-VI-DG-BSC-010
22	Vía Balsal Existente	Construcción	719.748	510.918	2.277.904	4.789.840	I-P-0010719-VI-DG-BEX-010-030
23	Vía La Bateíta	Construcción	720.136	509.842	2.278.296	4.788.766	I-P-0010719-VI-DG-BSC-010
24	Vía 9	Construcción	720.355	509.157	2.278.518	4.788.082	NA (obra licenciada)
25	Vía Sedimentador San Antonio	Construcción	720.508	509.439	2.278.670	4.788.364	I-P-0010719-VI-DG-SEB-010-020
26	Vía Cresta Sedimentador San Antonio	Construcción	720.381	509.200	2.278.544	4.788.125	
27	Vía Sedimentador El Banco	Construcción	721.300	507.688	2.279.469	4.786.616	
28	Vía Cresta Sedimentador El Banco	Construcción	721.232	507.686	2.279.401	4.786.614	
29	Vía Minera San Antonio	Minera	719.871	509.244	2.278.034	4.788.167	I-P-0010719-VI-DG-MSA-010-020
30	Vía Minera ROM	Minera	719.829	509.153	2.277.992	4.788.075	I-P-0010719-VI-DG-MRO-010-030

Fuente: Integral S.A, 2025

A continuación, se indican particularidades que tienen algunas de las vías:

- La vía Bocatoma presenta un canal adyacente de aguas de no contacto al costado izquierdo entre el km0+284 al km0+948.
- La vía Minera San Antonio presenta un canal adyacente de aguas de no contacto al costado izquierdo entre el km0+222 al km0+456. Adicionalmente en el km0+060 aproximadamente se tiene una batería de tubos que permite el paso del agua desviada por el canal de desviación de la quebrada Guacas.
- La vía Minera ROM tiene una batería de tubos temporal que permite el paso del agua de la quebrada Guacas existentes en el km0+350 mientras se construye el canal de desviación de la quebrada Guacas.
- La vía Presa de colas Norte es la única vía del proyecto que presenta un ancho de 11,00 m, permitiendo en un ancho de 4,00 m implementar las tuberías de relaves necesarias que van desde la plataforma la Planta a la plataforma Estación Terminal. Ver Figura 3.149.

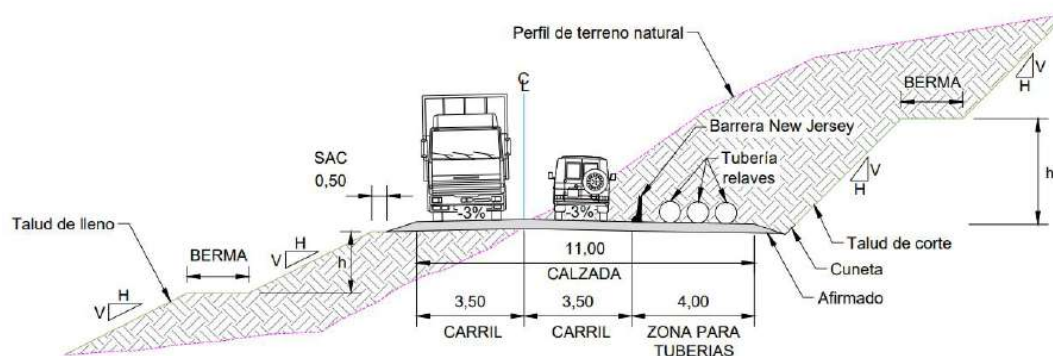


Figura 3.149 Sección típica vía para operación – Ancho de 11,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

- La vía de acceso Este a Estación Terminal y la vía Filtraciones son las únicas vías del proyecto que presentan un ancho de 12,00 m, permitiendo en un ancho de 5,00 m implementar las tuberías de relaves necesarias que van desde la plataforma Estación Terminal a la plataforma Pozo recolección de Infiltraciones. Ver Figura 3.150.

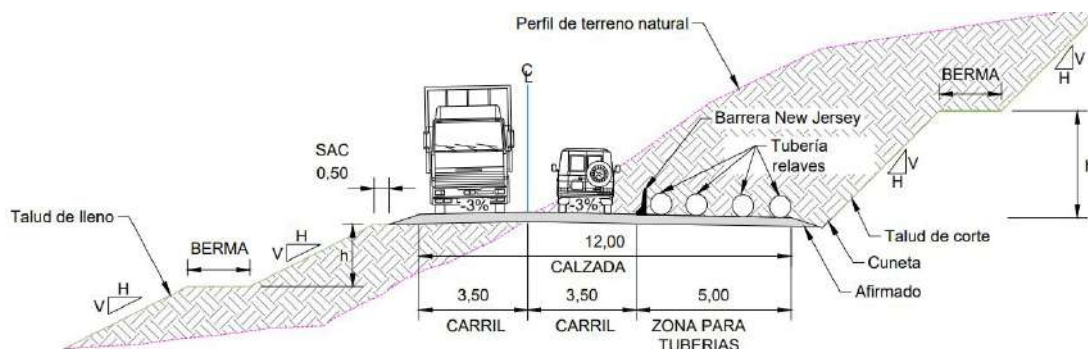


Figura 3.150 Sección típica vía para operación – Ancho de 12,0 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

- A lo largo de la vía Sustitutiva Cristales se tienen 31 muros de contención.

3.3.2.2.4 Volumen estimado de cortes y rellenos

A continuación, en la Tabla 3.77, se muestran los volúmenes, las características principales y el origen – destino de cada una de las vías ya mencionadas.

Tabla 3.77 Características principales de las vías proyectadas

No	Nombre	Longitud (m)	Área total de intervención (m2)	Volumen en banco / Corte total (m3)	Volumen en banco / Lleno total (m3)	Origen	Destino
1	Vía Sustitutiva Cristales	3.949	63,560	190,980	11,380	Ruta Nacional 62	Vía existente Cristales
2	Vía Acceso Palestina	220	4,140	12,420	10	Ruta Nacional 62	Vía de acceso este a Estación Terminal
3	Vía Filtración	539	13,820	52,730	6,050	Vía Cristales Existente	Plataforma Pozo recolección Infiltraciones
4	Vía Presa de Colas Sur	4.284	83,600	281,800	2,900	Vía Cristales Existente	Vía Presa de Colas Norte
5	Vía Decantación	43	850	2,840	0	Vía Presa de Colas Sur	Portal entrada túnel decantación (sur)
6	Vía Cantera	136	1,920	594	2,870	Vía Presa de Colas Sur	Cantera Golder
7	Vía de acceso este a Estación Terminal	1.362	42,180	248,260	16,520	Plataforma Estación Terminal	Vía Cristales Existente
8	Vía Plataforma Ciclones	538	13,420	21,570	34,130	Plataforma Estación de Regulación	Plataforma Ciclones
9	Vía Ciclones Baja	291	5,500	33,740	270	Plataforma Ciclones	Vía Presa de Colas Sur
10	Vía Presa de Colas Norte	3.345	112,270	669,820	2,170	Plataforma Planta	Plataforma Estación Terminal
11	Vía Acceso El Torito	1.424	28,250	115,490	520	Ruta Nacional 62	Vía Presa de Colas Norte
12	Vía Depósito El Torito	249	4,290	14,150	10	Vía acceso El Torito	Depósito El Torito
13	Vía Depósito E	230	9,310	38,630	90	Plataforma Planta	Depósito E
14	Vía 27	388	4,750	8,310	1,170	Ruta Nacional 62	Ruta Nacional 62
15	Carriles cambio de velocidad vía Acceso	141	720	290	80	Ruta Nacional 62	Ruta Nacional 62
16	Vía Acceso Principal	951	16,360	91,920	12,750	Carriles cambio de velocidad vía Acceso	Plataforma Planta
17	Vía 7	102	2.180	516	6.480	Ruta Nacional 62	Plataforma La Perla MEIA

No	Nombre	Longitud (m)	Área total de intervención (m2)	Volumen en banco / Corte total (m3)	Volumen en banco / Lleno total (m3)	Origen	Destino
18	Vía Bocatoma	1.032	14.480	52.940	9.360	Depósito Balsal	Vía Existente
19	Vía 23	230	6.800	24.550	80	Presa Guacas	Portal entrada desviación Guacas
20	Vía Depósito K	139	1.880	416	3.680	Vía Bocatoma	Portal entrada desviación Guacas
21	Vía Sedimentador La Colorada	250	2.140	450	180	Ruta Nacional 62	Sedimentador La Colorada
22	Vía Balsal Existente	2.126	24.600	41.070	4.890	Vía Sedimentador La Colorada	Vía Bocatoma
23	Vía La Bateíta	468	4.660	1.422	1.780	Ruta Nacional 62	PIT Gramalote
24	Vía Sedimentador San Antonio	335	3.130	640	540	Ruta Nacional 62	Vía 9 MEIA
25	Vía 9	1.398	20.460	34.343	2.799	Vía Sedimentador San Antonio	Portal salida desviación Guacas
26	Vía Cresta Sedimentador San Antonio	77	1.690	6.330	40	Vía Sedimentador San Antonio	Cresta Sedimentador
27	Vía Sedimentador El Banco	98	990	378	120	Ruta Nacional 62	Sedimentador El Banco
28	Vía Cresta Sedimentador El Banco	112	1.130	350	570	Vía Sedimentador El Banco	Cresta Sedimentador
29	Vía Minera San Antonio	1.198	71.500	527.920	257.480	Vía Minera ROM	Depósito San Antonio
30	Vía Minera ROM	1.500	106.970	428.030	603.490	Vía Minera San Antonio	Plataforma Trituración
	Total	27.155	667.550	2.902.899	982.409		

Nota: Todas las áreas fueron calculadas en UTM18N

Fuente: Integral S.A, 2025.

En la Tabla 3.78 se presenta un resumen de las vías por categoría.

Tabla 3.78 Resumen vías construcción

Ítem	Valor x categoría vía			
	Construcción	Operación	Mineras	Comunidad
Longitud total (m)	10.994	9.126	2.698	4.337
Área total de intervención (m ²)	183.710	237.060	178.470	68.310
Volumen total de corte (m ³)	491.143	1.256.516	955.950	199.290
Volumen total de lleno (m ³)	54.879	54.010	860.970	12.550

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.2.5 Estabilización de los taludes de corte y de lleno de vías

A continuación, se presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno de cada vía. Cada tabla presenta el tramo; la sección de análisis; la categoría del tratamiento de talud (sea éste de corte o de lleno) y el tratamiento recomendado. Si el tramo en estudio contiene una sección transversal de interés, el tratamiento responde a los análisis particulares correspondientes; de lo contrario, se ajusta a los tratamientos genéricos definidos según la geometría de diseño de los taludes y terraplenes.

El plano I-P-0010719-VI-GG-TGV-010-R00 presenta los tratamientos típicos recomendados para secciones genéricas aplicables a vías permanentes; el plano I-P-0010719-VI-GG-TGV-020-R00 presenta los tratamientos recomendados para secciones genéricas aplicables a vías temporales.

A. Vía Acceso Principal

Tabla 3.79 y la Tabla 3.80 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno de la vía Acceso Principal, margen izquierda y derecha respectivamente. Los planos I-P-0010719-VI-GG-APR-010-R00 e I-P-0010719-VI-GG-APR-020-R00, presentan la geología y la geomorfología de la Vía de acceso principal.

Tabla 3.79 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso Principal – Margen Izquierda

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+156 km 0+195 a km 0+215 km 0+265 a km 0+320 km 0+592 a km 0+610	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+156 a km 0+195 km 0+215 a km 0+265 km 0+485 a km 0+500	N/A	Banco 1	Corte: Inclinación	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+555 a km 0+592 km 0+610 a km 0+716			0,75H:1V Altura 10 m	
km 0+320 a km 0+485 km 0+500 a km 0+555	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.80 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso Principal – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+125 km 0+263 a km 0+320 km 0+595 a km 0+625	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+125 a km 0+263 km 0+320 a km 0+595 km 0+625 - km 0+710	N/A	Banco 1	Corte: Inclinación 0,75H:1V H: 10 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

B. Vía Minera San Antonio (Operaciones)

La Tabla 3.81 y la Tabla 3.82 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno de la vía San Antonio (Operaciones), margen izquierda y derecha respectivamente. Los planos I-P-0010719-VI-GG-MSA-010-R00 a I-P-0010719-VI-GG-MSA-050-R00, presentan la geología y la geomorfología de la Vía San Antonio.

Tabla 3.81 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera San Antonio - Margen Izquierda

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+200 km 0+460 a km 0+610 km 0+880 a km 0+965	km 0+525 km 0+925	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 5,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+200 a km 0+460 km 0+610 a km 0+880	km 0+420 km 0+710 km 1+060	Banco 1 y 2	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra) # Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal.
km 1+100 a km 1+198	km 1+130	Banco 1, 2, 3 y 4	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 5,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.82 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera San Antonio – Margen Derecha

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+085 km 0+470 a km 0+610 km 0+885 a km 0+960 km 1+140 a km 1+198	km 0+525 km 0+925	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 5,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+085 a km 0+118 km 0+150 a km 0+230 km 0+960 a km 1+140	km 1+060	Banco 1, 2 y 3	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+280 a km 0+470	km 0+420	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra # Filas= 2 de drenes de 15,0 m, 5° respecto a la horizontal.

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
		Banco 2	Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=16,0 m, LL= 10,0 m, LB= 6,0 m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal.
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=150 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 14,0 m, LB= 6,0 m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m, 5° respecto a la horizontal.
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra).
km 0+610 a km 0+885	km 0+710	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=21,0 m, LL= 11,0 m, LB= 10,0 m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
				Td=300 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=23,0 m, LL= 13,0 m, LB= 10,0 m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 filas de drenes de 26,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

C. Vía Filtración

La Tabla 3.83 y la Tabla 3.84 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno de la vía Filtración, margen izquierda y derecha respectivamente. El plano I-P-0010719-VI-GG-FIL-010-R00 presenta la geología y la geomorfología de la Vía Filtración.

Tabla 3.83 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Filtración – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+400 a km 0+500	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+130 a km 0+210 km 0+250 a km 0+275 km 0+345 a km 0+355 km 0+500 a km 0+528	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+130 km 0+210 a km 0+250 km 0+275 a km 0+345 km 0+355 a km 0+400	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.84 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Filtración – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+160 a km 0+218 km 0+232 a km 0+315 km 0+330 a km 0+360 km 0+390 a km 0+504	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+010 a km 0+160 km 0+218 a km 0+232 km 0+315 a km 0+330 km 0+360 a km 0+390 km 0+504 a km 0+539	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

D. Vía Presa de Colas Sur

La Tabla 3.85 y Tabla 3.86 Tabla 3.86 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y/o de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Presas Colas Sur respectivamente. Los planos del I-P-0010719-VI-GG-PCS-010-R00 al I-P-0010719-VI-GG-PCS-070-R00 presenta la geología y los planos del I-P-0010719-VI-GG-PCS-080-R00 al I-P-0010719-VI-GG-PCS-090-R00 presentan la geomorfología de la Vía Presa de Colas Sur.

Tabla 3.85 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presas Colas Sur – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+010 a km 0+168 km 0+297 a km 0+350 km 0+400 a km 0+417 km 0+720 a km 0+760 km 1+370 a km 1+630 km 1+908 a km 1+930 km 2+170 a km 2+213 km 2+550 a km 2+570 km 2+810 a km 2+835 km 2+870 a km 2+930 km 2+973 a km 3+023	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 3+090 a km 3+130 km 3+297 a km 3+313 km 3+393 a km 3+437 km 3+500 a km 3+595 km 3+660 a km 3+673 km 3+760 a km 3+770 km 4+177 a km 4+184				
km 0+168 a km 0+297 km 0+350 a km 0+400 km 0+417 a km 0+720 km 0+760 a km 1+370 km 1+630 a km 1+908 km 1+930 a km 2+170 km 2+213 a km 2+430 km 2+570 a km 2+810 km 2+835 a km 2+870 km 2+930 a km 2+973 km 3+023 a km 3+090 km 3+130 a km 3+297 km 3+313 a km 3+393 km 3+437 a km 3+500 km 3+595 a km 3+660 km 3+673 a km 3+760 km 3+770 a km 4+177 km 4+184 a km 4+205	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 4+205 a km 4+260	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=37,0 m, LL= 27,0 m, LB= 10,0 m # Filas= 5 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 35,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=40,0 m, LL= 30,0 m, LB= 10,0 m

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				# Filas= 5 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.86 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presas Colas Sur – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+010 a km 0+076 km 0+338 a km 0+353 km 0+408 a km 0+415 km 1+375 a km 1+400 km 1+530 a km 1+560	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 5,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+076 a km 0+170 km 0+275 a km 0+315 km 0+353 a km 0+375 km 0+415 a km 0+430 km 0+460 a km 0+490 km 0+720 a km 0+805 km 1+070 a km 1+120 km 1+220 a km 1+250 km 1+280 a km 1+375 km 1+470 a km 1+530 km 1+560 a km 1+700 km 1+895 a km 1+930 km 2+010 a km 2+255 km 2+350 a km 2+600 km 2+800 a km 2+860 km 2+925 a km 3+100 km 3+185 a km 3+210 km 3+234 a km 3+285 km 3+315 a km 3+435 km 3+460 a km 3+675	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+170 a km 0+275 km 0+650 a km 0+720 km 0+860 a km 1+070 km 1+120 a km 1+220 km 1+780 a km 1+820 km 2+665 a km 2+800	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				LT=24,0 m, LL= 14,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+315 a km 0+338 km 0+375 a km 0+408 km 0+430 a km 0+460 km 0+490 a km 0+528 km 0+542 a km 0+650 km 0+805 a km 0+860 km 1+250 a km 1+280 km 1+400 a km 1+470 km 1+700 a km 1+780 km 1+820 a km 1+895 km 1+930 a km 2+010 km 2+255 a km 2+350 km 2+600 a km 2+650 km 2+860 a km 2+925 km 3+100 a km 3+185 km 3+210 a km 3+234 km 3+285 a km 3+315 km 3+435 a km 3+460 km 4+100 a km 4+240	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx.} : 10,0 m Berma _{Mín.} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 3+675 a km 3+830	km 3+705	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx.} : 10,0 m Berma _{Mín.} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 4 torones Td=600 kN Sh x Sv = 1,8 m x 2,5 m

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				LT=24,0 m, LL= 12,0 m, LB= 12,0 m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 30,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=24,0 m, LL= 15,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 30,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=27,0 m, LL= 18,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 4 con pendiente de - 15° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 33,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=30,0 m, LL= 21,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 3 con pendiente de - 15° respecto a la horizontal
km 3+830 a km 4+100	km 3+950	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética.

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
			H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Soporte activo cable 4 torones Td=600 kN Sh x Sv = 1,8 m x 2,0 m LT=27,0 m, LL=15,0 m, LB=12,0 m # Filas= 4 de anclajes con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2 y 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=24,0 m, LL=15,0 m, LB=9,0 m # Filas= 3 de anclajes con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 30,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=27,0 m, LL=18,0 m, LB=9,0 m # Filas= 3 de anclajes con pendiente de - 20° respecto a la horizontal

Fuente: Integral S.A, 2025.

E. Vía Decantación

La Tabla 3.87 y la Tabla 3.88 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte en la margen izquierda y derecha de la vía Decantación respectivamente. El plano I-P-0010719-VI-GG-DCH-010-R00 presenta la geología y la geomorfología de la Vía Decantación.

Tabla 3.87 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Decantación – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 - km 0+043	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.88 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Decantación – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 - km 0+043	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

F. Vía Acceso Este a Estación Terminal

La Tabla 3.89 y la Tabla 3.90 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Acceso Este a Estación Terminal respectivamente. Ver planos I-P-0010719-VI-GG-AET-010-R00 e I-P-0010719-VI-GG-AET-020-R00 Geología; y plano I-P-0010734-VI-GG-AET-030-R00, geotecnia, este último incluye notas generales y notas de control de agua/erosión.

Tabla 3.89 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso este a Estación Terminal – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+020 km 0+055 a km 0+070 km 0+250 a km 0+270 km 0+850 a km 0+885	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 1+300 a km 1+362			H: 10,0 m Berma 3,0 m	
km 0+020 a km 0+055 km 0+070 a km 0+250 km 0+270 a km 0+320 km 0+680 a km 0+760 km 0+885 a km 1+300	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+320 a km 0+680	km 0+540	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=15,0 m, LL= 5,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 18,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+540 - km 0+630	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=37,0 m, LL= 27,0 m, LB= 10,0m # Filas= 5 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 35,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=40,0 m, LL= 30,0 m, LB= 10,0m # Filas= 5 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m 5° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
		Banco 3		Protección contra erosión con hidrosiembra
km 0+760 a km 0+850	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.90 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso este a Estación Terminal – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+270 a km 0+280 km 0+830 a km 0+860 km 1+065 a km 1+095 km 1+300 a km 1+362	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+195 a km 0+270 km 0+280 a km 0+830 km 1+095 a km 1+300	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+195 km 0+860 a km 1+065	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+200 a km 0+825 km 1+095 a km 1+290	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra
km 0+860 a km 1+065	km 0+970	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=15,0 m, LL= 5,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 18,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

G. Vía Plataforma Ciclones

La Tabla 3.91 y la Tabla 3.92 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Plataforma Ciclones. Ver plano I-P-0010719-VI-GG-PCI-010-R00 (Geología y geotecnia, vía plataforma ciclones)

Tabla 3.91 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Plataforma Ciclones – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+025 km 0+070 a km 0+210 km 0+250 a km 0+310 km 0+362 a km 0+370 km 0+444 a km 0+538	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+025 a km 0+070 km 0+210 a km 0+250 km 0+310 a km 0+362 km 0+370 a km 0+444	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.92 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Plataforma Ciclonos – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+134 a km 0+158 km 0+178 a km 0+208 km 0+265 a km 0+280 km 0+454 a km 0+470	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+020 a km 0+134 km 0+158 a km 0+178 km 0+280 a km 0+325 km 0+435 a km 0+454 km 0+470 a km 0+538	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+208 a km 0+265 km 0+325 a km 0+435	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

H. Vía Depósito E

La Tabla 3.93 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte de la vía Depósito E. Ver planos I-P-0010719-VI-GG-DEE-010-R00, Geología; y plano I-P-0010719-VI-GG-DEE-020-R00, geotecnia, este último incluye notas generales y notas de control de agua/erosión.

Tabla 3.93 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito E

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+230 (Margen izquierda)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+195 a km 0+230 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
			0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	
km 0+105 a km 0+195 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+050 (Margen derecha)	km 0+033	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=20,0 m, LL= 14,0 m, LB= 6,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 23,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=23,0 m, LL= 17,0 m, LB= 6,0 m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 26,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 1 torón Td=150kN

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
				Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=20,0 m, LL= 14,0 m, LB= 6,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal
		Banco 4	Corte: Geometría 0,75H:1V H: 4,3 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+050 a km 0+105 (Margen derecha)	km 0+064	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=23,0 m, LL= 17,0 m, LB= 6,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 26,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=23,0 m, LL= 17,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 26,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
		Banco 4	Corte: Geometría 0,75H:1V H: 6,2 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

I. Vía Bocatoma

La Tabla 3.94 y Tabla 3.95 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno de la vía Bocatoma en la margen izquierda y derecha respectivamente.

Ver planos I-P-0010719-VI-GG-BOC-010-R00 e I-P-0010719-VI-GG-BOC-020-R00, geología y los planos I-P-0010719-VI-GG-BOC-030-R00 e I-P-0010719-VI-GG-BOC-040-R00 planos de geotecnia para la Vía Bocatoma, estos últimos incluyen notas generales y notas de control de agua/erosión.

Tabla 3.94 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Bocatoma – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+120 km 0+260 a km 0+440 km 0+770 a km 0+790 km 0+965 a km 0+985	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+440 a km 0+565 km 0+910 a km 0+965	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=15,0 m, LL= 5,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 18,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+120 a km 0+260	km 0+220	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=150 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=12,0 m, LL= 6,0 m, LB= 6,0 m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 15,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				<p>mallas y fibra sintética.</p> <p>Soporte activo cable 2 torones</p> <p>Td=300 kN</p> <p>Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m</p> <p>LT=16,0 m, LL= 10,0 m, LB= 6,0 m</p> <p># Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal</p> <p># Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 3		<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con mallas y fibra sintética.</p> <p>Soporte activo cable 2 torones</p> <p>Td=150 kN</p> <p>Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m</p> <p>LT=15,0 m, LL= 9,0 m, LB= 6,0 m</p> <p># Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal</p> <p># Filas= 2 de drenes de 18,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+565 a km 0+770	km 0+685	Banco 1	<p>Corte:</p> <p>Geometría 0,75H:1,0V</p> <p>H_{máx}: 10,0 m</p> <p>Berma_{Mín}: 3,0 m</p>	<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con mallas y fibra sintética.</p> <p>Soporte activo cable 2 torones</p> <p>Td=300 kN</p> <p>Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m</p> <p>LT=14,0 m, LL= 8,0 m, LB= 6,0 m</p> <p># Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal</p> <p># Filas= 2 de drenes de 24,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 2		<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con mallas y fibra sintética.</p> <p>Soporte activo cable 2 torones</p> <p>Td=300 kN</p> <p>Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m</p> <p>LT=21,0 m, LL= 12,6 m, LB=0,4LT (8,4 m)</p>

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				# Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=32,0 m, LL= 19,2 m, LB=0,4LT (12,8 m) # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 36,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+790 a km 0+850	km 0+830	Banco 1		Protección contra erosión con hidrosiembra # Filas= 2 de drenes de 9,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=17,0 m, LL= 8,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=28,0 m, LL= 19,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+800 - km 0+845	km 0+830			# Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
		Banco 1		Protección contra erosión con hidrosiembra # Filas= 2 de drenes de 9,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=17,0 m, LL= 8,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=28,0 m, LL= 19,0 m, LB= 9,0 m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con hidrosiembra
km 0+850 a km 0+910	km 0+860	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Mín} : 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=11,0 m, LL=5,0 m, LB=6,0 m # Filas= 2 con pendiente de - 15° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				# Filas= 2 de drenes de 18,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=19,0 m, LL=13,0 m, LB=6,0 m # Filas= 3 con pendiente de - 15° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 30,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=150 kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=15,0 m, LL=9,0 m, LB=6,0 m # Filas= 2 con pendiente de - 15° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 18,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.95 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Bocatoma – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+095 a km 0+120 km 0+280 a km 0+445 km 0+765 a km 0+785 km 0+955 a km 0+968	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H _{máx} : 10,0 m Berma _{Min} : 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+050 km 0+120 a km 0+280 km 0+445 a km 0+765 km 0+785 a km 0+955 km 0+968 a km 0+991	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H _{máx} : 10,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
			Berma ^{Min} : 3,0 m	
km 0+050 a km 0+095	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=15,0 m, LL= 5,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 18,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

J. Vía Depósito K

La Tabla 3.96 y la Tabla 3.97 presenta la sectorización de los tratamientos para la margen izquierda y la margen derecha de los taludes de corte y de lleno de la Vía Depósito K. El plano I-P-0010719-VI-GG-DEK-010-R00 incluye geología y geotecnia para la Vía Depósito K, incluye notas generales y notas de control de agua/erosión.

Tabla 3.96 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito K – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+010 - km 0+139	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m - Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.97 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito K – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 - km 0+030 km 0+060 - km 0+139	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

K. Vía Minera ROM

La Tabla 3.98 y la Tabla 3.99 presenta la sectorización de los tratamientos para la margen izquierda y la margen derecha de los taludes de corte y de lleno de la vía minera ROM respectivamente. Los planos I-P-0010719-VI-GG-MRO-010-R00 al I-P-0010719-VI-GG-

MRO-030-R00 presentan la información geológica y los planos I-P-0010719-VI-GG-MRO-040-R00 e I-P-0010719-VI-GG-MRO-050-R00 presentan la información geotécnica.

Tabla 3.98 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera ROM – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+015 a km 0+145 km 0+270 a km 0+625 km 0+795 a km 0+845 km 1+180 a km 1+380	km 1+220 km 1+265	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 2,0H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+015 km 0+145 a km 0+270 km 1+000 a km 1+180	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+625 a km 0+795 km 0+845 a km 1+000	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.99 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Minera ROM – Margen Derecha

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 - km 0+640 km 1+020 - km 1+070 km 1+180 - km 1+425	km 1+050 km 1+220 km 1+265	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra
km 1+070 - km 1+180 km 1+425 - km 1+500	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+640 a km 1+020 (Tramo de interacción con PIT)	km 0+850	Banco 1, 2 y 3	Corte: Geometría 1,25H:1,0V	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
			H: 10,0 m Berma 3,0 m	Cuando se configuran 3 bancos de corte, en los Bancos 1 y 2 se deberán instalar 2 Filas de drenes desde la base de 20,0 m 5° respecto a la horizontal Cuando se configuran 2 bancos de corte, en el Banco 1 se deberán instalar 2 Filas de drenes desde la base de 20,0 m 5° respecto a la horizontal Cuando se configura 1 banco de corte, no requiere filas de drenajes.

Fuente: Integral S.A, 2025.

L. Vía Acceso El Torito

La Tabla 3.100 y la Tabla 3.101 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte de la vía Acceso El Torito. Los planos I-P-0010719-VI-GG-ATO-010-R00 e I-P-0010719-VI-GG-ATO-020-R00 presentan la información geológica y el plano I-P-0010719-VI-GG-ATO-030-R00 presenta la información geotécnica.

Tabla 3.100 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso El Torito – Margen Izquierda

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+010 km 0+035 a km 0+285 km 0+385 a km 0+410 km 0+460 a km 0+495 km 0+775 a km 0+810 km 0+870 a km 1+060 km 1+070 a km 1+100 km 1+205 a km 1+215	km 0+500	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+410 a km 0+420	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+515 a km 0+575 km 1+100 a km 1+205 km 1+330 a km 1+418	km 0+535	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m;

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
				LT=17,0 m, LL= 11,0 m, LB= 6,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 20,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=18,0 m, LL= 12,0 m, LB= 6,0m # Filas= 1 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 1 de drenes de 20,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H< 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+010 a km 0+035 km 0+285 a km 0+385 km 0+420 a km 0+460 km 0+495 a km 0+515 km 0+575 a km 0+775 km 0+810 a km 0+870 km 1+060 a km 1+070 km 1+205 a km 1+330	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=20,0 m, LL= 14,0 m, LB= 6,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 23,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H< 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.101 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso El Torito – Margen Derecha

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 1+365	km 0+535	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 1+365 a km 1+418	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=20,0 m, LL= 14,0 m, LB= 6,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 23,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

M. Vía Presa de Colas Norte

La Tabla 3.102 y la Tabla 3.103 presentan la sectorización de los tratamientos para la margen izquierda y la margen derecha de los taludes de corte y de lleno de la vía Presa de Colas Norte respectivamente.

La geología de la Vía Presa de Colas Norte se presenta en los planos I-P-0010719-VI-GG-PCN-010-R00 al I-P-0010719-VI-GG-PCN-060-R00 y la geotecnia se presenta en los planos del I-P-0010719-VI-GG-PCN-060-R00 al I-P-0010719-VI-GG-PCN-080-R00.

Tabla 3.102 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presa de Colas Norte – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+230 km 0+355 a km 0+370 km 0+508 a km 0+515	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+620 a km 0+635				
km 0+035 a km 0+065 km 0+160 a km 0+205 km 0+230 a km 0+355 km 0+370 a km 0+508 km 0+570 a km 0+620 km 0+635 a km 1+305 km 3+150 a km 3+345	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+065 a km 0+160	km 0+122	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	De acuerdo con el potencial de formación de cuñas, se deberá aplicar pernos de 1" localizados con malla de alambre de acero de alto límite elástico (área de taludes en roca por tratar es de aproximadamente el 40%, separación horizontal y vertical de 2,0 m)
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=15,0 m, LL= 6,0 m, LB= 9,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 18,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética.

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				<p>Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=16,0 m, LL= 6,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 19,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+520 a km 0+570 km 1+305 a km 1+340 km 1+420 a km 1+480 km 1+908 a km 1+930 km 3+050 a km 3+100	N/A	Banco 1	Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 1+930 a km 2+720	km 2+005	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=21,0 m, LL= 12,0 m, LB= 9,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=24,0 m, LL= 14,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=27,0 m, LL= 17,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 30,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 1+340 a km 1+420 km 1+480 a km 1+908 km 2+720 a km 2+810	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=37,0 m, LL= 27,0 m, LB= 10,0m # Filas= 5 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				35,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=40,0 m, LL= 30,0 m, LB= 10,0m # Filas= 5 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 2+810 a km 3+050	km 2+905	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=17,0 m, LL= 8,0 m, LB= 9,0m # Filas= 3 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 20,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=26,0 m, LL= 16,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de -20° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				# Filas= 2 de drenes de 29,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=30,0 m, LL= 20,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 33,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.103 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Presa de Colas Norte – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+022 a km 0+050 km 1+235 a km 3+155 km 3+240 a km 3+345	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+050 a km 0+220	km 0+122	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 11,0 m, LB= 9,0m # Filas= 3 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 23,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética.

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				<p>Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,5 m x 2,5 m LT=18,0 m, LL= 8,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 4		<p>Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)</p>
km 0+520 a km 0+600 km 0+630 a km 0+690	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=37,0 m, LL= 27,0 m, LB= 10,0m # Filas= 5 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 35,0 m 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 2		<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 1,8 m LT=40,0 m, LL= 30,0 m, LB= 10,0m # Filas= 5 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m 5° respecto a la horizontal</p>
		Banco 3		<p>Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)</p>
km 0+600 a km 0+630 km 0+715 a km 1+230 km 3+155 a km 3+240	N/A	Banco 1	Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	<p>Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m</p>

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+225 a km 0+385	km 0+335			# Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
		Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=17,0 m, LL= 8,0 m, LB= 9,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 20,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 23,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=23,0 m, LL= 13,0 m, LB= 10,0m # Filas= 3 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 26,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+385 a km 0+520	km 0+475	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=18,0 m, LL= 9,0 m, LB= 9,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=21,0 m, LL= 12,0 m, LB= 9,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 4 torones Td=600kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=30,0 m, LL= 18,0 m, LB= 12,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 33,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 4		Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,5 m LT=30,0 m, LL= 21,0 m, LB= 9,0m # Filas= 4 con pendiente de - 20° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
		Banco 5		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

N. Carriles Cambio de Velocidad vía acceso

La Tabla 3.104 presenta la sectorización de los tratamientos para la margen derecha de los taludes de corte de la vía Carriles Cambio de Velocidad. La geología de la Vía Carriles Cambio de Velocidad se presenta en el plano I-P-0010719-VI-GG-CCV-010-R00.

Tabla 3.104 Resumen de sectorización de tratamiento – Carriles Cambio de Velocidad vía acceso – Margen Derecha

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+015 km 0+105 a km 0+130	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+015 a km 0+040 km 0+088 a km 0+105 km 0+130 a km 0+141	N/A	Banco 1	Corte: Banco 1: Inclinación 0,75H:1V - Altura 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

O. Vía Sedimentador La Colorada

La Tabla 3.105 y la Tabla 3.106 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Sedimentador La Colorada. La geología de la vía Sedimentador La Colorada se presenta en el plano I-P-0010719-VI-GG-SCO-010-R00.

Tabla 3.105 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador La Colorada – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+030 - km 0+066	N/A	Banco 1	Corte: Banco 1: Geometría 0,75H:1V Altura 10 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+066 a km 0+250	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.106 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador La Colorada – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+015 - km 0+081	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

P. Vía Sedimentador San Antonio

La Tabla 3.107 y la Tabla 3.108 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Sedimentador San Antonio. El plano I-P-0010719-VI-GG-SSA-010-R00 presenta la información geológica de la Vía Sedimentador San Antonio.

Tabla 3.107 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador San Antonio – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+005 a km 0+050 km 0+175 a km 0+190 km 0+300 a km 0+335	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+050 a km 0+100 km 0+190 a km 0+285	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V H: 10 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.108 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador San Antonio – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+005 a km 0+070 km 0+083 a km 0+115 km 0+135 a km 0+240 km 0+270 a km 0+335	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+070 a km 0+083 km 0+115 a km 0+135 km 0+240 a km 0+270	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V H: 10 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Q. Vía Sedimentador El Banco

La Tabla 3.109 y la Tabla 3.110 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Sedimentador El Banco. La geología para la Vía Sedimentador El Banco se detalla en el plano I-P-0010719-VI-GG-SBA-010-R00.

Tabla 3.109 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador El Banco – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+010 - km 0+098	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con hidrosiembra

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.110 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sedimentador El Banco – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+030 km 0+040 a km 0+060	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+035	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V H: 10 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

R. Vía La Bateita

La Tabla 3.111 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de lleno de la vía Bateita. La geología de la Vía La Bateita se presenta en el plano I-P-0010719-VI-GG-BAT-010-R00.

Tabla 3.111 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía La Bateita

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+045 km 0+060 a km 0+098 km 0+115 a km 0+130	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+225 a km 0+370 km 0+390 a km 0+435 (Margen Izquierda)				
km 0+045 a km 0+060 km 0+098 a km 0+115 km 0+130 a km 0+225 km 0+370 a km 0+390 km 0+435 a km 0+468 (Margen Izquierda)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+468 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

S. Vía Depósito El Torito

La Tabla 3.112 y la Tabla 3.113 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Depósito Torito. El plano I-P-0010719-VI-GG-DTO-010-R00 presenta la geología de la Vía Depósito El Torito.

Tabla 3.112 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito Torito – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+105	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
				# Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+105 a km 0+249	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.113 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Depósito Torito – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+040 a km 0+248	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

T. Vía Ciclones Baja

La Tabla 3.114 y la Tabla 3.115 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Ciclones Baja. La geología de la Vía Ciclones Baja se presenta en el plano I-P-0010719-VI-GG-CBA-010-R00.

Tabla 3.114 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Ciclones Baja – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+165 a km 0+195	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+165 km 0+195 a km 0+285	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.115 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Ciclonés Baja – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+220	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+220 a km 0+285	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

U. Vía Balsal Existente

La Tabla 3.116 y la Tabla 3.117 presentan la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y de lleno en la margen izquierda y derecha de la vía Balsal Existente. Los planos del I-P-0010719-VI-GG-BEX-010-R00 al I-P-0010719-VI-GG-BEX-060-R00 presentan la geología de la Vía Balsal Existente.

Tabla 3.116 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Balsal Existente – Margen Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+020 a km 0+320 km 0+360 a km 0+370 km 0+420 a km 0+575 km 0+705 a km 0+750 km 0+860 a km 1+075 km 1+100 a km 1+145 km 1+180 a km 1+325 km 1+390 a km 1+425 km 1+455 a km 1+500 km 1+550 a km 1+640 km 1+765 a km 1+775 km 2+080 a km 2+090	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+020 km 0+320 a km 0+360 km 0+370 a km 0+420 km 0+575 a km 0+705 km 0+750 a km 0+860 km 1+075 a km 1+100 km 1+145 a km 1+180 km 1+325 a km 1+390 km 1+425 a km 1+455 km 1+500 a km 1+550 km 1+640 a km 1+765 km 1+775 a km 2+080 km 2+090 a km 2+126	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.117 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Balsal Existente – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+040 a km 0+145 km 0+230 a km 0+370 km 0+385 a km 0+410 km 0+435 a km 0+460 km 0+595 a km 0+715 km 0+745 a km 0+755 km 1+000 a km 1+225 km 1+415 a km 1+585 km 1+600 a km 1+640	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+040 km 0+145 a km 0+230 km 0+370 a km 0+385 km 0+410 a km 0+435 km 0+460 a km 0+595 km 0+715 a km 0+745 km 0+755 a km 1+000 km 1+225 a km 1+415 km 1+585 a km 1+600 km 1+640 a km 2+126	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

V. Vía Sustitutiva Cristales

La Tabla 3.118 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte de la vía Sustitutiva Cristales.

Los planos del I-P-0010719-VI-GG-SCR-010-R00 al I-P-0010719-VI-GG-SCR-060-R00 presentan la geología; los planos I-P-0010719-VI-GG-SCR-070-R00 al I-P-0010719-VI-GG-SCR-110-R00 presentan la geomorfología incluyendo el manejo de las aguas y la erosión.

Tabla 3.118 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Sustitutiva Cristales

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+035 a km 0+055 km 1+510 a km 1+525 km 2+550 a km 2+570 km 2+780 a km 2+800 km 2+915 a km 2+930 km 2+980 a km 3+000 km 3+060 a km 3+095	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+005 a km 0+035 km 0+055 a km 0+400 km 0+460 a km 0+625 km 0+700 a km 0+785 km 0+850 a km 1+160 km 1+300 a km 1+510 km 1+675 a km 2+000 km 2+115 a km 2+140 km 2+165 a km 2+550 km 2+570 a km 2+780 km 2+800 a km 2+915 km 2+930 a km 2+980 km 3+000 a km 3+060 km 3+095 a km 3+190 km 3+320 a km 3+620 km 3+745 a km 3+949	km 0+330	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+400 a km 0+460	km 0+435	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=22,0 m, LL= 13,0 m, LB= 9,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 25,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=18,0 m, LL= 12,0 m,

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
				LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+625 a km 0+700	km 0+660	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 1 torón Td=150kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=12,0 m, LL= 6,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 15,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+785 a km 0+850	km 0+824	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=16,0 m, LL= 10,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 19,0 m, 5° respecto a la horizontal

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 1+160 a km 1+300	km 1+260	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 1 torón Td=150kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=8,0 m, LL= 2,0 m, LB= 6,0m # Filas= 1 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 1 de drenes de 15,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 1+525 a km 1+675	km 1+650	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 1 torón Td=150kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=10,0 m, LL= 4,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 15,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 2+000 a km 2+115 km 2+140 a km 2+165	km 2+070	Banco 1	Corte: Geometría	Protección contra la erosión con concreto

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
			0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=23,0 m, LL= 17,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 26,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 3+190 a km 3+240	km 3+210	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=21,0 m, LL= 15,0 m, LB= 6,0m # Filas= 3 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 24,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 3+240 a km 3+320	km 3+280	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H< 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=25,0 m, LL= 19,0 m, LB= 6,0m

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
				# Filas= 1 con pendiente de -20° respecto a la horizontal
km 3+620 a km 3+745	km 3+654	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 1 torón Td=150kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=10,0 m, LL= 4,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 15,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+030 a km 0+060 km 0+150 a km 0+200 km 1+470 a km 1+535 km 2+200 a km 2+230 km 3+885 a km 3+930 (Margen derecha)	N/A	Banco 1, 2 y 3	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+005 a km 0+030 km 0+060 a km 0+150 km 0+200 a km 1+470 km 1+535 a km 2+200 km 2+230 a km 3+885 km 3+930 a km 3+949 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

W.Vía Cresta Sedimentador San Antonio

La Tabla 3.119 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte en la margen izquierda de la vía Acceso Palestina y, asimismo, en la Tabla 3.120 se presentan los tratamientos para la margen derecha.

El plano I-P-0010719-VI-GG-CSA-010-R00 presenta la geología de la Vía Cresta Sedimentador San Antonio.

Tabla 3.119 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Cresta Sedimentador San Antonio – Margen Izquierda

Tramo	Sección de Análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+035	km 0+330	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+035 a km 0+077	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 3 torones Td=450kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=22,0 m, LL= 13,0 m, LB= 9,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 25,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m; LT=18,0 m, LL= 12,0 m, LB= 6,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 21,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 3	Corte: Geometría 0,75H:1V Berma: 3,0 m H<10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.120 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Cresta Sedimentador San Antonio – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+015 a km 0+025	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+025 a km 0+071	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1V Berma: 3,0 m H: 10 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

X. Vía Cresta Sedimentador El Banco

La Tabla 3.121 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte y/o lleno en la margen derecha e izquierda de la vía Cresta Sedimentador El Banco. El plano I-P-0010719-VI-GG-CSB-010-R00 presenta la geología de la Vía Cresta Sedimentador El Banco.

Tabla 3.121 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Cresta Sedimentador El Banco – Márgenes Derecha e Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+015 km 0+060 a km 0+070 km 0+090 a km 0+112	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+015 a km 0+060 km 0+070 a km 0+090	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Y. Vía Acceso Palestina

La Tabla 3.122 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte en la margen derecha de la vía Acceso Palestina. La geología de la Vía Acceso Palestina se presenta en el plano I-P-0010719-VI-GG-PLT-010-R00.

Tabla 3.122 Resumen de sectorización de tratamiento – Vía Acceso Palestina – Margen Derecha

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+020 (Margen izquierda)	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+020 a km 0+185 (Margen izquierda)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+010 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+010 a km 0+045 km 0+095 a km 0+170 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+045 a km 0+095 km 0+170 a km 0+220 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 4 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m, 5° respecto a la horizontal
		Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Z. Vía Cantera

La Tabla 3.123 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de corte en la margen derecha e izquierda de la vía Cantera. Ver plano I-P-0010719-VI-GG-CNT-010-R00 con geología de la Vía Cantera.

Tabla 3.123 Resumen de sectorización de tratamientos – Vía Cantera – Márgenes Derecha e Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+136 (Margen izquierda)	N/A	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+000 a km 0+120 (Margen derecha)				
km 0+120 a km 0+136 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A, 2025.

AA. Vía Plataforma Ciclones

La Tabla 3.124 presenta la sectorización de los tratamientos para la estabilización de los taludes de lleno y de corte en la margen derecha e izquierda de la vía Plataforma Ciclones.

Tabla 3.124. Resumen de sectorización de tratamientos – Vía Plataforma Ciclonos – Márgenes Derecha e Izquierda

Tramo	Sección de análisis	Tratamiento		
km 0+000 a km 0+538 (Margen izquierda)	0+150	Banco 1	Lleno: Geometría 1,5H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)
km 0+330 a km 0+450 (Margen derecha)	N/A	Banco 1	Corte: Geometría 0,75H:1,0V H: 10,0 m Berma 3,0 m	Protección contra la erosión con concreto lanzado con malla y fibra sintética. Soporte activo cable 2 torones Td=300kN Sh x Sv = 2,0 m x 2,0 m LT=20,0 m, LL= 10,0 m, LB= 10,0m # Filas= 2 con pendiente de -20° respecto a la horizontal # Filas= 2 de drenes de 27,0 m 5° respecto a la horizontal
	N/A	Banco 2		Protección contra erosión con revegetalización (hidrosiembra)

Fuente: Integral S.A., 2025

3.3.2.2.6 Obras Hidráulicas sobre cuerpos de agua

Los sistemas de agua de escorrentía juegan un papel importante en el mantenimiento de la infraestructura garantizando un bajo mantenimiento de las vías y plataformas, y controlando y mitigando los impactos en la dinámica fluvial de los cuerpos de aguas que cruzan el proyecto.

El diseño comienza con la prevención de la entrada de aguas superficiales provenientes de afuera de la zona minera (aguas de no contacto) utilizando rondas de coronación, cunetas, canales y obras de cruce y filtros. Las obras de drenaje del proyecto se diseñaron con los criterios especificados en la Tabla 3.125.

Tabla 3.125 Crecientes de diseño (años) asociadas a los tipos de obras de drenaje propuestos

Obra	Tipo de vía				
	Vías internas			Vías públicas	
	Para construcción	Para operación	Mineras	Nacionales	Departamentales, Municipales o Veredales
	Período de retorno (años)				
Cunetas	2,33 (En tierra apisonada)	5 (Concreto)	5 (Concreto)	5 (Concreto)	5 (Concreto)
Rondas de coronación solo para taludes de más de 5 m de altura	10	10	10	10	10
Obra de cruce menores (badenes, tuberías y alcantarillas de cajón)	Tubería con capacidad de caudal medio del mes de invierno	25 años de periodo de retorno para flujo libre y chequeadas a presión para 100 años de periodo de retorno cumpliendo con normas de las corporaciones regionales y ANLA.			
Pontones	(Ver la nota 2)	100	100	100	100
Puentes	(Ver la nota 3)	100	100	100	100
Estructuras de caída	Según obra de cruce				
Drenaje subsuperficial	No se requiere	2	2	2	2

Fuente: Integral S. A., 2025.

Notas:

1. Todas las obras de drenaje serán calculadas utilizando las curvas IDF (Intensidad, duración y frecuencia) ya obtenidas para el proyecto en el capítulo de caracterización hidrológica del MEIA.
2. Las tuberías de tendrán un diámetro mínimo por mantenimiento de 900 mm (36 pulgadas). Y en los cauces que serán cruzados solo por vías provisionales se plantearán bádenes con o sin tubos de paso para el flujo medio, dependiendo de las alturas de flujo encontradas.
3. En las vías para construcción o industriales no se proyectarán puentes. En caso de requerirse, se plantearán bádenes con baterías de tubos.
4. En las vías para construcción se emplearán baterías de tubos o alcantarillas de cajón según las condiciones del sitio para facilitar la construcción de estas obras.

Dentro de la zonas donde se realizan operaciones mineras (Plataformas de servicio, Plataforma ROM, Depósito El Balsal y Depósito San Antonio), las precipitaciones serán conducidas a través de canales y zanjias hacia los sumideros de fondo del PIT y luego bombeadas a la presa de colas, y en el caso de los depósito y plataformas las aguas contactadas irán hacia los sedimentadores El Banco, San Antonio y La Colorada, donde se retendrán los sedimentos y luego las aguas serán descargadas al río Nus por medio del antiguo cauce natural, este esquema de tratamiento tiene ventajas porque no seca el cauce natural, y las aguas que saldrán de los sedimentadores con los determinantes de la cuenca sin los sedimentos que arrastre de las zonas mineras, o sea las aguas no serán parte de ningún proceso químico de la separación del oro.

Lo anterior, es relevante porque los diseños de los sedimentadores se realizaron para que las aguas de escorrentía no causen efectos adversos y significativos en la dinámica fluvial y calidad de aguas de los cauces aguas abajo. Los sedimentadores entregarán las aguas cumpliendo con los requerimientos de la resolución 631 de 2015 al río Nus y acorde con la calidad actual de dichos cauces, garantizando que en el punto de descarga no se exceda 50 mg/l. Todos los sedimentadores cuentan con un vertedero con la capacidad de dejar pasar las crecientes de hasta 500 años de periodo de retorno y serán diseñados para tratar los caudales medios de invierno de cada cauce.

En términos generales, para la construcción de las vías y plataformas del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, las obras de arte comprenden alcantarillas, cunetas, rondas de coronación, filtros, y sedimentadores, las cuales serán construidas para el control del drenaje en las diferentes obras del Proyecto. Los detalles de las obras que se construirán para el manejo del agua superficial se detallan en el ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS_HIDRAULICAS_OBRAS DREN (ver Tabla 3.126).

Tabla 3.126 Obras de drenajes y sedimentadores

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
AET_01	Vía de acceso este a estación terminal	4.793.020,06	2.277.181,96	0,9		Construcción y operación
AET_02	Vía de acceso este a estación terminal	4.793.445,08	2.276.913,63	1,5		Construcción y operación
ATO_01	Vía acceso El Torito	4.790.958,57	2.277.236,46	0,9		Construcción y operación
ATO_02	Vía acceso El Torito	4.791.005,55	2.277.251,46	0,9		Construcción y operación
ATO_03	Vía acceso El Torito	4.791.073,72	2.277.279,90	0,9		Construcción y operación
ATO_04	Vía acceso El Torito	4.791.119,86	2.277.309,83	0,9		Construcción y operación
ATO_05	Vía acceso El Torito	4.791.237,95	2.277.432,15	0,9		Construcción y operación
ATO_06	Vía acceso El Torito	4.791.400,38	2.277.509,38	0,9		Construcción y operación
ATO_07	Vía acceso El Torito	4.791.394,63	2.277.455,29	0,9		Construcción y operación
ATO_10	Vía acceso El Torito	4.791.477,69	2.277.476,55	1,2		Construcción y operación
ATO_11	Vía acceso El Torito	4.791.543,57	2.277.571,47	0,9		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
ATO_12	Vía acceso El Torito	4.791.682,04	2.277.772,81	0,9		Construcción y operación
BAT_01	Vía la Bateita	4.788.691,66	2.278.193,34	0,9		Construcción y operación
BAT_02	Vía la Bateita	4.788.583,30	2.278.151,81	1,5		Construcción y operación
BEX_01	Vía Balsal Existente	4.788.911,35	2.277.180,83	0,9		Construcción
BEX_02	Vía Balsal Existente	4.788.521,10	2.277.149,57	2	2	Construcción y operación
BOC_01	Vía Bocatoma	4.787.731,62	2.277.015,23	0,9		Construcción y operación
BOC_02	Vía Bocatoma	4.788.477,25	2.277.097,38	2	2	Construcción y operación
BOC_03	Vía Bocatoma	4.787.863,75	2.277.095,04	Canal		Construcción y operación
BOC_04	Vía Bocatoma	4.788.097,45	2.277.199,57	Canal		Construcción y operación
CAN_01	Vía Cantera	4.792.430,09	2.276.680,73	1,5		Construcción
CPC_01	Canal perimetral La Colorada	4.789.352,16	2.277.165,21	Canal		Construcción y operación
CPC_02	Canal perimetral La Colorada	4.789.445,38	2.277.260,48	Canal		Construcción y operación
CPC_03	Canal perimetral La Colorada	4.789.581,26	2.277.297,42	Canal		Construcción y operación
CPC_04	Canal perimetral La Colorada	4.789.751,30	2.277.569,88	Canal		Construcción y operación
DEE_01	Vía Depósito E	4.790.001,49	2.277.690,17	0,9		Construcción y operación
DEE_02	Vía Depósito E	4.790.053,58	2.277.755,59	0,9		Construcción y operación
FIL_01	Vía Filtración	4.793.569,19	2.276.801,91	0,9		Construcción y operación
FIL_02	Vía Filtración	4.793.697,47	2.276.804,09	0,9		Construcción y operación
MAY_01	Plataforma la Mayoría	4.789.152,71	2.278.262,01	1,5		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
MRO_01	Vía minera ROM	4.789.158,59	2.277.727,75	0,9		Construcción y operación
PAL_01	Vía Acceso Palestina	4.793.223,34	2.277.211,85	0,9		Construcción y operación
PCI_01	Vía Plataforma Ciclones	4.792.784,61	2.276.996,87	0,9		Construcción
PCI_02	Vía Plataforma Ciclones	4.792.917,38	2.277.089,98	0,9		Construcción
PCI_03	Vía Plataforma Ciclones	4.793.023,68	2.277.115,28	0,9		Construcción
PCN_01	Vía Presa de Colas Norte	4.789.882,49	2.277.294,52	0,9		Construcción y operación
PCN_02	Vía Presa de Colas Norte	4.789.905,04	2.277.155,79	0,9		Construcción y operación
PCN_03	Vía Presa de Colas Norte	4.789.941,29	2.277.124,23	0,9		Construcción y operación
PCN_04	Vía Presa de Colas Norte	4.790.013,68	2.277.069,22	0,9		Construcción y operación
PCN_05	Vía Presa de Colas Norte	4.790.076,32	2.276.990,17	0,9		Construcción y operación
PCN_06	Vía Presa de Colas Norte	4.790.147,41	2.276.955,71	0,9		Construcción y operación
PCN_08	Vía Presa de Colas Norte	4.791.022,56	2.277.143,66	0,9		Construcción y operación
PCN_09	Vía Presa de Colas Norte	4.791.175,79	2.277.165,05	0,9		Construcción y operación
PCN_09	Vía Presa de Colas Norte	4.790.858,62	2.277.084,59	0,9		Construcción y operación
PCN_10	Vía Presa de Colas Norte	4.791.267,11	2.277.158,63	0,9		Construcción y operación
PCN_11	Vía Presa de Colas Norte	4.791.357,87	2.277.118,09	0,9		Construcción y operación
PCN_12	Vía Presa de Colas Norte	4.791.447,20	2.277.080,39	0,9		Construcción y operación
PCN_13	Vía Presa de Colas Norte	4.791.479,77	2.277.059,28	0,9		Construcción y operación
PCN_14	Vía Presa de Colas Norte	4.791.566,85	2.277.025,41	0,9		Construcción y operación
PCN_15	Vía Presa de Colas Norte	4.791.628,34	2.277.021,76	0,9		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
PCN_16	Vía Presa de Colas Norte	4.791.681,22	2.277.025,55	0,9		Construcción y operación
PCN_17	Vía Presa de Colas Norte	4.791.732,39	2.277.036,30	0,9		Construcción y operación
PCN_18	Vía Presa de Colas Norte	4.791.783,57	2.277.007,48	0,9		Construcción y operación
PCN_19	Vía Presa de Colas Norte	4.791.823,92	2.276.991,82	0,9		Construcción y operación
PCN_20	Vía Presa de Colas Norte	4.791.931,41	2.277.013,21	0,9		Construcción y operación
PCN_21	Vía Presa de Colas Norte	4.792.062,47	2.276.964,20	0,9		Construcción y operación
PCN_22	Vía Presa de Colas Norte	4.792.107,64	2.277.011,15	0,9		Construcción y operación
PCN_23	Vía Presa de Colas Norte	4.792.158,39	2.277.035,62	0,9		Construcción y operación
PCS_01	Vía Presa de Colas Sur	4.790.208,50	2.276.939,11	0,9		Construcción
PCS_02	Vía Presa de Colas Sur	4.790.273,58	2.276.926,07	0,9		Construcción
PCS_03	Vía Presa de Colas Sur	4.790.307,44	2.276.914,79	0,9		Construcción
PCS_04	Vía Presa de Colas Sur	4.790.373,90	2.276.928,13	0,9		Construcción
PCS_05	Vía Presa de Colas Sur	4.790.405,21	2.276.924,83	0,9		Construcción
PCS_06	Vía Presa de Colas Sur	4.790.492,31	2.276.910,65	0,9		Construcción
PCS_07	Vía Presa de Colas Sur	4.790.535,22	2.276.895,34	0,9		Construcción
PCS_08	Vía Presa de Colas Sur	4.790.634,36	2.276.916,56	0,9		Construcción
PCS_09	Vía Presa de Colas Sur	4.790.665,92	2.276.931,48	0,9		Construcción
PCS_10	Vía Presa de Colas Sur	4.790.721,87	2.276.914,38	0,9		Construcción
PCS_11	Vía Presa de Colas Sur	4.790.806,26	2.276.895,33	0,9		Construcción
PCS_12	Vía Presa de Colas Sur	4.790.882,60	2.276.887,20	0,9		Construcción

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
PCS_13	Vía Presa de Colas Sur	4.791.037,10	2.276.894,12	0,9		Construcción
PCS_14	Vía Presa de Colas Sur	4.791.074,09	2.276.890,18	0,9		Construcción
PCS_15	Vía Presa de Colas Sur	4.791.112,90	2.276.849,29	0,9		Construcción
PCS_16	Vía Presa de Colas Sur	4.791.183,48	2.276.808,27	0,9		Construcción
PCS_17	Vía Presa de Colas Sur	4.791.277,77	2.276.764,21	0,9		Construcción
PCS_18	Vía Presa de Colas Sur	4.791.373,48	2.276.740,43	0,9		Construcción
PCS_19	Vía Presa de Colas Sur	4.791.534,32	2.276.672,16	0,9		Construcción
PCS_20	Vía Presa de Colas Sur	4.791.527,60	2.276.530,55	0,9		Construcción
PCS_21	Vía Presa de Colas Sur	4.791.596,73	2.276.446,25	0,9		Construcción
PCS_22	Vía Presa de Colas Sur	4.791.730,12	2.276.509,13	0,9		Construcción
PCS_23	Vía Presa de Colas Sur	4.791.944,28	2.276.672,03	0,9		Construcción
PCS_24	Vía Presa de Colas Sur	4.792.134,53	2.276.626,70	0,9		Construcción
PCS_25	Vía Presa de Colas Sur	4.792.222,11	2.276.674,32	0,9		Construcción
PCS_27	Vía Presa de Colas Sur	4.792.486,20	2.276.716,07	0,9		Construcción
PCS_28	Vía Presa de Colas Sur	4.792.512,36	2.276.724,25	0,9		Construcción
PCS_30	Vía Presa de Colas Sur	4.792.650,72	2.276.798,45	0,9		Construcción
PCS_31	Vía Presa de Colas Sur	4.792.663,43	2.276.833,37	0,9		Construcción
PCS_32	Vía Presa de Colas Sur	4.792.691,62	2.276.844,41	0,9		Construcción
PCS_33	Vía Presa de Colas Sur	4.792.761,69	2.276.813,28	0,9		Construcción
PCS_34	Vía Presa de Colas Sur	4.792.937,94	2.276.813,00	0,9		Construcción

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
PCS_35	Vía Presa de Colas Sur	4.792.999,82	2.276.844,68	0,9		Construcción
PCS_36	Vía Presa de Colas Sur	4.793.025,74	2.276.809,75	0,9		Construcción
SCR_01	Vía Sustitutiva Cristales	4.794.218,67	2.276.960,13	1,5		Construcción
SCR_02	Vía Sustitutiva Cristales	4.794.233,24	2.276.487,23	0,9		Construcción y operación
SCR_03	Vía Sustitutiva Cristales	4.794.172,43	2.276.359,80	0,9		Construcción y operación
SCR_04	Vía Sustitutiva Cristales	4.794.183,82	2.276.224,20	0,9		Construcción y operación
SCR_05	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.679,66	2.276.065,40	0,9		Construcción y operación
SCR_06	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.471,37	2.275.973,50	0,9		Construcción y operación
SCR_07	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.399,82	2.275.939,27	0,9		Construcción y operación
SCR_08	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.304,66	2.275.959,35	0,9		Construcción y operación
SCR_09	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.209,34	2.275.867,76	0,9		Construcción y operación
SCR_10	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.167,90	2.275.851,92	0,9		Construcción y operación
SCR_11	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.133,36	2.275.891,81	1,2		Construcción y operación
SCR_12	Vía Sustitutiva Cristales	4.793.026,22	2.275.974,94	0,9		Construcción y operación
SCR_13	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.919,75	2.276.017,03	0,9		Construcción y operación
SCR_14	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.855,42	2.276.046,10	0,9		Construcción y operación
SCR_15	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.771,66	2.276.040,58	0,9		Construcción y operación
SCR_16	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.644,21	2.275.990,46	1,2		Construcción y operación
SCR_17	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.478,61	2.275.941,07	0,9		Construcción y operación
SCR_18	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.411,50	2.275.917,91	1,5		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
SCR_19	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.261,71	2.275.914,58	0,9		Construcción y operación
SCR_20	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.218,64	2.275.888,61	0,9		Construcción y operación
SCR_21	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.103,84	2.275.876,94	1,5		Construcción y operación
SCR_22	Vía Sustitutiva Cristales	4.792.047,56	2.275.899,52	1,5		Construcción y operación
D-SAN-1	Depósito San Antonio	4.786.683,00	2.278.741,16	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-SAN-2	Depósito San Antonio	4.786.891,75	2.278.708,00	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-SAN-5	Depósito San Antonio	4.787.344,52	2.278.071,37	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-SAN-4	Depósito San Antonio	4.787.351,60	2.278.308,69	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-SAN-3	Depósito San Antonio	4.787.451,18	2.278.544,92	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-E-1	Depósito E	4.790.380,21	2.278.022,03	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-R-1	Depósito R	4.791.052,06	2.277.628,42	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-TRT-1	Depósito El Torito	4.791.835,04	2.277.627,31	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-L-1	Depósito L	4.792.463,15	2.277.265,25	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-O-1	Depósito O	4.793.412,73	2.276.995,31	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-K-1	Depósito K	4.787.723,12	2.276.962,30	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
D-BLS-1	Depósito El Balsal	4.789.181,38	2.277.213,26	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
P-PLANTA-1	Plataforma Planta	4.789.398,79	2.277.800,67	Alcantarillado de aguas lluvias de la plataforma		Construcción y operación
D-W	Depósito W	4.788.105,46	2.278.095,68	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-BSL-2	Depósito El Balsal	4.789.056,33	2.277.306,85	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-G-1	Depósito G	4.792.218,31	2.276.684,08	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
D-M-1	Depósito M	4.793.881,49	2.276.285,25	Sistema de drenajes del ZODME		Construcción y operación
PIT-1	Tajo Gramalote	4.787.924,13	2.277.842,06	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
V-MR-1	Vía Minera ROM	4.788.417,06	2.278.126,89	1,8		Construcción
V-MR-2	Vía Minera ROM	4.788.597,55	2.278.095,83	Pequeña vaguada tapada por el lleno de la vía		Construcción y operación
PIT-2	Tajo Gramalote	4.788.371,19	2.278.000,53	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
V-MR-3	Vía Minera ROM	4.788.892,47	2.277.993,86	Pequeña vaguada tapada por el lleno de la vía		Construcción y operación
V-MR-4	Vía Minera ROM	4.788.963,37	2.277.919,63	Pequeña vaguada tapada por el lleno de la vía		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
P-TRITURA	Plataforma Trituración	4.789.042,17	2.277.601,16	Drenajes internos de la plataforma		Construcción y operación
PIT-10	Tajo Gramalote	4.788.889,55	2.277.376,66	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
PIT-9	Tajo Gramalote	4.788.855,36	2.277.360,40	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
PIT-8	Tajo Gramalote	4.788.723,99	2.277.334,13	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
PIT-7	Tajo Gramalote	4.788.625,57	2.277.312,86	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
PIT-6	Tajo Gramalote	4.788.523,82	2.277.259,48	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
P-MYA-1	Plataforma La Mayoría	4.789.169,59	2.278.351,46	Drenajes internos de la plataforma		Construcción y operación
P-CAMP-2	Plataforma Campamentos y Oficinas	4.789.226,83	2.278.065,07	Drenajes internos de la plataforma		Construcción y operación
P-CAMP-1	Plataforma Campamentos y Oficinas	4.789.236,11	2.277.964,05	Drenajes internos de la plataforma		Construcción y operación
PIT-3	Tajo Gramalote	4.788.582,13	2.277.980,47	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
PIT-4	Tajo Gramalote	4.788.636,06	2.277.957,57	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
PIT-5	Tajo Gramalote	4.789.014,42	2.277.788,70	Sistema de drenajes del PIT		Construcción y operación
P-PLANTA-2	Plataforma Planta	4.789.868,13	2.278.084,74	Drenajes internos de la plataforma		Construcción y operación

Nombre ocupación cauce	Nombre Infraestructura	Este	Norte	Base o Diámetro (m)	Altura (m)	Temporalidad
PTAR	PTAR	4.790.084,72	2.278.543,26	Tubo de descarga que ocupa la llanura de inundación de la colorada y descarga al río Nus		Construcción y operación
Quebrada La Colorada	Canal La Colorada	4.790.084,91	2.278.549,28	0,9		Construcción, operación y cierre
Quebrada San Antonio	Canal San Antonio - Guacas	4.788.410,31	2.278.765,87	0,9		Construcción

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.2.7 Sedimentadores

A continuación, se presentan las principales modificaciones propuestas asociadas los sedimentadores, con relación a la licencia ambiental vigente.

En la siguiente figura, se presenta en color verde los sedimentadores autorizados en la licencia vigente, y en color gris y rojo los presentados en la actual solicitud de modificación. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-CAM-05.

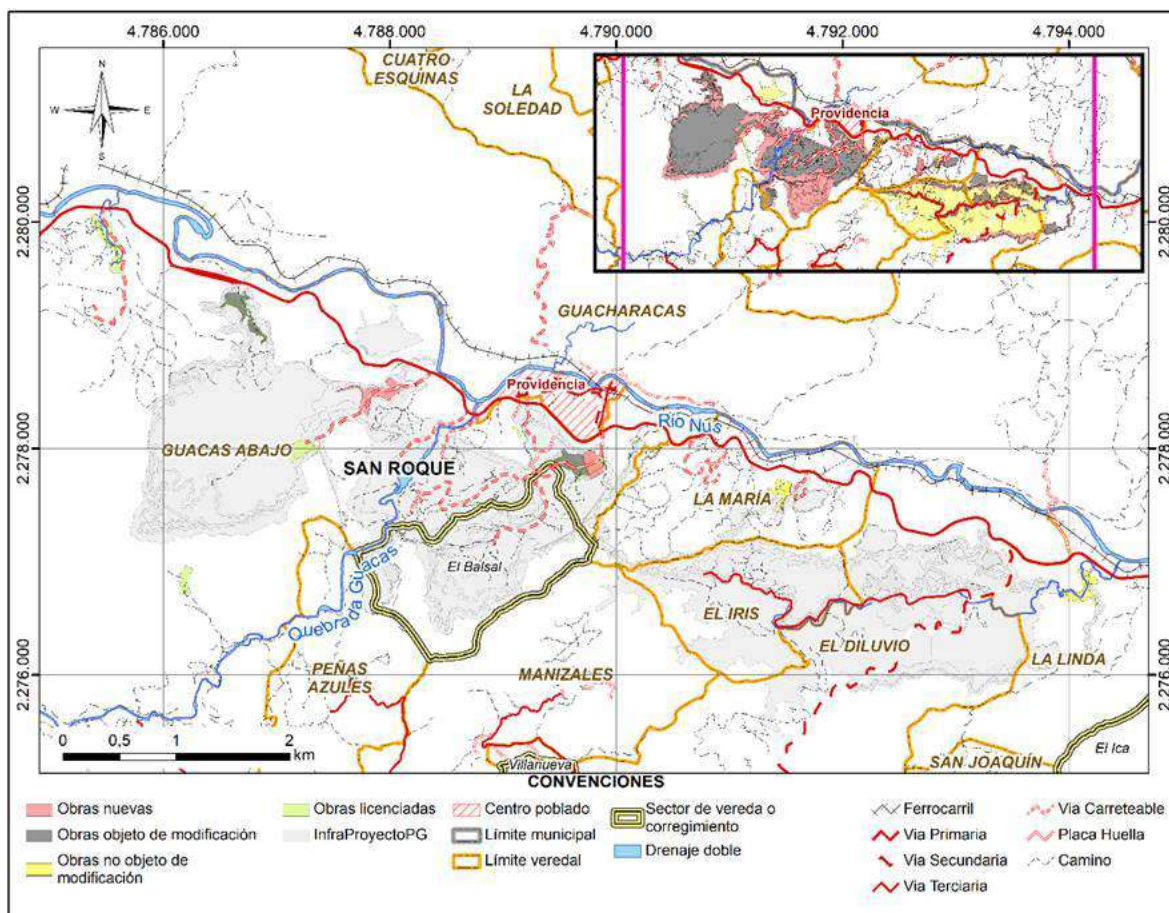


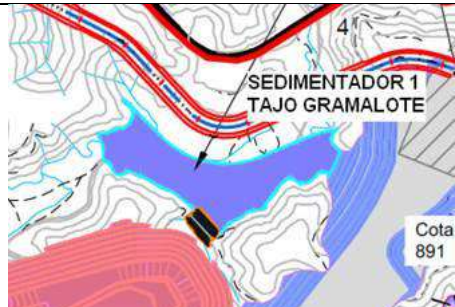
Figura 3.151 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Sedimentadores.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.127 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Sedimentadores

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Sedimentadores y obras anexas	9 sedimentadores	2 Sedimentadores Objeto de Modificación: Sedimentador El Banco, Sedimentador La Colorada *1 Sedimentador Obra Nueva: Sedimentador San Antonio **2 Sedimentadores No Objeto de Modificación
Sedimentador El Banco		
Obras asociadas	Sedimentador Este del depósito de estériles	Sedimentador El Banco Presa sedimentador El Banco

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
	Presa sedimentador Este del depósito de estériles Vertedero de emergencia Este del depósito de Estériles	Vertedero de emergencia sedimentador El Banco
Volumen máximo de almacenamiento	132.530 m3	340.470 m3
Área superficial del sedimentador	3,3755 ha	2,5849 ha
Altura promedio del embalse (operación)	5,7m aproximadamente	5m aproximadamente
Altura máxima Presa	7,2m	11m
Pendiente taludes externos	3H:1V	2H:1V
Geometría		
Sedimentador La Colorada		
Obras asociadas	Sedimentador plataforma minera Presa sedimentador plataforma minera	Sedimentador La Colorada Presa sedimentador La Colorada Vertedero sedimentador La Colorada
Volumen máximo de almacenamiento	545.700 m3	65.347 m3
Área superficial del sedimentador	4,1685 ha	3,9574 ha
Altura promedio del embalse (operación)	5 m aproximadamente	6 a 8 m aproximadamente
Altura máxima Presa	N.A. Embalsado sobre la Vía 19 (obra licenciada)	17m / 32m
Pendiente taludes externos	N.A. Embalsado sobre la Vía 19 (obra licenciada)	2H:1V

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Geometría		

* No se realiza comparación para el Sedimentador San Antonio, ya que se clasifica como una obra nueva. Ver especificaciones en el numeral 3.3.2.2.7.

** Los sedimentadores y obras asociadas denominados “Sedimentador campamento” y “Sedimentador presa de colas”, son Obras No Objeto de Modificación, por lo cual no presenta cambios para la actual Modificación, y continúan conforme a lo autorizado en la licencia ambiental vigente.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En el marco de la optimización del proyecto, se plantea una reconfiguración del número y tipología de las obras de control de sedimentos, localizadas en las partes bajas de las cuencas hidrográficas que serán intervenidas por las actividades del proyecto, en función de la nueva distribución de las áreas de intervención y de los cambios en la infraestructura minera. En términos generales, la modificación del proyecto permite reducir el número de estructuras requeridas, concentrando el manejo de sedimentos en puntos estratégicos y acordes con la nueva disposición de las áreas intervenidas.

En el ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS_HIDRAULICAS_Sedimentador, se presentan los planos y perfiles asociados a los Sedimentadores.

A. Sedimentador El Banco

Este sedimentador del depósito de estériles está diseñado para el tratamiento de flujos con sedimentos generados por la construcción del depósito WRF que se ubica en la cuenca de El Banco y por las actividades del lado este del depósito de estériles. El sedimentador propuesto presenta un volumen máximo de almacenamiento de 196,800 m³ y un área superficial de 60,500 m². La cuenca total afluente del sedimentador cubre aproximadamente 401 ha.

B. Sedimentador San Antonio

La cuenca total afluente del sedimentador WRF Este cubre aproximadamente 197 ha. El sedimentador se encargará del control de sedimentos durante los años de construcción del depósito y los otros depósitos de almacenamiento y estará sujeto a condiciones variables de vegetación. El sedimentador WRF Este propuesto presenta un volumen máximo de almacenamiento de 132,530 m³ y un área superficial de 36,000 m².

C. Sedimentador La Colorada

La presa del sedimentador La Colorada cumple la función de contener las aguas de la quebrada La Colorada. Estas aguas estarán expuestas únicamente a los sedimentos generados por el depósito del Balsal. El propósito central de esta estructura es capturar y retener el sedimento proveniente de este depósito. Además, cumple una función de conexión vial hacia el sector de la plataforma principal. La presa podrá construirse en dos fases: en una primera fase se construirá hasta la cota ~830 m s.n.m., lo que permitirá la conformación del sedimentador y del vertedero de fondo, sin depender de la terminación de la vía de acceso que conecta hacia la plataforma principal del proyecto; la segunda fase se refiere a la terminación completa de la estructura. La localización en planta de la presa del sedimentador La Colorada se muestra en la Figura 3.152.

Teniendo en cuenta que la cresta de la presa del sedimentador La Colorada forma parte de la rasante de la vía de acceso a la plataforma principal, esta presenta una pendiente, razón por la cual la estructura posee una altura variable, que va desde aproximadamente 17 m en el cierre del estribo izquierdo (extremo noroeste) hasta cerca de 32 m en el cierre contra el estribo derecho (extremo sureste). Cabe mencionar que la altura promedio del embalse (nivel de operación) será del orden de 6 a 8 m, la cual se mantendrá mediante la descarga del caudal a través de un vertedero ubicado en la parte inferior de la piscina. Otras características de esta presa son.

- Los taludes externos de la presa del sedimentador La Colorada fueron proyectados con pendientes de 2H:1V, alturas máximas de banco de 10 m y anchos mínimos de berma entre 3,0 y 5,0 m.
- La primera etapa de construcción de la presa se extiende desde la fundación (aproximadamente a la cota 821 m s.n.m.) hasta la cota 830 m s.n.m. Sobre su cara aguas arriba se instalará una geomembrana de HDPE de 80 mils, junto con un geotextil NT7000 o equivalente, los cuales deberán ser anclados en la cresta de esta primera fase, para la cual se proyecta un ancho mínimo de 5,0 m. Esta geomembrana debe cubrir toda la huella de la piscina de sedimentación hasta la cota 830 m s.n.m.
- El talud aguas abajo de la primera fase se recomienda con una pendiente de 3,0H:1,0V, con el fin de facilitar posteriormente la compactación de la segunda fase de la presa.
- Los filtros y la transición de la segunda fase estarán alineados con el eje longitudinal de la estructura, con un ancho mínimo de 1,5 m. Estos se extienden desde la fundación hasta la cota 837 m s.n.m., con una pendiente de 0,5H:1,0V.
- El filtro mantiene el mismo espesor de 1,5 m hasta la base del talud aguas abajo, donde se conecta con un enrocado de protección de 4,0 m de altura, que podrá construirse con pendientes laterales de 1,5H:1,0V y un ancho mínimo de cresta de 2,0 m.
- La pendiente recomendada para la cara aguas abajo de la presa es de 2,0H:1,0V, manteniendo dimensiones de bermas y bancos similares a las mencionadas anteriormente.

- El vertedero va localizado en el estribo derecho, por debajo de la cota 822 msnm el cual se fundirá en concreto una vez se realice la excavación temporal.

El detalle de los diseños de la presa se encuentra en el plano I-P-0010719-SC-GG-PSC-010-R00, geología; en los planos I-P-0010719-SC-GG-PSC-020-R00 e I-P-0010719-SC-GG-PSC-030-R00, geotecnia.

El detalle de los diseños de la presa se encuentra en el plano I-P-0010719-SC-GG-PSC-010-R00, geología; en los planos I-P-0010719-SC-GG-PSC-020-R00 e I-P-0010719-SC-GG-PSC-030-R00, geotecnia.

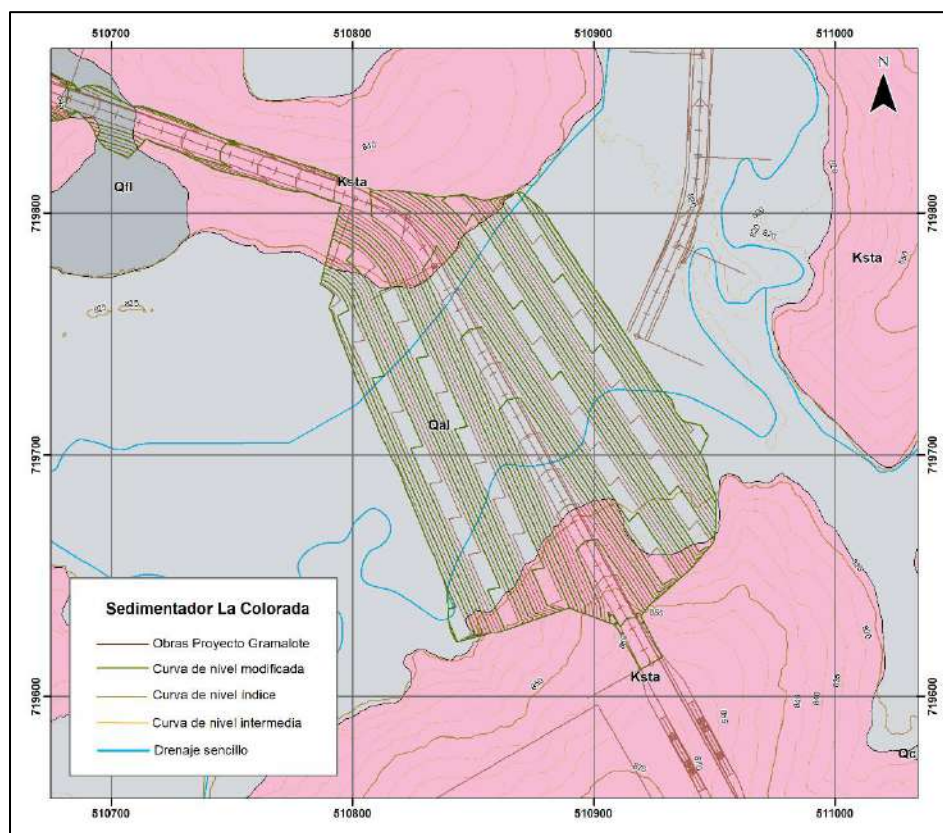


Figura 3.152 Sedimentador La Colorada

Fuente: Integral S.A., 2025

3.3.2.3 Instalaciones auxiliares

3.3.2.3.1 Talleres y bodegas mina

Esta actualización del proyecto considera un área de talleres y bodega dedicados exclusivamente a las actividades operativas y de mantenimiento de los equipos mineros. El área se encuentra ubicada en una plataforma, al costado sur de la planta de beneficio,

en la misma elevación. La tabla siguiente muestra las zonas que se han definido para esta área minera:

Tabla 3.128 Zona de Servicios Mineros

Edificio - Zona	Comentarios/Descripción
Estación de combustible	Almacenamiento de ~15 días abastecimiento. Alrededor de 1100 barriles Bbl durante construcción, y 2500 barriles Bbl durante la operación.
Caseta Residuos peligrosos	Caseta de 10x10m
Edificio de Mantenimiento (Equipos Mineros)	Mantenimiento de equipos mineros. 4 bahías oversize (camiones, palas). Áreas para perforadoras (mast-down) y 3-4 bahías multipropósito para equipos de apoyo. Grúas, áreas de circulación, soldaduras menores, taller, etc. Bahía de lubricación, almacén de fluidos, residuos. Pistas de lavado de equipos Taller/Zona de soldadura
Bodega de Neumáticos	Área para almacenamiento de neumáticos
Área de cambio de Neumáticos	Área para manipulación y cambio de neumáticos, con grúas y rack.
Almacén y Soporte	Bodega de repuestos, talleres de apoyo, Oficinas, vestuarios y salas Almacenamiento de lubricantes
Almacenamiento abierto	Zona de bodegaje abierto (neumáticos, repuestos mayores, etc.)
Parqueadero para vehículos mineros	Parqueadero para 20 vehículos (estimado)
Parqueadero para vehículos livianos	Parqueadero para 50 vehículos (estimado)

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

La distribución conceptual de la zona de servicios mineros puede verse en la figura de abajo.

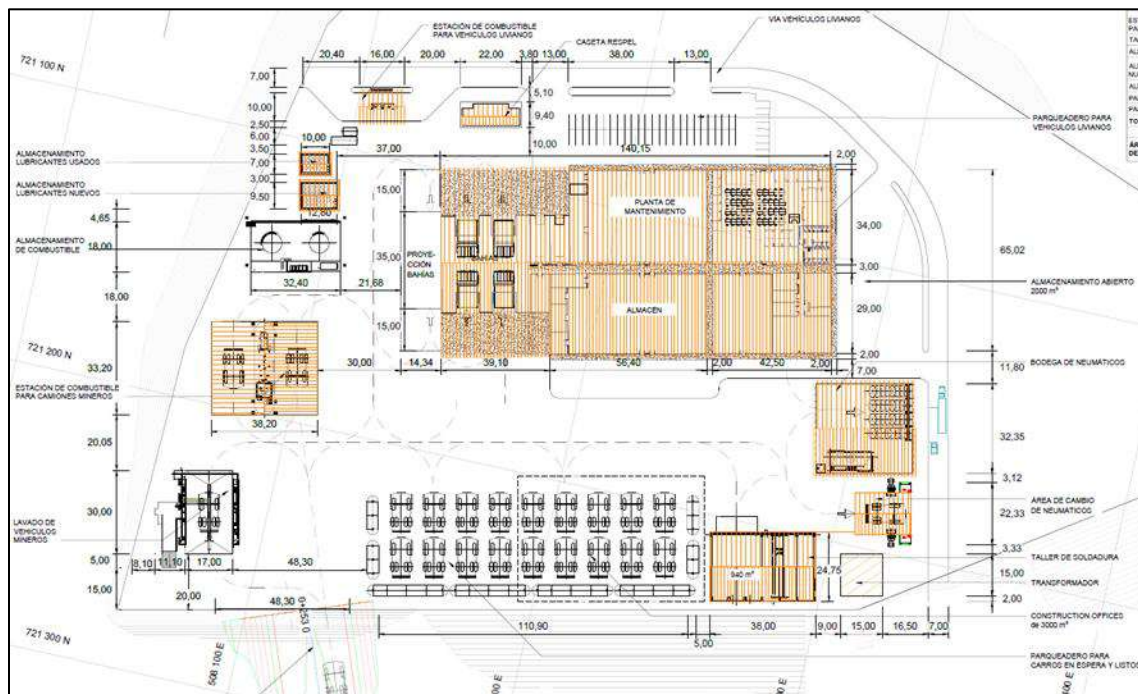


Figura 3.153 Distribución Conceptual del Área de Mina

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.3.2.3.2 Áreas de almacenamiento de combustibles

Con el objeto de asegurar una autonomía operativa de varios días, es necesario almacenar aproximadamente 1000 a 1500 barriles (Bbl) durante la fase de construcción, y alrededor de 2500 barriles Bbl durante la fase de operación. Para lograr este objetivo, se planea construir un sistema de almacenamiento de combustible que comprende inicialmente tanques suficientes para atender las necesidades de la mina.

Para este volumen específico, las tablas del Instituto Americano de Petróleo (API) indican unas dimensiones aproximadas de 40 pies de diámetro por 48 pies de altura. El área de almacenamiento de combustible tendrá las siguientes características:

- Estanques metálicos, con tubería de venteo y conexión de descarga eléctrica a tierra, debidamente protegidos contra la corrosión, y señalizados con la clase de combustible que almacena, su capacidad y su símbolo (rombo) de peligrosidad de acuerdo con la norma NFPA 704.
- Muros de contención con capacidad para contener el volumen total +10%, con más de 1.5m de distancia entre los muros, con pisos impermeabilizados, y cunetas para manejo de aguas lluvia (válvula manual y trampa de grasa).
- Área de descarga de combustible con contención y manejo de posibles derrames.
- Zona claramente demarcada de ubicación de extintores de incendio.

Dique de contención: Alrededor de los tanques de almacenamiento se construirán diques de contención capaz de contener todo el combustible almacenado y resistir la presión lateral que éste transmita a las paredes de este. El dique será construido en concreto armado, en función del tipo de suelo y la zona sísmica del lugar.

La tabla siguiente muestra dimensiones conceptuales de diques que permiten contener posibles derrames. En el caso de tales eventos, el líquido contenido se bombeará a camiones tanque que lo sacarán del proyecto para su limpieza y/o disposición.

Tabla 3.129 Dimensiones del dique de contención de derrames de combustibles

Tanques		Diques	
Tanques	2	Ancho, m	24
Diámetro, pies	40	Largo, m	54,9
Diámetro, pies	12,2	Altura, m	1,8
Volumen, Bbl	10.000	Área Total, m ²	1.318

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Conceptualmente, el dique contendrá 1,1 veces el volumen del tanque. Con base en estos criterios el dique tendrá 24 m de ancho, 54,9 m de largo y una altura de 1,8 m. Estos datos cumplen con los requerimientos de la Norma API 650 para dimensionamiento de diques de contención para combustibles. Los pisos y paredes del dique tendrán como acabado final un recubrimiento epóxido, que garantiza la impermeabilidad del dique y facilita la recuperación del fluido en caso de un derrame.

Cargue, descargue y transporte de combustibles

El sistema de descargue está dispuesto con dos bombas para Diesel, una en operación y la otra de respaldo, las cuales transfieren el combustible hacia dos tanques atmosféricos de almacenamiento con techo fijo. Luego de ser almacenado en los tanques de la estación de servicio, el abastecimiento de combustible en la mina tiene las siguientes facilidades:

- **Surtidores situados en la planta:** Equipos de abastecimiento para vehículos livianos que puedan movilizarse hasta la planta de suministro de diésel. Para el suministro de combustible a las diferentes máquinas que se utilizan en la operación de la mina es necesario llevarlo directamente al sitio donde éstas se encuentran operando.
- **Dispensador portátil:** Se especifica una tubería de 4 pulgadas de diámetro de aproximadamente 1 Km de longitud ubicada en la mina, con un surtidor portátil provisto de mangueras flexibles para el suministro de combustible a la maquinaria pesada.
- **Cargadero de Diesel:** Se contempla el transporte del combustible diésel por medio de carro tanques equipados con sistema de surtidor hasta el sitio de operación de las máquinas. Este suministro se realiza con una manguera flexible, de tal forma que el abastecimiento se realice en el menor tiempo posible.

Bombas de descargue de carrotanques

Las bombas que permiten realizar el descargue de combustible diésel desde los carrotanques para que sea transferido a los tanques de almacenamiento son unidades de

desplazamiento positivo. Las bombas están ubicadas a una cota del nivel inferior a la del arreglo de la flauta de descargue del carotanche.

De esta forma la capacidad de las bombas se determina en función del tiempo de descarga, que es de una hora, de los cuales 30 minutos se utilizan para descargue y los 30 minutos restantes para actividad de conexión-desconexión y estabilización operativa. Para cumplir con los tiempos de descarga del combustible se especifican 2 bombas de 350 galones por minuto cada una, con una bomba operando y una de respaldo.

En la Figura 6 3 se muestra un esquema general del sistema de manejo de combustibles durante la etapa de operación.

3.3.2.3.3 Suministro de energía eléctrica

El proyecto finalmente ha optado por la opción en que la energía provenga a través de un gasoducto de autogeneración a base de gas, aprovechando la proximidad del Proyecto de 2 km al gasoducto principal que abastece a la región de Medellín.

El supuesto es que se negociará un acuerdo de compra o pago con el propietario del gasoducto para el suministro de electricidad. Conceptualmente, el acuerdo prevé que el propietario del oleoducto proporcionará el oleoducto al sitio y construirá la central eléctrica en el sitio.

La planta de energía constará de cuatro motores a gas que tendrán una capacidad instalada total de aproximadamente 44 MW, suficiente para satisfacer las demandas máximas del Proyecto de aproximadamente 30 MW. Tres motores estarán en funcionamiento, uno de ellos en espera. La planta incluirá capacidades de deslastre de carga.

El diseño de la planta contempla todos los sistemas auxiliares requeridos para su operación segura y eficiente, incluyendo los sistemas eléctricos, mecánicos, de control, de manejo de combustible, drenaje, protección contra incendios y gestión de residuos. La configuración propuesta cumple con los estándares internacionales aplicables y con la normativa ambiental vigente en Colombia, en particular el Decreto 1076 de 2015, la Resolución 909 de 2008 (emisiones atmosféricas), la Resolución 631 de 2015 (vermientos) y las disposiciones del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

El consumo total estimado de gas natural para la operación de la planta, asumiendo la atención de demanda promedio, en configuración N+1 (operación normal de tres unidades y una de respaldo), es de 45.664.139 Sm³/año, equivalente a un consumo promedio de aproximadamente 5.212 Sm³/h. En cuanto al consumo considerando la generación a máxima carga, es decir, los tres motores operando al 100% del factor de carga, sería de 58.533.084 Sm³/año.

Con base en el poder calorífico inferior (PCI) del gas y la eficiencia eléctrica neta de los motores (48,7%), se obtiene un rendimiento energético representativo conforme a la Tabla 3.130.

Tabla 3.130 Rendimiento energético estimado de la central

Parámetro	Unidad	Valor estimado
Capacidad neta instalada	MW	44
Potencia efectiva en operación (N+1)	MW	33
Eficiencia eléctrica neta	%	48,7
Consumo promedio anual de gas natural	m³/año	45.664.139
Energía útil promedio anual generada	MWh/año	201.866

Nota: los cálculos se realizan con base en un PCI de 38,37 MJ/Nm³ y eficiencia al FC promedio.

Fuente: Proyecto Gramalote Central Térmica, Promigas, 2025

El área destinada para esta facilidad, así como espacio y conectividad con subestación e infraestructura asociada, se ha definido al costado norte de la planta de beneficio.

Redes de Energía en Media y Baja Tensión

El sistema eléctrico de media y baja tensión estará conformado básicamente por el circuito de alimentación a 13,2 kV derivado desde el punto de conexión hasta casetas de distribución ubicadas en las distintas áreas del proyecto. Desde ahí se derivará una línea o red interna de media tensión que recorrerá las áreas internas del campamento, oficinas, áreas de taller mina y planta, alimentando los transformadores de distribución ubicados en diferentes sitios.

El trazado de dicha línea (red) dentro del proyecto, seguirá las vías internas proyectadas, para facilitar principalmente el proceso de construcción y el mantenimiento.

La línea será aérea, tendrá una configuración de circuito sencillo y un nivel de tensión de 13,2 kV, en cables ACSR con cable de guarda en acero galvanizado súper GX. Las estructuras utilizadas serán postes de concreto de 12 m, adecuados para este tipo de redes.

Para el cálculo del conductor de fase de las líneas a 13,2 kV, se considera la carga correspondiente a la suma diversificada de las cargas demandadas de los transformadores para las diferentes zonas, del sistema de iluminación exterior y de las demandas en áreas de servicios generales, seleccionando entonces un conductor capaz de transmitir la potencia total, y que, bajo esta condición, la línea tenga un porcentaje de regulación de tensión no mayor del 5, verificando aspectos tales como:

- Capacidad de corriente.
- Regulación.
- Desempeño mecánico.

La concepción de la familia de estructuras para ser utilizadas en la línea a 13,2 kV, se basará normas de diseño y construcción de redes de energía, para este nivel de tensión.

Las estructuras para circuito sencillo tendrán una configuración similar a las de las redes existentes en la zona. Los elementos que constituyen la estructura, tales como: crucetas, aisladores, pararrayos, cortacircuitos, grapas para conductores, herraje. Las estructuras serán venteadas en todas las situaciones que se requiera para garantizar su rigidez y estabilidad.

El diseño del trazado de la línea, la selección de los conductores y las demás características técnicas finales de esta línea serán elaborados y definidos por el contratista que se seleccione, supervisados por las correspondientes interventorías. En principio, las características básicas de la dicha línea serían:

- Tensión de operación: 13.2 kV.
- Conductor: ACSR 1/0 AWG RAVEN
- Regulación: 5%
- Estructuras: en poste, con configuración y vestidas de acuerdo con las Normas legales.

Los transformadores se seleccionaron de tal forma que cumplan su función primordial de adecuar los niveles de tensión de los sistemas eléctricos de alimentación al sistema de equipos eléctricos.

Los transformadores de distribución serán trifásicos 13,2 kV – 208/120 V y monofásicos 7,62 kV – 240/120 V, aislados en aceite para instalación exterior en poste, y del tipo seco para instalación al interior de las edificaciones; éstos últimos protegidos en gabinetes metálicos. Los transformadores cumplirán con los requerimientos del RETIE.

La capacidad de los transformadores se determina considerando la función del transformador y con base en las cargas a ser conectadas en sus devanados, asumiendo un factor de potencia de 0,85 y una eficiencia de los motores de 0,9 para los equipos motrices, así como un factor de potencia de 0,9 para cargas de iluminación. Se seleccionaron transformadores con capacidades normalizadas o de corriente fabricación con el objeto de disminuir los costos de adquisición.

Desde los transformadores de distribución se derivarán los circuitos ramales o redes aéreas y subterráneas para distribución de energía secundaria en baja tensión a un nivel de 208/120 V ó 240/120 V, desde donde se conectarán los tableros eléctricos de distribución y tableros de alumbrado y tomas de cada una de las instalaciones.

3.3.2.3.4 Campamentos y oficinas

El proyecto actual ha actualizado la ubicación y disposición de las oficinas y campamento, principalmente en función de la nueva ubicación de la planta de beneficio y de los talleres mina. Las instalaciones principales son las siguientes:

- Acceso Principal frente a Providencia, muy próximo a la entrada actual al Proyecto.
- Campamento para Construcción ubicado a unos 300m de la entrada al proyecto, en la plataforma llamada helipuerto (actual ubicación del helipuerto de Gramalote). Este campamento también se usará durante la operación de la mina.
- Oficinas ubicadas a continuación del Campamento. No bastante, se planea mantener las oficinas actuales para usarlas en el inicio de la construcción y también durante la operación.

3.3.2.3.5 Plataforma Campamentos y Oficinas

Para la selección del sitio de campamento se tomó en cuenta principalmente la ubicación de la planta de beneficio y de los talleres mina. Adicionalmente se analizaron entre otros aspectos como: condiciones geológicas, condiciones geotécnicas, facilidades para el suministro de energía y comunicaciones. Los criterios a tener en cuenta en la selección final de la mejor alternativa constructiva son:

- Menor tiempo de construcción o instalación
- Carácter permanente y mayor tiempo de vida útil
- Aislamiento térmico y acústico
- Menores costos de mantenimiento
- Materiales reciclables o reutilizables
- Seguridad
- Menores costos de construcción
- Adaptación a cambios o modificaciones y sistema de financiación del proveedor.

Los materiales de construcción para los campamentos se definieron después de la evaluación y comparación de sistemas constructivos diferentes y de acuerdo con los términos y criterios básicos requeridos por el proyecto para responder de la mejor manera a sus necesidades.

Según los planteamientos urbanísticos muy seguramente se usará una combinación de sistemas disponibles en el mercado, pero inicialmente se propone como base el sistema prefabricado en paneles metálicos para cerramientos de cubiertas y paredes (Paneles metálicos con aislamiento termoacústico tipo sándwich).

En los criterios de diseño urbanístico se tuvieron en cuenta aspectos tales como las condiciones físicas del terreno, el retiro obligatorio de la Ruta Nacional 62 (Ley 1228 de Julio 16 de 2008), normativa vigente asociada a campamentos, aspectos climáticos y ambientales, el cronograma de ocupación, población total estimada, seguridad, salud y protección, relaciones con la comunidad e infraestructura de servicios.

El campamento principal del proyecto se ubicará a unos 300m de la entrada principal al proyecto, en la plataforma que se construirá en el sector del helipuerto.

El diseño del campamento se planteó urbanísticamente para albergar en la plataforma conformada en la cota 832 m s.n.m., todas las áreas que se requieren, comunicadas entre sí por medio de senderos peatonales y por una vía interna vehicular central y perimetral que las recorre, con suficientes áreas de parqueo y un retorno vehicular ubicado en la zona de servicios comunitarios, para facilitar la llegada del personal en los buses. El campamento se divide en 3 zonas principales: zona de acceso, zona de servicios comunitarios y zona de viviendas.

La zona de servicios comunitarios está conformada por el área de cocina y comedores. Estas zonas también incluirán salas de televisión, salas de estar, juegos de mesa, gimnasio, cafetería y zona de servicios.

En la zona exterior se han definido áreas de recreación con canchas múltiples; el centro de acopio de residuos orgánicos y ordinarios y zonas de parqueo.

La zona de viviendas/descanso tiene áreas para el personal que pernoctará en el proyecto, que trabajará en los diferentes turnos, tanto durante la construcción como posteriormente en la operación. Cada zona de viviendas contará con lavanderías para autoservicio del personal y zonas de parqueo. La zona de viviendas se desarrollará por etapas, de acuerdo a las necesidades del proyecto, y todas ellas serán en prefabricados.

Las áreas específicas que se han definido en la zona de campamento y oficinas son:

- Entrada principal, área de guardias y control de acceso.
- Zonas de servicios comunes, Cocina y Comedor, áreas interiores de recreación.
- Zona de dormitorios, Lavandería, Parqueaderos
- Parqueaderos generales
- Zonas exteriores de recreación.
- Enfermería.
- Zonas de reciclaje
- Otras áreas de soporte (bodegas, etc.).

La zona de acceso estará compuesta por casetas de control y un área de administración. Las casetas de control estarán dotadas con una zona para el vigilante con control visual, un área de servicios sanitarios y una zona para el control de alcoholemia y drogas. También contará con espacios para inducción de visitantes.

La zona de viviendas tendrá un máximo de tres niveles e incluirá tipos de módulos para los diferentes estamentos de personal que el proyecto requerirá, tanto en la etapa de construcción como en la operación.

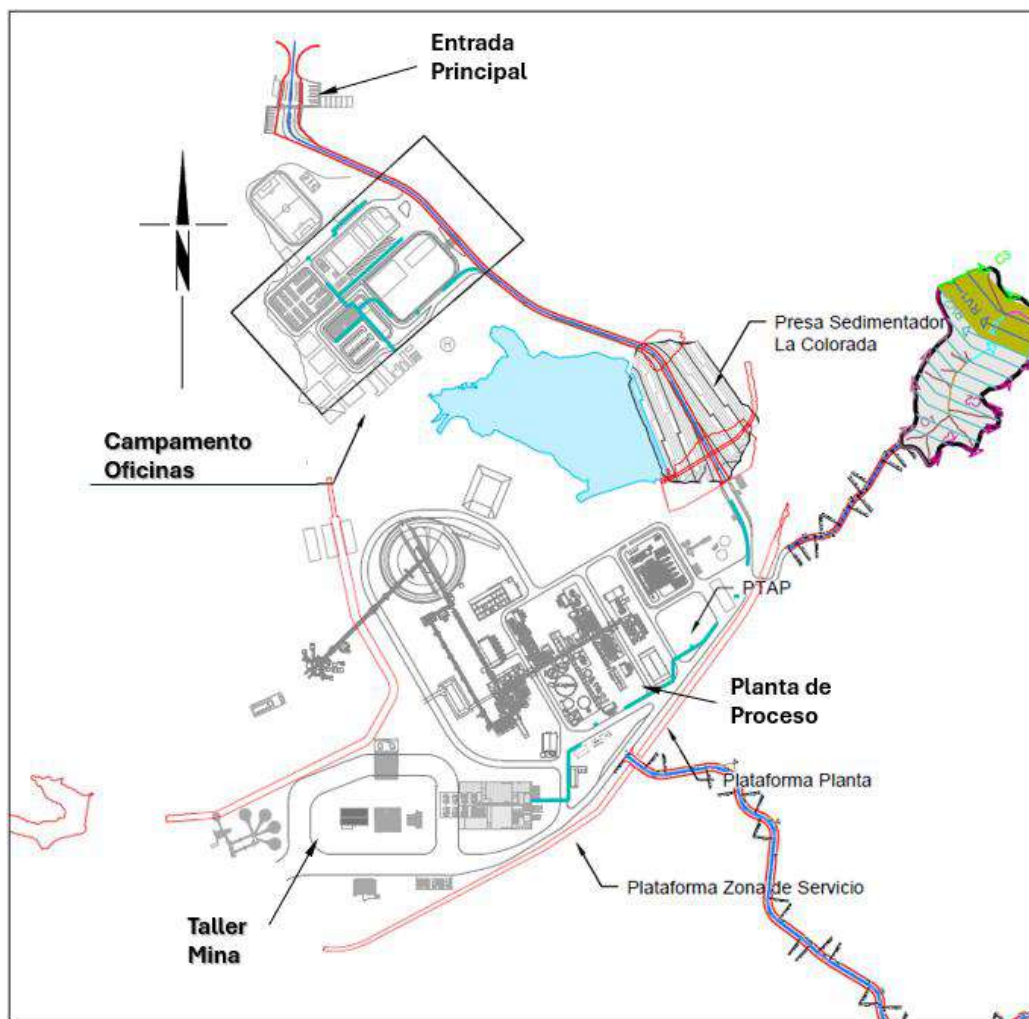


Figura 3.154 Esquema preliminar área Plataforma Campamentos y Oficinas
Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.3.6 Captaciones

A continuación, se presenta la descripción de las obras requeridas para la captación y suministro de agua para las actividades y obras del proyecto. La rejilla de captación principal (CC22) estará ubicada en la quebrada Guacas, a la cota 930 m s.n.m., y se diseñó con un factor de seguridad de 2 para prever posibles obstrucciones por materiales de arrastre. Por lo tanto, considerando que el caudal a captar por el sistema es de 46,3 l/s, el caudal de diseño de la rejilla fue establecido en 92 l/s. El caudal de 46,3 l/s se estableció considerando el bombeo requerido en la etapa de construcción y un tiempo de bombeo mínimo de un poco más de 4 horas (período que equivale aproximadamente a un 20% del día) o hasta 24 horas según las necesidades del proyecto.

Los desarenadores estarán ubicados en la cota 929 m s.n.m y operarán en paralelo con un caudal de diseño cada uno de 23 l/s. El agua captada se conducirá por gravedad (Tramo 1) a dos desarenadores funcionando en paralelo, por medio de una aducción de 261 m de longitud en tubería de polietileno PN 16 de 200 mm de diámetro.

La captación CC22 tiene una réplica sin desarenador, aguas abajo sobre la misma quebrada, en la zona de La Bateita (CC23), la cual solo funcionará mientras la etapa de construcción y los primeros años de la mina hasta que se lleve a cabo la desviación de la quebrada Guacas en los casos que la captación CC22 no pueda funcionar.

Dentro de los 46,3 l/s están incluidos 6,3 l/s que es el caudal máximo horario que surtirá la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para una población de 700 habitantes (Ver ANEXOS_DEMANDA_7_00 Informe Diseño)

Los otros 40 litros hacen parte del suministro de la operación minera los cuales se utilizarán para llenar el sistema cuando se necesite, y solo si este no se puede llenar con la recirculación de las aguas de la presa de colas.

En la Tabla 3.131 se relacionan las concesiones de agua nuevas y/o a modificar para la etapa de construcción y montaje.

Tabla 3.131 Captaciones nuevas y/o modificar

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas	
							Este	Norte
Aljibe224	Construcción y Montaje	Doméstico	Sin Nombre	Instalaciones existentes	Cambian condiciones de tiempo de uso. Se requiere solicitar la concesión del Aljibe, bajo las condiciones actuales, durante la etapa de Construcción.	0,25	4789149,656	2278339,541
CC15	Construcción y Montaje	No Doméstico	Nus	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4787811,543	2279471,006
CC16	Construcción y Montaje	No Doméstico	Nus	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4788452,946	2278828,858

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas	
							Este	Norte
CC17	Construcción y Montaje	No Doméstico	Nus	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4791796,616	2277993,907
CC18	Construcción, Montaje y se mantiene para la fase de cierre de la mina	No Doméstico	Guacas	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4786598,988	2276203,724
CC19	Construcción y Montaje	No Doméstico	Guacas	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4788356,315	2277983,167
CC20	Construcción y Montaje	No Doméstico	El Balsal	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4788705,131	2276752,578
CC21	Construcción y Montaje	No Doméstico	La Negra	Exploración	Según información y cálculos Concesiones Exploración (EIA 2015) se mantienen las condiciones anteriores, pero se solicita poder usarla durante construcción	2	4791275,518	2275183,505

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas		
							Este	Norte	
CC22	Construcción y Montaje	Doméstico	Guacas	Abastecimiento de agua para instalaciones	Según información y cálculos FS 2025	6,30	4787701,964	2277057,272	
				Planta de trituración concreto	Según información y cálculos CC2 (EIA 2015)	4,65			
				Abastecimiento en talleres, lavado y mantenimiento de equipos, maquinarias y herramientas	Según información y cálculos CC5 (EIA 2015)	0,35			
		No Doméstico		Riego de vías	Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	23,17			
		Red contra incendios / Puesta en marcha Planta de Beneficio		Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	8,83				
		Polvorín: uso del agua para el cargue en los MMU, limpieza de áreas comunes y fabricación de gasificante.		Según información y cálculos CO3 (MEIA 2018)	3,00				

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas		
							Este	Norte	
CC23	Construcción y Montaje, hasta que se desvíe el Guacas (Esta captación solo funcionará si la CC22 tiene algún daño)	Doméstico	Guacas	Abastecimiento de agua para instalaciones	Según información y cálculos FS 2025 (Integral)	6,3	4788624,902	2278199,687	
				Planta de trituración concreto	Según información y cálculos CC2 (EIA 2015)	4,65			
		No Doméstico		Abastecimiento en talleres, lavado y mantenimiento de equipos, maquinarias y herramientas	Según información y cálculos CC5 (EIA 2015)	0,35			
		Riego de vías		Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	23,17				
		Red contra incendios / Puesta en marcha Planta de Beneficio		Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	8,83				

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas		
							Este	Norte	
				Polvorín: uso del agua para el cargue en los MMU, limpieza de áreas comunes y fabricación de gasificante.	Según información y cálculos CO3 (MEIA 2018)	3,00			
CO22	Operación	Doméstico	Guacas	Abastecimiento de agua para instalaciones	Según información y cálculos FS 2025	6,30	4787701,964	2277057,272	
		No Doméstico		Planta de trituración concreto	Según información y cálculos CC2 (EIA 2015)	4,65			
				Abastecimiento en talleres, lavado y mantenimiento de equipos, maquinarias y herramientas	Según información y cálculos CC5 (EIA 2015)	0,35			
				Riego de vías	Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	23,17			

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas	
							Este	Norte
CO23	Operación (Esta captación solo funcionará si la CO22 tiene algún daño)	Doméstico	Guacas	Red contra incendios / Puesta en marcha Planta de Beneficio	Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	8,83	4788624,902	2278199,687
				Polvorín: uso del agua para el cargue en los MMU, limpieza de áreas comunes y fabricación de gasificante.	Según información y cálculos CO3 (MEIA 2018)	3,00		
				Abastecimiento de agua para instalaciones	Según información y cálculos FS 2025 (Integral)	6,3		
		No Doméstico	Guacas	Planta de trituración concreto	Según información y cálculos CC2 (EIA 2015)	4,65	4788624,902	2278199,687
				Abastecimiento en talleres, lavado y mantenimiento de equipos, maquinarias y herramientas	Según información y cálculos CC5 (EIA 2015)	0,35		

ID	Etapa	Tipo	Cauce	Uso	Nuevas Condiciones Para la captación	Caudal (L/s)	Coordenadas	
							Este	Norte
				Riego de vías	Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	23,17		
				Red contra incendios / Puesta en marcha Planta de Beneficio	Según información y cálculos CC6 (MEIA 2018)	8,83		
				Polvorín: uso del agua para el cargue en los MMU, limpieza de áreas comunes y fabricación de gasificante.	Según información y cálculos CO3 (MEIA 2018)	3,00		

Fuente: Integral S.A, 2025.

El Aljibe224 continuará operando las 24 horas del día, para surtir el campamento de la Mayoría extrayendo un volumen máximo diario $21,72\text{m}^3/\text{día}$, equivalente a un volumen mensual de $648,00\text{ m}^3/\text{mes}$.

Asimismo, las captaciones de construcción CC15, CC16, CC17, CC18, CC19, CC20, y CC21 serán operadas las 24 horas del día durante la etapa de construcción con volúmenes máximos diarios $172,80\text{ m}^3/\text{día}$ o un volumen mensual de $5.184,00\text{ m}^3/\text{mes}$ para cada una.

El caudal de las captaciones CC22 y CC23, o CO22 y CO23 correspondiente a $46,3\text{ l/s}$, puede llegar a ser bombeado hasta por 4 horas diarias y puede llegar a ser bombeado hasta por 24 horas en su totalidad, o con caudales parciales según las necesidades ya explicadas en la Tabla 3.131, dando como volumen máximo diario $4.000,32\text{ m}^3/\text{día}$ o un volumen mensual de $120.009,6\text{ m}^3/\text{mes}$.

3.3.2.3.7 Red de conducción de agua cruda

A continuación, se presenta la descripción del manejo del agua captada para el suministro del proyecto. La red de impulsión de agua transporta el agua cruda desde el bombeo en la captación CC22 hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y a la planta de tratamiento de aguas industriales (PTARI), ubicadas en la plataforma de servicios. El alineamiento de la tubería en la mayor parte de su longitud sigue el alineamiento de la vía

Bocatoma como se presenta en los planos I-P-0010719-RC-HI-RCO-010 al 110 del ANEXOS_DEMANDA_AGUAS SUPERFICIALES_7_02_PLANOS DISEÑOS y ANEXOS_DESCRIPCIÓN_OBRAS HIDRAULICAS_REDES, a forma de resumen en la Tabla 3.132 se presentan las características geométricas de la conducción de agua cruda.

La conducción de agua cruda contará con válvulas de salida para el llenado de camiones cisterna en la zona de la vía de acceso a El Balsal, agua que será utilizado principalmente para procesos de construcción y riego de vías.

Tabla 3.132 Características de la conducción de agua cruda

Componente	Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Captación	Cota losa desarenador	929,00	m s.n.m.	Nivel de entrada al sistema de tratamiento
	Cota a más alta	950,96	m s.n.m.	Altura máxima del sistema
Impulsión	Cota PTAP	859,49	m s.n.m.	Nivel de salida en la PTAP
	Material de tubería	PEAD PN 16		
	Diámetro	180	mm	
	Longitud de la tubería	2610	m	

Fuente: Integral S.A., 2025.

3.3.2.3.8 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)

La Planta Potabilizadora de Agua (PPA) se localizará en las coordenadas X = 4.789.801,673, Y = 2.277.532,666 en la cota 859,49 m.s.n.m.

El sistema fue concebido con el objetivo de cubrir las necesidades de saneamiento básico que garanticen condiciones adecuadas para el abastecimiento de agua potable en las instalaciones de la mina, y cumpliendo con lo establecido en la Resolución 0330 de 2017 y su modificación, la Resolución 0799 de 2021.

La Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP contempla las siguientes unidades de tratamiento: tanque disipador de energía con oxidación química, tanque floculador-sedimentador en manto de lodos (FSML), dos unidades de filtración en arena, tanque de contacto para desinfección, y dos tanques de almacenamiento para la posterior distribución del agua tratada. Para el manejo de los lodos producidos en el tratamiento y las aguas de lavado de filtros se proyecta un tanque espesador de lodos y 4 celdas de lechos de secado, como se explica en con mayor detalle en el Informe de diseño en el ANEXOS_DEMANDA_AGUAS SUPERFICIALES. La PTAP fue planteada a partir de las premisas de la Tabla 3.133.

Tabla 3.133 Premisas del caudal de diseño

Premisas	Datos fase Operación	Observación
Población permanente (hab)	700	-
Dotación neta (dneta) (l/hab/día)	300	Asumida con base en proyectos
Perdidas (%)	25%	-
K1	1,3	Factor de Mayoración-
K2	1,5	Factor de Mayoración -
Dotación bruta (l/hab/día)	400,0	
Caudal medio diario (Qmd)	3,2	$Q_{md} = \frac{pxdbruta}{86400}$
Máximo diario (QMD)	4,2	Caudal de diseño
Máximo horario (QMH)	6,3	Caudal de diseño bocatoma

Fuente: Integral S.A, 2025.

Se establece así el caudal de diseño de la planta como el Caudal Máximo Diario (QMD) que corresponde a 4,20 l/s. Este estimativo del caudal de diseño y el cálculo completo se presenta en el ANEXOS_DEMANDA_AGUAS SUPERFICIALES_Memorias de diseño PTAP.

Se propone que la planta de potabilización esté conformada por todos los procesos convencionales (ver Figura 3.155 y Figura 3.156), incluyendo: oxidación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Esta configuración busca garantizar una adecuada capacidad de tratamiento frente a condiciones adversas de calidad del agua, especialmente durante épocas de lluvia, en las que pueden presentarse incrementos significativos en la turbidez y el color.

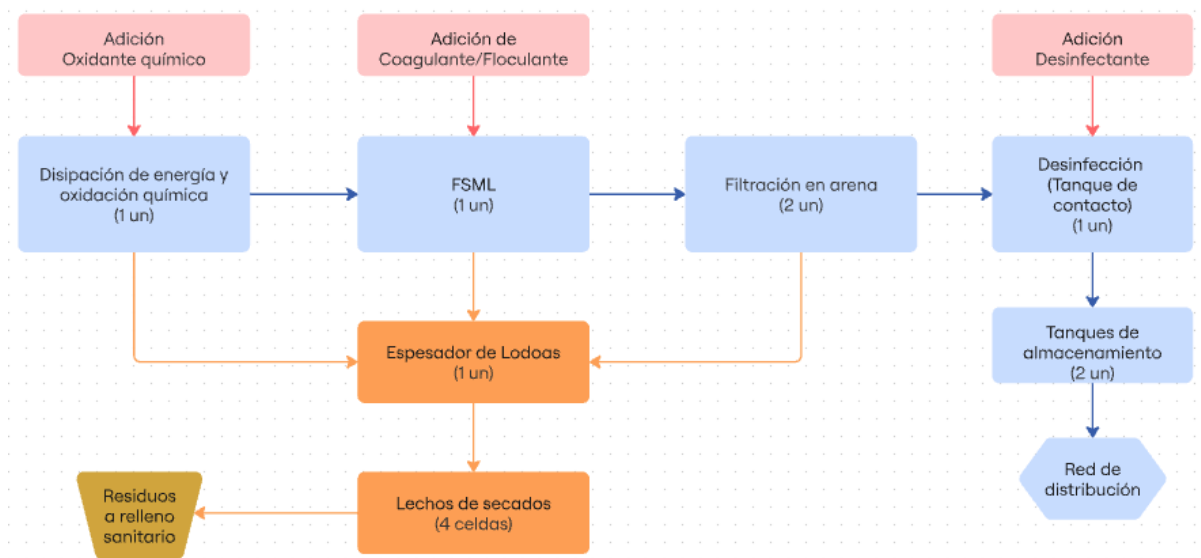


Figura 3.155 Diagrama de flujo de procesos PTAP

Fuente: Integral S.A, 2025.

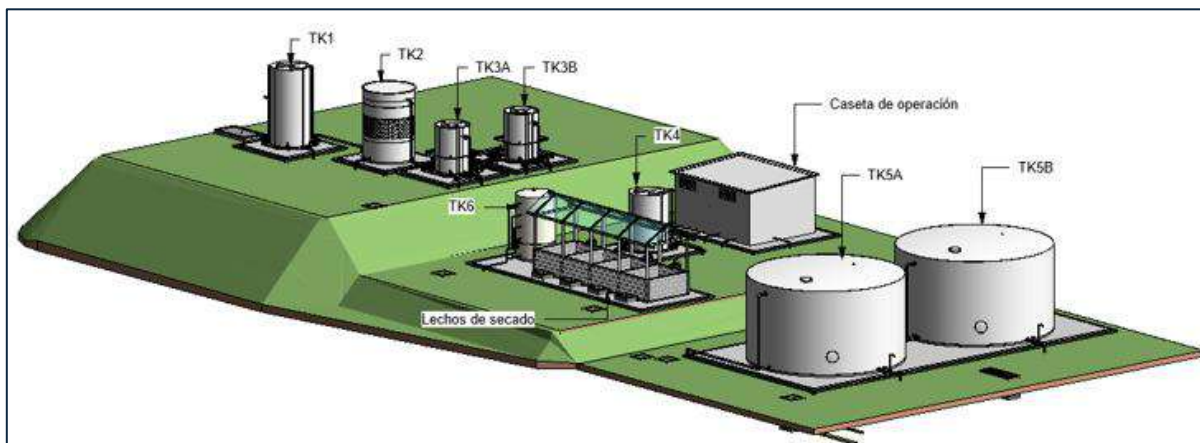


Figura 3.156 Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP.

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.3.9 Redes de acueducto

Este sistema fue diseñado considerando las necesidades de consumo de una población permanente de 700 habitantes, así como las condiciones topográficas y operativas del sitio. La red se compone de tuberías PEAD de diferentes diámetros (37,5 mm, 50 mm y 75 mm), seleccionadas en función de los caudales requeridos y la presión disponible, asegurando una cobertura adecuada y una operación hidráulica estable para las edificaciones de: plataforma de servicio, plataforma del campamento y un futuro suministro de las redes del campamento la Mayoría. Los trazados de estas tuberías se presentan en los planos I-P-0010719-RC-HI-APP-010 al 060 del ANEXOS_DEMANDA_AGUAS SUPERFICIALES_7_02_PLANOS DISEÑOS.

3.3.2.3.10 Redes de alcantarillado de aguas lluvias

El sistema de drenaje de las lluvias estará conformado por canales perimetrales en la parte inferior de los taludes, y cunetas en las zonas de los edificios, complementadas con sumideros y tuberías de acuerdo con las condiciones del terreno y adecuación de cada una de las zonas, y la compatibilidad de estos diseños con los drenajes viales.

El diseño de las tuberías de recolección de aguas lluvias del Campamento y la plataforma se hizo para los caudales de 5 años de período de retorno, trabajando a flujo libre y ocupando el flujo el 85% de la capacidad máxima de la sección de la tubería. Con respecto a las velocidades mínima y máxima, se tuvieron en cuenta los valores de 0,75 m/s y 10 m/s, establecidos por el RAS para tubería de PVC. El diámetro mínimo seleccionado para sumideros fue de 250 mm y para las redes de 315 mm.

Las cámaras de inspección se proyectaron en concreto y su tipo se elige según su profundidad. Las Tipo 1 para profundidades menores o igual a 1 m, las Tipo 2 para profundidades de entre 1 m y 2 m, y cámaras de inspección de 1,20 m o 1,5 m de diámetro para profundidades mayores a 2 m y dependiendo del diámetro de la tubería. Los trazados

de estas redes se presentan en los planos I-P-0010719-ALL-HI-PLA-010 a 030 y I-P-0010719-ALL-HI-PCO-010 a 030 del ANEXOS_DESCRIPCION_OBRAS HIDRAULICAS_REDES_PLANOS.

3.3.2.3.11 Redes de alcantarillado de aguas residuales

Este sistema consta de una red de Aguas Residuales Domésticas (ARD) en la plataforma de la Planta y otra en la plataforma de Campamento, en esta última el agua sube hacia la plataforma de la Planta por medio de una estación de bombeo (EBAR1) ubicada en $X = 4789239,806$, $Y = 2277855,053$, que sube las aguas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), en la que el agua se trata por medio de procesos biológicos de tipo aeróbico.

El diseño de la red de alcantarillado sanitario para la plazoleta de campamento y la plazoleta de servicio se fundamenta en criterios técnicos establecidos por la normativa colombiana vigente (RAS 2000, Resoluciones 0330 de 2017 y 799 de 2021). Se proyecta un sistema eficiente y sostenible para una población permanente de 700 habitantes, considerando una dotación de 300 l/hab/día y un factor de retorno del 85%. El caudal medio resultante es de 2,066 l/s, y mediante un factor de diseño de 1.7, se establece un caudal de diseño de 3,5 l/s.

Para optimizar la profundidad de excavación y facilitar la conducción hacia la estación de bombeo (EBAR) ubicada en la plataforma de campamento, se adoptó una pendiente mínima del 0,5%. Además, se incorpora un 20% adicional de población flotante, dada la posibilidad de tener contratistas extras de la mina. El diseño contempla una planificación modular que permite futuras expansiones del sistema.

Para obtener el caudal de diseño de las redes de alcantarillado de aguas residuales y de la PTAR, se distribuyó el caudal de acuerdo con el personal proyectado en cada campamento como se indica en la Figura 3.157, la Tabla 3.134 y la Tabla 3.135.

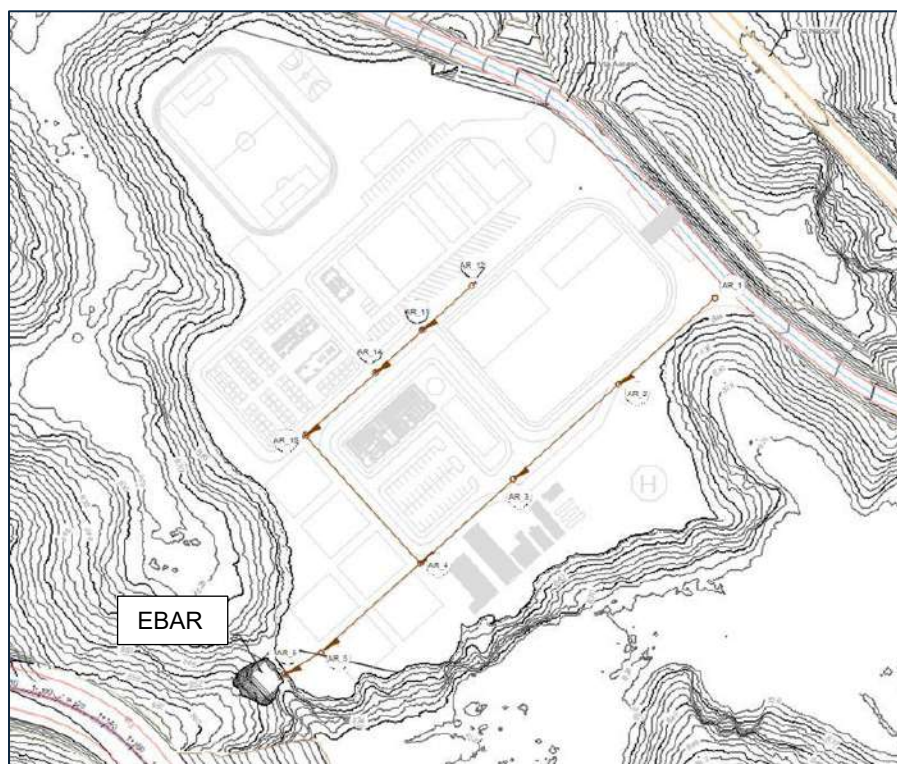


Figura 3.157 Redes de Agua Residual del Campamento ala EBAR 1

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.134 Personal del campamento

Criterio	Valor	Unidad
Población permanente	700	Habitantes
Dotación neta	300	L/hab*día

Fuente: Integral S.A, 2025.

Tabla 3.135 Criterios de diseño

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia / Observación
Población permanente	700	habitantes	Información suministrada por el cliente
Dotación neta	300	l/hab·día	Asumida con base en proyectos similares
Factor de retorno	0.85	adimensional	Resolución 0330 de 2017, Art. 134
Caudal medio	2.066	l/s	Calculado con base en población y dotación
Factor de diseño (RAS)	1.7	adimensional	Para obtener el caudal máximo horario
Caudal de diseño	3.5	l/s	Artículo 166, Resolución 799 de 2021

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia / Observación
Pendiente mínima de tubería	0.5	%	Establecida para evitar profundidades excesivas hacia la estación de bombeo
Periodo de diseño	25	años	Según Art. 40 de la Resolución 0330 de 2017 y teniendo en cuenta el funcionamiento si es necesario el sistema durante la etapa de cierre de la mina.
Factor de población flotante	0.2	adimensional	Considerando el carácter turístico y recreativo de la zona

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.3.12 Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

La PTAR y el alcantarillado de aguas residuales son nuevos, por lo tanto, las características del efluente se plantearon con base en información teórica y de proyectos similares y para un caudal máximo mensual de 3,5 l/s.

Se diseñó con un valor de cargas promedio entre fuerte y media como línea base, basados en los datos según la literatura (Mefcalt and Eddy, 1985) como se presenta en la Tabla 3.136.

Tabla 3.136 Características del agua residual

Parámetros	Datos	Unidad
Demanda Química de Oxígeno (DQO)=	750	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)=	310	mg/l
Sólidos suspendidos Totales (SST)=	285	mg/l
Sólidos suspendidos Volátiles (SSV)=	262,5	mg/l
Sólidos sedimentables (SSED)=	15	mL/L
Grasas y Aceites (GyA)=	125	mg/l
Temperatura promedio del agua (T)=	23	°C
pH promedio =	7,8	

Fuente: Integral S.A., 2025

De acuerdo con los resultados de los parámetros de DBO, DQO y SST para las características adoptadas este tipo de aguas es biodegradable, lo cual permite inclinar el diseño de la PTAR hacia procesos biológicos para la remediación.

Con base en la información de entrada se estima el porcentaje de remoción requerida, con el fin de cumplir con los requerimientos máximos establecidos en el artículo 8 de la Resolución 0631 de 2015 para vertimientos en aguas superficiales de aguas residuales domésticas (ARD) tratadas con carga entre 625 y 3000 kg/día DBO5 (ver Tabla 3.137). Con dicho porcentaje de remoción requerido se dimensionan las estructuras hidráulicas de tratamiento de la planta.

Tabla 3.137 Requerimientos de cumplimiento de parámetros fisicoquímicos para vertimiento (Art. 8, resolución 0631 de 2015).

Parámetro	Unidad	Límite máximo	Remoción mínima del diseño
pH	unidades de pH	6 - 9	NA
DQO	mg O ₂ /l	180	76%
DBO₅	mg O ₂ /l	90	71%
SST	mg/l	90	68%
SSed	ml/l	5	67%
Grasas y Aceites	mg/l	20	84%

Fuente: Integral S.A., 2025

Por lo anterior el diseño de la planta deberá tener una remoción teórica cercana o superior al 84%, cumpliendo con los parámetros mencionados para tener holgura en el tratamiento y alcanzar la calidad requerida por la normativa. La PTAR estará compuesto por (ver Figura 3.158 y Figura 3.159):

- Trampa de grasas sedimentador.
- Reactor anóxico
- Reactor lodos activados tipo MBBR
- Sedimentador secundario
- Pozo de lodos
- Espesador hidráulico de lodos
- Lechos de secado de lodos
- Canal de salida

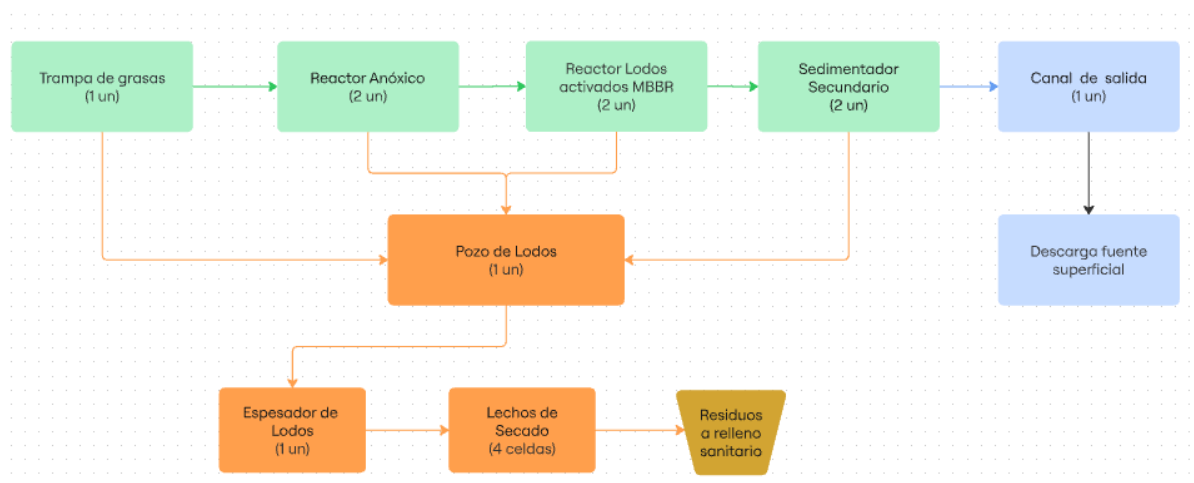


Figura 3.158 Diagrama de flujo de procesos PTAR

Fuente: Integral S.A, 2025.

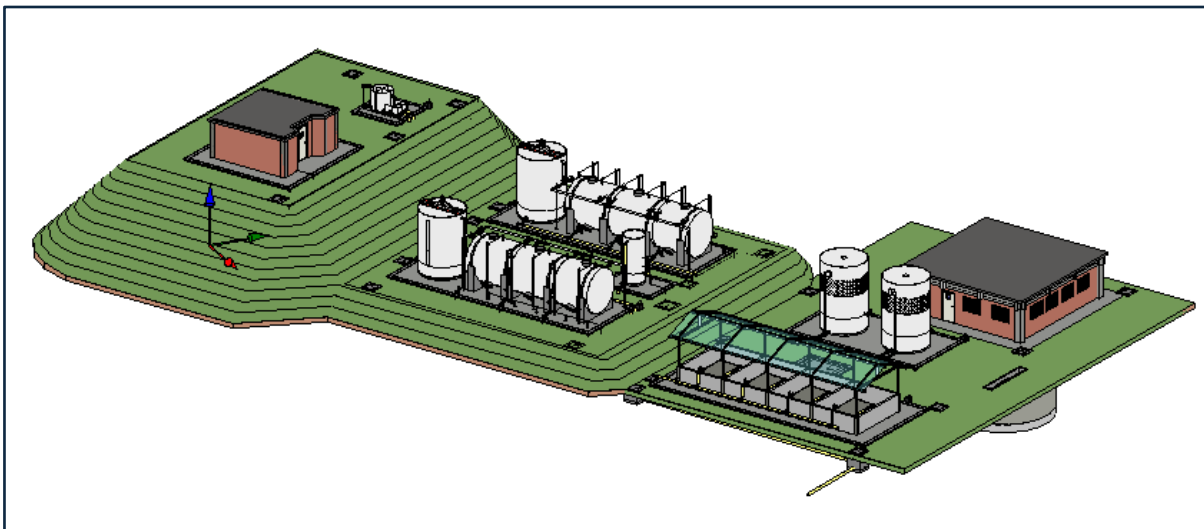


Figura 3.159 Planta de Tratamiento de Agua Residual PTAR.

Fuente: Integral S.A, 2025.

3.3.2.3.13 Manejo de Vertimientos

En el Capítulo 7 Demanda, uso aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, se presenta cada uno de los vertimientos que se generarán por las obras y/o actividades objeto de modificación de licencia. Los principales vertimientos generados en el proceso se clasifican en vertimientos domésticos y aguas de contacto si los sólidos suspendidos que saldrán de los sedimentadores, y todas serán vertidas al río Nus. En el capítulo mencionado también se hace referencia al sistema de tratamiento para los vertimientos a modificar de los sedimentadores El Banco, San Antonio, La Colorada, y la entrega de la PTAR.

Es de aclarar que todos funcionarán durante construcción y operación, pero el sedimentador San Antonio solo existirá hasta el momento cuando se desvíe la quebrada Guacas hacia la quebrada San Antonio, y la descarga de la PTAR si funcionará incluso durante la etapa de cierre.

3.4 BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN DE MINERALES

El beneficio y transformación de minerales describe las operaciones unitarias necesarias indicando los procesos a utilizar para la recuperación final y la identificación de productos principales y subproductos con elevado valor mineralógico; así como los subproductos con posibilidad de generar fuerte impacto ambiental, tal como lo solicitan los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Explotación Minera (TdR-13).

Como se mencionó anteriormente, la modificación del proyecto y el planeamiento minero se orientó de manera general en la optimización del modelo de explotación, la disminución de la huella de intervención y las distancias de acarreo, entre otros aspectos; y en este

sentido se buscó acercar la planta de beneficio y otras instalaciones de soporte minero al área de explotación. De acuerdo con esto, la planta de beneficio fue relocalizada desde los sectores o predios El Banco y San Antonio donde se tenía planteada inicialmente, hacia el Este del tajo Gramalote en el sector El Balsal.

Una de las principales modificaciones en la planta de beneficio corresponde al cambio en la capacidad de procesamiento, proyectada en la optimización para 6 millones de toneladas por año. Sin embargo, las operaciones unitarias para del proceso de beneficio de los minerales de interés, no presenta cambios de forma general, se mantienen los mismos procesos (Figura 3.160). No obstante, los análisis metalúrgicos determinaron la exclusión de los óxidos como material a procesar, por lo cual no es necesario la implementación por separado de dos líneas de producción en los primeros procesos de la planta: Sulfuros y Óxidos; por lo que se mantiene bajo las mismas operaciones unitarias un solo circuito de sulfuros.

En este sentido el proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se desarrollará bajo las siguientes operaciones unitarias: trituración, molienda, concentración gravimétrica, flotación, lixiviación, adsorción con carbón - CIP, elución, electro-obtención, regeneración de carbón, detoxificación de colas de lixiviación, y transporte y manejo de colas.

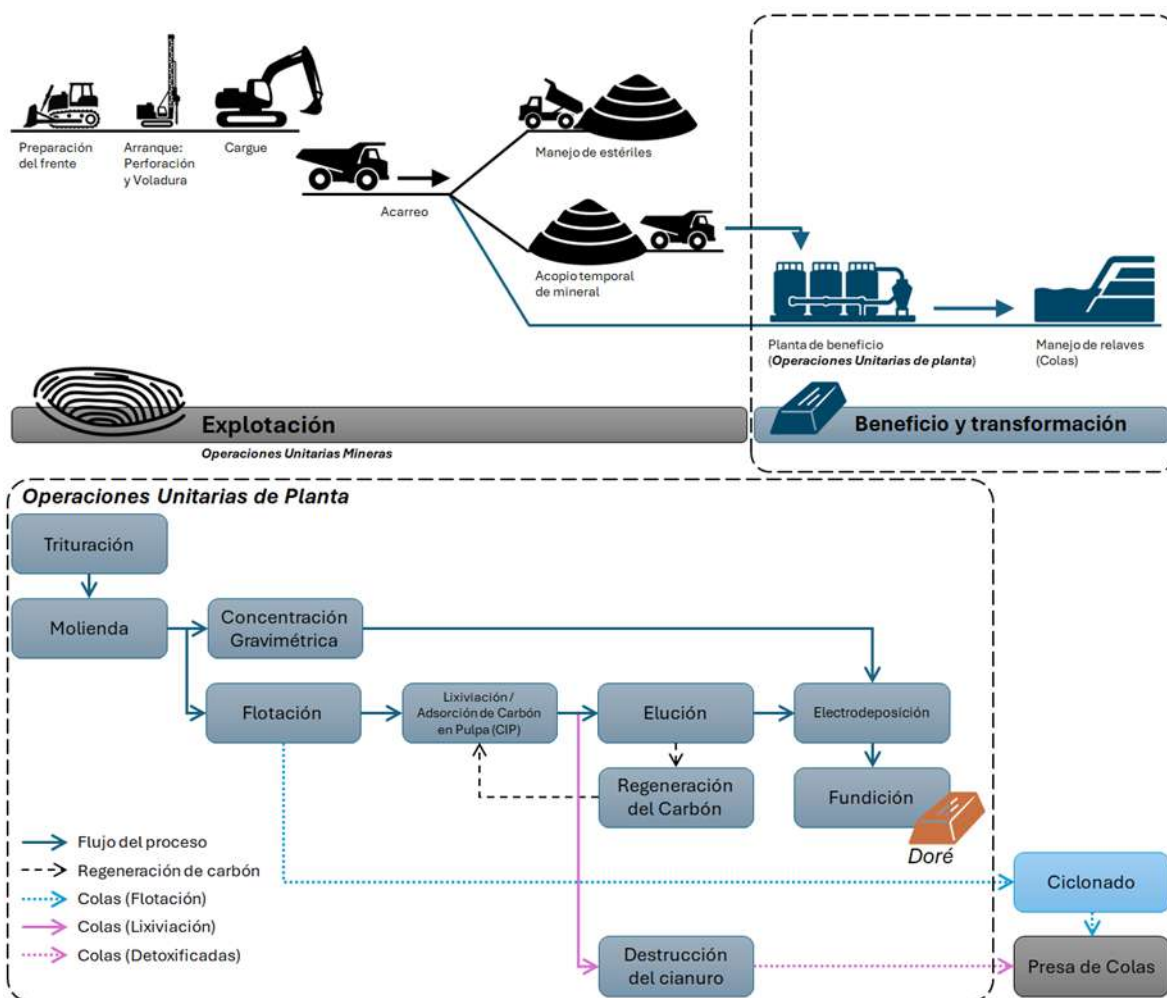


Figura 3.160 Operaciones unitarias de planta – Beneficio y transformación

Fuente. Integral S.A., 2026.

La planta se dimensionó de acuerdo con el flujo de procesos y la ubicación de cada edificación se definió buscando la mejor logística para cada área de la planta y la menor cantidad de movimientos de material posible. La distribución general se muestra en la Figura 3.161.

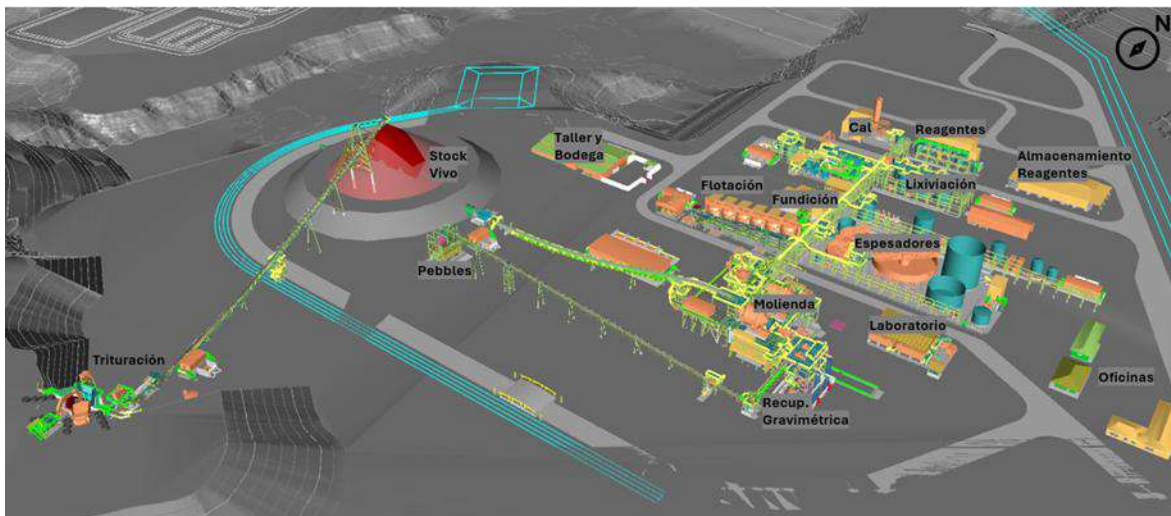


Figura 3.161 Vista Isométrica Planta de Beneficio ubicada en El Balsal

Fuente: Lyco, 202

A continuación, se presenta un diagrama de flujo para representar el proceso de beneficio en la planta, y se describen cada uno de los procesos (Figura 3.79).

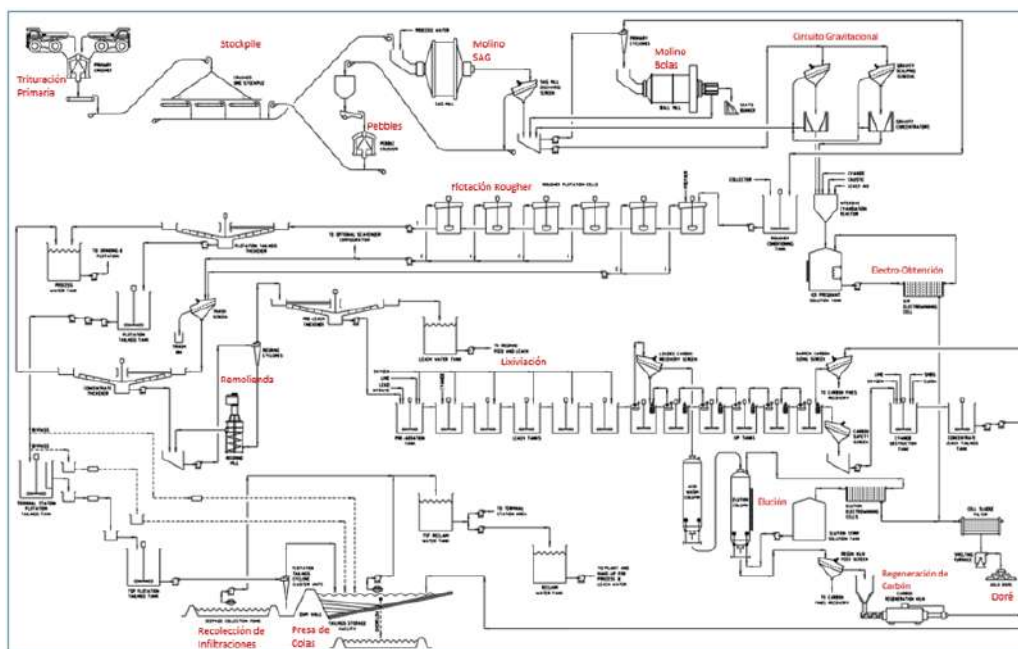


Figura 3.162 Flujograma Planta de Beneficio ubicada en El Balsal

Fuente: Lyco, 2025

3.4.1 Trituración

La trituración es una etapa inicial del proceso de beneficio en la cual se realiza la reducción de tamaño del mineral proveniente del frente de mina. El material extraído, generalmente con tamaños heterogéneos que pueden superar varios centímetros o incluso decenas de centímetros, es sometido a equipos mecánicos, con el fin de obtener un fragmento más uniforme y de menor granulometría.

Este proceso permite que el mineral quede con un tamaño adecuado para las etapas posteriores, especialmente para la molienda, donde se requiere un material más fino para lograr la liberación efectiva de los minerales valiosos de la ganga.

El mineral proveniente directamente del tajo (ROM Run of Mine), con un tamaño máximo de 900 mm, será transportado a la planta por camiones de ~90 toneladas de capacidad. Una vez en la plataforma de trituración, los camiones podrán volcar o descargar directamente en el área de recepción de mineral o tolva de la trituradora, o acopiar en la plataforma. El acopio de mineral procedente de mina se utilizará principalmente para el almacenamiento de emergencia y para la mezcla de mineral. El material acopiado será recuperado, desde la pila de almacenamiento hasta la tolva a través de la plataforma, mediante un cargador frontal.

Se instalará un rompedor de rocas para facilitar la fragmentación del material de gran tamaño retenido en la tolva. El mineral se retirará de la tolva, y el material caerá por gravedad directamente a la trituradora giratoria. El mineral triturado se descarga y será transportado por una banda transportadora hasta la pila de almacenamiento.

El transportador de alimentación de la pila de almacenamiento estará equipado con un dispositivo para monitorear el rendimiento del área de trituración y controlar el flujo de mineral a través de la trituradora.

El circuito de trituración contará con un sistema de recolección de polvo. El polvo colectado en este sistema se descargará en el transportador de alimentación de pilas de almacenamiento y luego se rociará finamente con agua para suprimir este. También de ser necesario, se usará un sistema de adición de espuma para la supresión de polvo.

3.4.1.1 Almacenamiento de mineral triturado

La pila de mineral triturado (stockpile vivo) tendrá una capacidad operativa de aproximadamente 9.000 t (equivalente a 12 horas de alimentación del molino a 6 Mt/a). El mineral triturado se recuperará de la pila de almacenamiento mediante tres alimentadores de plataforma de velocidad variable.

Los alimentadores se descargarán en el transportador de alimentación del molino SAG que transportará el mineral triturado al conducto o tolva de alimentación de este. El transportador de alimentación del molino SAG estará equipado también con un dispositivo, que se utilizará para controlar la velocidad de los alimentadores de recuperación y para el balance de masas de mineral que ingresa al circuito de molienda.

El medio de molienda para el molino SAG se agregarán a la correa de alimentación del molino mediante tambores, utilizando un cargador frontal, a través de la tolva de bolas del

molino SAG. Esta tolva, ubicada después del dispositivo de control, también permite devolver el material de limpieza al circuito a través del transportador de alimentación del molino SAG.

Un ventilador forzará aire hacia la cámara de recuperación del acopio (stockpile vivo), construida en concreto, con el fin de garantizar la adecuada ventilación de la parte superior de dicha cámara.

3.4.2 Molienda

La molienda es la etapa del proceso de beneficio en la cual se realiza la reducción adicional y controlada del tamaño del mineral previamente triturado, con el objetivo de alcanzar granulometrías muy finas que permitan la liberación efectiva de los minerales valiosos de la matriz rocosa o ganga.

El circuito de molienda será un circuito tradicional SABC, compuesto por un molino semiautógeno (SAG) y un molino de bolas. El molino SAG operará en circuito cerrado con una trituradora de “pebbles” (material grueso del SAG), mientras que el molino de bolas operará en circuito cerrado con hidrociclones. El tamaño de partícula del producto que sale del circuito de molienda (flujo de rebose del ciclón) corresponderá a un P80 (80% del material) de 250 μm .

El molino SAG estará equipado con elevadores curvos de pulpa y rejillas de descarga, lo que permitirá el paso de la pulpa o lodo a través del molino y evitará la acumulación de pebbles en el interior del equipo. La descarga del molino SAG será clasificada mediante una zaranda de descarga del SAG; y el material grueso (pebbles) descargará hacia la correa transportadora de sobre tamaño del SAG.

El material con sobre tamaño de la zaranda del SAG será transportado al circuito de trituración de pebbles.

El material fino (undersize) de la zaranda fluirá por gravedad hacia la caja de bombas de alimentación a ciclones, donde se combinará con la descarga del molino de bolas y con la pulpa proveniente de los concentradores gravimétricos y del proceso de cribado primario o desbaste (separación de materiales por tamaño antes de la trituración). Una parte de esta pulpa se bombeará al circuito gravimétrico para la recuperación de oro por gravedad. El resto de la corriente de lodo se bombeará hacia el clúster o batería de ciclones. Se agregará agua de proceso al conducto o tolva de alimentación del molino SAG para el control de la densidad del molino.

Se gestionarán los derrames dentro del circuito de molienda, utilizando un sumidero de entrada y una bomba. Se proporcionará una segunda bomba de sumidero en el área del molino de bolas. Cualquier derrame generado en el área de molienda se devolverá a la caja de la bomba de alimentación.

3.4.2.1 Trituración del material grueso del SAG (Pebbles)

La trituración de pebbles es una etapa complementaria del circuito de molienda semiautógena (SAG), en la cual se procesa el material grueso que no logró ser reducido

dentro del molino SAG. Estos fragmentos, denominados pebbles, suelen encontrarse en un rango granulométrico que supera la capacidad de molienda eficiente del equipo, lo que obliga a su separación mediante cribas o clasificadores asociados al circuito.

El objetivo de esta actividad es reducir el tamaño de los pebbles mediante una trituradora, para luego retornar el material triturado al circuito de molienda.

El material sobre tamaño o pebbles provenientes de la zaranda de descarga del molino SAG se transportará a la tolva o área de alimentación de la trituradora de pebbles a través de una serie de cintas o correas transportadoras. Se colocará un imán de banda autolimpiante en la tolva de descarga de la primera correa transportadora para retirar fragmentos de metal extraños o cualquier residuo de los medios de molienda que puedan dañar la trituradora pebbles. Se colocará un segundo imán de banda autolimpiante a través de la cinta del segundo transportador.

Después de los imanes autolimpianes, los pebbles pasarán por un detector de metales antes de descargar en la tolva de alimentación de la trituradora. Esta tolva proporcionará una capacidad de acumulación que permitirá que se presente una alimentación controlada al equipo en operación. Si la tolva de alimentación de la trituradora de pebbles alcanza un nivel alto, una compuerta desviadora ubicada antes de la tolva permitirá que los pebbles no pasen a la trituradora, descargado directamente sobre la correa transportadora de descarga de la trituradora. De igual manera, si el detector de metales detecta metal atrapado (no eliminado por los imanes de la correa), la compuerta desviadora permitirá automáticamente que los pebbles entren a la trituradora, y descarguen directamente a la correa de descarga.

Los pebbles se retirarán de la tolva mediante un alimentador vibratorio, descargando a una trituradora de pebbles en servicio. Los pebbles triturados se descargarán directamente en una banda transportadora, que a su vez devolverá los pebbles triturados a la correa de alimentación del molino SAG.

3.4.3 Concentración gravimétrica

La concentración gravimétrica es un proceso físico de separación mineral que aprovecha las diferencias de densidad entre los minerales valiosos y la ganga. Es considerada una técnica eficiente para la recuperación de partículas libres o parcialmente liberadas.

En esta etapa, el mineral previamente molido es sometido a equipos que generan movimientos controlados, que permiten que las partículas más pesadas se concentren y se separen del material liviano. El objetivo principal es obtener un concentrado gravimétrico con un contenido significativamente mayor de oro y plata respecto al alimento, el cual posteriormente es enviado a etapas de cianuración para maximizar la recuperación metalúrgica.

La recuperación del oro por gravedad se logrará a través de dos concentradores centrífugos gravimétricos que operarán en paralelo. Una bomba de alimentación del circuito enviará la pulpa a los concentradores centrífugos a través de cribas de separación con el fin de evitar que partículas pesadas de gran tamaño o fragmentos metálicos provenientes de los medios de molienda sean capturados por los concentradores gravimétricos.

El concentrado recuperado por los concentradores gravimétricos fluirá por gravedad al cono de sedimentación del concentrado, antes de ser procesado por el reactor de cianuración intensiva. El sobre tamaño de las zarandas o cribado de desbaste (separación de materiales por tamaño antes de la trituración) y los relaves de los concentradores gravimétricos fluirán por gravedad hacia la bomba de alimentación de los ciclones.

El reactor de cianuración intensiva (ICR) operará de manera programada con una secuencia automática para la disolución de oro, utilizando una solución concentrada de cianuro. Una vez completado cada lote, el oro disuelto en solución se bombeará a los tanques de solución preñada o enriquecida del ICR para su recuperación mediante electro-obtención. La corriente de relaves del ICR se bombeará al circuito remolienda del concentrado de flotación, para su posterior molienda y mayor extracción de mineral de interés. Por lo tanto, ninguna solución o sólido que contenga cianuro será dirigida al circuito de molienda o flotación, ya que los minerales de sulfuro de hierro como la pirita pueden deprimirse fácilmente con cianuro libre y afectar negativamente el rendimiento del circuito de flotación.

El derrame dentro del circuito de gravedad se gestionará, utilizando una bomba de sumidero de piso dedicada. Todo el material proveniente de estos derrames será bombeado a la caja de la bomba de alimentación de ciclones para evitar que cualquier material que contenga cianuro ingrese al circuito de molienda o flotación.

3.4.4 Flotación

La flotación es un proceso de concentración físico-química utilizado para separar minerales valiosos de la ganga, mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire. La pulpa proveniente de la molienda se acondiciona con reactivos de flotación, tales como: Colectores: los cuales favorecen la hidrofobicidad de los minerales valiosos; Espumantes: estos estabilizan la espuma y facilitan la recuperación de partículas adheridas; y/o modificadores o reguladores: los cuales ajustan el pH, inhiben o activan ciertos minerales. Una vez acondicionada, la pulpa ingresa a celdas de flotación donde se inyecta aire. Las partículas hidrofóbicas se adhieren a las burbujas y ascienden a la superficie formando una espuma mineralizada, que es recolectada como concentrado; y las partículas hidrofílicas, al no adherirse a las burbujas, permanecen en la pulpa y se descargan como colas o relaves.

El rebose de la batería de ciclones fluirá por gravedad hacia el tanque de acondicionamiento rougher. El proceso de flotación consistirá en etapas rougher y scavenger, donde el concentrado rougher será enviado al espesador de concentrado de flotación, mientras que el concentrado scavenger podrá enviarse al mismo espesador o reciclarse nuevamente al tanque de acondicionamiento rougher.

Se tendrán seis celdas de tanques de flotación en serie. El esquema de adición de reactivos con colector PAX y espumador W31 imitará el trabajo de prueba de laboratorio para el tamaño y número de celdas de flotación seleccionados. Los relaves del circuito de flotación se transferirán a través de bombas al espesador de relaves de flotación.

Se instalará un muestreador metalúrgico de relaves de flotación antes de la caja de alimentación del espesador de relaves de flotación para fines de balance metalúrgico y control del proceso.

Se gestionarán los derrames dentro del circuito de flotación, utilizando una serie de bombas de sumidero de piso. Cualquier derrame se devolverá al tanque de acondicionamiento rougher o a las cajas de la bomba de concentrado.

3.4.4.1 Espesamiento del concentrado

El concentrado de flotación se bombeará a una criba o zaranda de protección donde se recolecta material de sobre tamaño en un contenedor. El material fino (undersize) se dirigirá al espesador de concentrado, ubicado antes de un circuito de remolienda. El espesador proporciona un amortiguador entre el circuito de flotación y el molino de remolienda; también proporciona control del equilibrio hídrico alrededor del circuito de trituración y ayuda a descomponer la espuma residual que afectar el desempeño del molino de remolienda y su sistema de clasificación.

La solución de rebose del espesador de concentrado fluirá por gravedad hacia el tanque de rebose del espesador de concentrado, desde donde será bombeada al tanque de agua de proceso.

El flujo inferior del espesador de concentrado, al 50% de sólidos, se bombeará a la caja de bombas de alimentación de ciclones del circuito de remolienda.

El área del espesador de concentrado será atendida por una bomba de sumidero de piso. Los derrames y el lavado recogidos por la bomba de sumidero se devolverán a la caja de alimentación del espesador.

3.4.4.2 Remolienda del concentrado

El concentrado de flotación se bombeará directamente a la caja de las bombas de alimentación a ciclones del circuito de remolienda. La corriente de alimentación del ciclón se clasificará por hidrociclones, y el flujo inferior del ciclón fluirá por gravedad al molino de remolienda, donde se llevará a cabo la reducción de tamaño adicional. El rebose (overflow) de los ciclones, con un tamaño objetivo de P80 de 20 μm , se obtendrá operando a una baja densidad de pulpa en el rebose, aproximadamente 15% de sólidos en peso (w/w), lo cual favorece una mayor eficiencia en la separación por tamaño. La corriente de rebose del ciclón fluirá por gravedad hacia el espesador de prelixiviación.

El área de remolienda será atendida por una bomba de sumidero de piso. Los derrames y el lavado recogidos por la bomba se devolverán a la caja de la bomba de alimentación de los ciclones de remolienda.

3.4.4.3 Espesamiento prelixiviación

La corriente de rebose de los ciclones del circuito de remolienda fluirá por gravedad directamente a la caja de alimentación del espesador de prelixiviación. La solución de rebose del espesador de prelixiviación fluirá por gravedad al tanque de agua de lixiviación.

El flujo inferior (underflow) del espesador de prelixiviación, al 45% de sólidos, se bombeará a la caja de distribución de alimentación de lixiviación.

El área del espesador de prelixiviación será atendida por una bomba de sumidero de piso. Los derrames y el lavado recogidos por la bomba se devolverán a la caja de alimentación del espesador.

3.4.5 Lixiviación

La lixiviación es un proceso hidrometalúrgico mediante el cual se disuelve selectivamente el oro y la plata contenidos en el mineral finamente molido, utilizando una solución lixivante en presencia de oxígeno. Durante la lixiviación, el oro y la plata se solubilizan formando complejos metálicos cianurados, los cuales permanecen en la solución (solución rica); para posteriormente, pasar a la adsorción con carbón activado para la recuperación de los metales disueltos.

El flujo del espesador de lixiviación se bombeará a la caja de alimentación de lixiviación. Desde esta caja, la pulpa fluirá por gravedad a un tanque de pre-aireación, seguido de los tanques de lixiviación.

El circuito de lixiviación de concentrado constará de seis tanques de pulpa agitados mecánicamente que operarán en serie. Este circuito proporcionará un tiempo de residencia de 6 horas para la pre-aireación y 30 horas para la lixiviación, a una velocidad de alimentación de diseño de 6 Mt/a, con una extracción de masa de concentrado de flotación del 5% y una densidad de pulpa de 35% de sólidos (p/p). El tiempo de residencia de lixiviación seleccionado de 30 h incluye un factor de diseño para permitir que se evite un tanque de purín y aun así lograr un tiempo de residencia de 24 h. Cada tanque de pulpa tendrá un volumen operativo de 500 m³.

Las condiciones objetivo de lixiviación de concentrados incluyen: un pH de 10,5 a 11 mantenido con lechada de cal apagada, 1 kg / t de nitrato de plomo, 2 g / L de cianuro de sodio y niveles de oxígeno disuelto de 20 a 25 g/L.

El oxígeno generado en el sitio se agregará a cada uno de los seis tanques de pulpa a través de dispositivos de adición de oxígeno y bombas de pulpa dedicadas para contacto con oxígeno. La lechada de cal apagada se agregará a través de una tubería anular tanto a la caja de distribución de alimentación, como a los tanques de lixiviación según sea necesario.

Los analizadores de cianuro para el monitoreo en línea de la concentración de cianuro libre permitirán la adición controlada de solución de cianuro de sodio a los tanques según sea necesario.

Si un tanque de lixiviación está fuera de línea para mantenimiento, será posible evitar cualquiera de los tanques de lixiviación. La capacidad de derivar los tanques será posible gracias a la instalación de compuertas neumáticas ubicadas dentro de las canaletas entre etapas de lixiviación.

El circuito de lixiviación será atendido por dos bombas de sumidero de piso. Las bombas devolverán el derrame de lodo a un tanque de lixiviación cercano y las aguas lluvias o escorrentía a la caja de alimentación del espesador de prelixiviación.

3.4.6 Carbón en pulpa (CIP)

El proceso de adsorción con Carbón en Pulpa (CIP) es una técnica hidrometalúrgica utilizada para la recuperación de oro y plata disueltos durante la etapa de lixiviación. En este método, la solución rica en complejos cianurados de los metales preciosos entra en contacto directo con carbón activado, el cual posee una alta capacidad de adsorción. En CIP, la pulpa de mineral lixiviado (mezcla de sólidos y solución) se conduce a una serie de tanques agitados en cascada, donde se adiciona carbón activado. A medida que la pulpa avanza de un tanque a otro, el carbón adsorbe los complejos metálicos, concentrando progresivamente el oro y la plata. Este flujo suele ser contracorriente, optimizando la eficiencia de captura del metal.

El circuito de carbón en pulpa CIP constará de seis tanques CIP agitados mecánicamente, que funcionarán en serie. Cada tanque CIP tendrá un volumen operativo de 200 m³. El volumen total de los tanques CIP excederá el tiempo de residencia requerido de 6 h en el rendimiento de la planta de diseño y la densidad de pulpa, pero garantizará que se logre un tiempo de residencia suficiente si la densidad del lodo se diluye por el retorno de derrames de las bombas de sumidero o por los rociadores de agua utilizados en la zaranda de recuperación de carbón cargado.

El circuito de lixiviación disolverá el oro presente y el circuito CIP recuperará este oro disuelto por adsorción de carbón. El carbón activado se retendrá en cada uno de los tanques CIP mediante una zaranda entre tanques o inter-etapa.

A medida que la pulpa fluye a través de los tanques CIP, el carbón avanzará a contracorriente del flujo del lodo. Esto se gestionará manteniendo un balance adecuado de carbón en cada tanque CIP, realizando mediciones periódicas de la concentración de este. El avance del carbón se logrará mediante bombas de transferencia equipadas con un impulsor de carbón.

El carbón cargado desde el primer tanque CIP se bombeará a la zaranda de recuperación de carbón cargado, donde se lavará para eliminar el exceso de lodo. El bajo flujo (underflow) de pulpa (desagüe inferior de la criba) fluirá por gravedad hasta el tanque CIP de origen, mientras que el carbón cargado fluirá por gravedad hacia la columna de lavado ácido.

El carbón regenerado (o carbón fresco) se agregará al circuito CIP desde el circuito de regeneración de carbón. El carbón regenerado (o carbón fresco) se bombeará al circuito CIP a través de una zaranda de clasificación de carbón estéril o descargado. La zaranda eliminará el exceso de agua y los finos de carbón. El carbón deshidratado se descargará en el último tanque CIP en línea con el exceso de agua y finos de carbón dirigidos a la tolva de recolección de finos de carbón. Desde allí, se bombeará a través de un filtro de finos de carbón a la bomba de sumidero del área, que luego bombea el agua filtrada a la caja de la bomba de relaves CIP para su eliminación.

La pulpa que descarga del último tanque CIP fluirá por gravedad hacia la zaranda de seguridad de carbón. Esta capturará y recuperará cualquier carbón que salga del circuito CIP. El sobre tamaño capturado en la zaranda será enviado a un contenedor de finos de carbón, mientras que el bajo flujo se bombeará a la caja de alimentación del circuito de destrucción de cianuro.

Si un tanque CIP está fuera de línea por mantenimiento, será posible omitir cualquiera de los tanques CIP. La capacidad de derivar los tanques será posible gracias a la instalación de compuertas neumáticas ubicadas dentro de las canaletas entre etapas del tanque CIP.

El circuito CIP estará equipado por bombas de sumidero de piso. Las bombas devolverán cualquier derrame a un tanque CIP cercano o a la caja de distribución de alimentación CIP, según corresponda.

3.4.7 Lavado, elución y electro-obtención

Estas actividades constituyen el proceso metalúrgico mediante el cual se recupera el oro y la plata adsorbidos en el carbón activado utilizado en el circuitos de CIP. Estas operaciones permiten liberar los metales desde el carbón, concentrarlos nuevamente en una solución rica y posteriormente obtenerlos en forma metálica.

La desorción, también conocida como elución, es el proceso mediante el cual el carbón activado cargado (carbón enriquecido) es sometido a condiciones físico-químicas que permiten liberar los complejos metálicos cianurados previamente adsorbidos. El principio operativo consiste en romper el equilibrio de adsorción, generando que los complejos cianurados de oro y plata pasen desde la superficie del carbón hacia la solución. El resultado es la obtención de una solución rica eluida, altamente concentrada en oro y plata.

Por su parte la electro-obtención o Electrowinning es el proceso mediante el cual los iones de oro y plata presentes en la solución rica son reducidos y depositados en forma de lodos metálicos sobre cátodos metálicos, mediante la aplicación de una corriente eléctrica directa. Los lodos metálicos generados se retiran del cátodo, se lavan y posteriormente se llevan a la etapa de secado y fundición, obteniendo barras doré de oro-plata.

El circuito de desorción de carbono incluye columnas separadas de lavado ácido y elución de tamaño equivalente. Se utilizará un lavado ácido frío para eliminar las incrustaciones inorgánicas del carbón. Después del lavado ácido, la desorción de oro del carbón se logrará utilizando un circuito de elución de Zadra a presión. Un tamaño de columna de elución de 4 t operado diariamente puede satisfacer los movimientos de carbón requeridos para el circuito CIP. El circuito Zadra de presión se puede operar hasta dos veces al día según sea necesario. El oro disuelto se recuperará de la solución preñada o enriquecida de elución mediante electro obtención, utilizando cátodos de malla de acero inoxidable tejidos.

El reactor de cianuración intensiva (ICR) también producirá una solución preñada que será procesada por electro obtención. Se utilizará una celda de electro-obtención dedicada y tanques de almacenamiento de solución preñada del ICR para la recuperación de oro en los cátodos de la celda de electro-obtención.

Los lodos de oro recogidos en las celdas de electro-obtención se recuperarán en una tolva de lodos, desde donde se filtrarán a través de un filtro prensa de lodos, con el fin de separar los sólidos del agua.

La torta de filtración con oro se secará térmicamente en un horno de secado eléctrico. La torta seca se mezclará con una mezcla de fundente prescrita (sílice, nitrato de sodio y bórax), antes de cargarse en el horno de inducción eléctrica. El metal fundido se verterá en moldes para formar lingotes doré, que se limpiarán, ensayarán, estamparán y almacenarán en una bóveda segura lista para su envío. La escoria producida se devolverá periódicamente al circuito de molienda, a través de la tolva de alimentación del molino SAG.

3.4.8 Fundición

La fundición es el proceso final para la obtención del Doré. Es la etapa metalúrgica en la cual los lodos metálicos obtenidos en los otros procesos se someten a altas temperaturas con el fin de separar y purificar el oro y la plata, obteniendo como producto final.

El material precipitado, previamente secado, será mezclado con sílice, bórax, carbonato de sodio y nitrato de potasio, reactivos adicionados para facilitar el proceso, dado que ayudan a reducir los puntos de fusión, y a mejorar la fluidez del fundido y la formación de escoria. La mezcla del precipitado con los reactivos es conocida como carga de fundición.

Esta carga será ingresada en crisoles al horno eléctrico previamente calentado a temperaturas entre 1,200 y 1,300°C. Una vez fundida la mezcla se retira del horno y es vaciada en las lingoteras. Al realizar este vaciado, el metal fundido desplaza la escoria del molde dejándola en la parte superior, la cual luego es recuperada y almacenada en tanques. Los gases del horno de fundición serán pasados por un filtro de gases antes de ser expulsados por la chimenea.

Cuando la mezcla fundida se enfría se vacían los moldes y se retira la escoria de las barras. Cada barra deberá ser muestreada, pesada y marcada, antes de ser almacenada en la caja de seguridad del cuarto del oro, para su posterior recolección y transporte.

Los tanques y filtros de solución rica, la adición de zinc, y los tanques de preparación de tierra diatomácea estarán ubicados en un área cercada y con acceso limitado. Los filtros de precipitado, los hornos de secado, el horno de fundición y la caja de seguridad del oro estarán ubicados en el cuarto del oro, el cual será una construcción de concreto dotada con baños, cocineta, oficinas y con acceso limitado y controlado de personal.

3.4.9 Regeneración de carbón

La regeneración o reactivación del carbón activado es una etapa esencial dentro de los procesos de CIP (Carbón en Pulpa), cuyo objetivo es restaurar la capacidad adsorbente del carbón después de que ha sido utilizado para capturar los complejos cianurados de oro y plata.

Durante el uso en los circuitos de adsorción, el carbón se satura parcialmente con los metales preciosos y, además, se contamina con compuestos orgánicos, inorgánicos o finos

de mineral que reducen su eficiencia. La regeneración permite prolongar la vida útil del carbón activado y garantizar la eficiencia del proceso metalúrgico.

Después de la elución, el carbón estéril (descargado) se bombeará desde la columna de elución al circuito de regeneración de carbono. El carbón y el agua de transferencia se dirigirán a la rejilla de alimentación del horno de regeneración, lo que permitirá eliminar el exceso de agua antes de que el carbón se descargue en la tolva de alimentación del horno de regeneración.

El carbón se retirará de la tolva de alimentación del horno de regeneración a través del alimentador de tornillo del horno y se descargará directamente en el horno de regeneración de carbón. Dentro del horno rotatorio horizontal eléctrico, el carbón se calentará a 650 ° C para eliminar las incrustaciones orgánicas volátiles de la superficie del carbón, restaurando así su actividad y capacidad de adsorción.

El carbón reactivado que sale del horno se descargará a la tolva de enfriamiento de carbón y luego se bombeará a la zaranda de clasificación de carbón estéril ubicada sobre el circuito CIP.

3.4.10 Destrucción del cianuro

La detoxificación de colas con cianuro es el proceso mediante el cual se reducen o neutralizan las concentraciones de cianuro residual presentes en las colas (relaves) provenientes de los circuitos de lixiviación y adsorción, con el fin de cumplir los límites ambientales establecidos en la normativa colombiana y minimizar los impactos sobre los cuerpos de agua y los ecosistemas.

Este proceso se basa en reacciones químicas que degradan los complejos de cianuro libre y cianuro WAD (Weak Acid Dissociable) hasta convertirlos en compuestos menos tóxicos, como cianato, que posteriormente se descompone en nitratos y carbonatos.

Los relaves del circuito CIP se bombearán al tanque de destrucción de cianuro donde se logrará la destrucción de cianuro utilizando el proceso SO₂ / aire. En este proceso, se agregará metabisulfito de sodio, aire, sulfato de cobre (catalizador) y lechada de cal apagada (según sea necesario) para oxidar el cianuro residual libre y débilmente disociable en ácido (WAD) a cianato. El circuito de destrucción reducirá el cianuro residual contenido en la corriente de relaves a menos de 10 mg/L de cianuro WAD. El circuito de destrucción de cianuro consistirá en un tanque agitado mecánicamente con un tiempo de residencia de 240 min.

La suspensión que descarga el circuito de destrucción de cianuro fluirá por gravedad al tanque de relaves de lixiviación de concentrado. Se instala un muestreador del proceso de descarga de destrucción de cianuro en la línea de descarga para recolectar muestras para el monitoreo y garantizar que el proceso de destrucción de cianuro se haya completado de manera efectiva.

3.4.11 Colas o relaves de lixiviación y flotación

3.4.11.1 Transporte y disposición de colas o relaves de lixiviación

Después de la destrucción del cianuro, los relaves de lixiviación se bombearán al área de manejo de colas licenciada, la cual no es objeto de modificación. La descarga de los relaves de lixiviación se realiza de manera subacuática, de acuerdo con lo aprobado y según las especificaciones dispuestas en la licencia actual del proyecto.

El sistema de bombeo de las colas de lixiviación, al igual que el sistema de bombeo de colas de flotación, transportará el material desde la planta de procesamiento hasta la presa de colas, los cuales operarán de forma simultánea pero independiente.

Al relocalizar la ubicación de la planta al este del tajo Gramalote, también se acercó la planta de beneficio al área de manejo de colas, localizada en la cuenca de la quebrada La Palestina, y en este sentido la distancia de transporte y bombeo de los relaves también se disminuye.

3.4.11.2 Espesamiento y transporte de colas o relaves de flotación

Los relaves del circuito de flotación se bombearán a través de un muestreador metalúrgico, y posteriormente serán enviados al espesador de relaves de flotación, en la planta de beneficio. La solución de rebose del espesador de relaves de flotación fluirá por gravedad al tanque de agua de proceso, desde donde será redistribuida hacia diversos servicios de la planta. El flujo inferior (underflow) del espesador, a una densidad de lodo del 55 al 60% de sólidos, se bombeará al tanque de relaves de flotación, desde el cual posteriormente será transportado al circuito de ciclonado, y depositado en la presa de colas, la cual no es objeto de modificación.

El alineamiento para el transporte de colas (tanto de flotación, como de lixiviación) se ha diseñado de tal manera que se siguieran los derechos de vía durante la construcción y operación del proyecto, y al mismo tiempo proporcionando una ruta que redujera puntos altos significativos que puedan ocasionar problemas operativos, tal y como se planeó para la línea de transporte de agua reciclada.

Las colas de flotación con previo espesamiento serán bombeadas a través de un ducto desde la planta hasta el circuito de ciclones. Este alineamiento cuenta con una longitud total de un poco menos de 4 Km.

Como se mencionó anteriormente, el transporte de colas se realizará con la misma alineación, pero mediante dos líneas separadas; es decir, la conducción de las colas de flotación por una línea hasta llegar inicialmente hasta la estación terminal y a la estación de ciclones y las colas de lixiviación (detoxificadas) conducidas para su disposición subacuática en el espejo de agua en el área de manejo de colas (no objeto de modificación).

3.4.11.3 Circuito de ciclones

Las colas de flotación se bombearán a través de tres bombas de lodo en serie hasta un tanque localizado en la estación terminal. Desde allí, fluirá por gravedad a través de tres cajas de caída o estructuras disipadoras hasta llegar a una estación de estrangulamiento, la cual regula el caudal y la presión para evitar sobretensiones o golpe de ariete en la conducción. Posteriormente, las colas continuarán a través de una última caja de caída antes de llegar al tanque de relaves de flotación en el área de ciclones.

Una vez en esta etapa, las colas de flotación serán diluidas y bombeadas hacia hidrociclones individuales para separar la fracción fina o lamas y la fracción gruesa o arenas, para su depositación en la presa de colas (no objeto de modificación).

Los ciclones estarán emplazados sobre la corona de la presa, y por lo general, se operarán cuatro o cinco ciclones de servicio a la vez para proporcionar deposición de arena donde sea necesario. A medida que avanza la depositación, las estructuras ciclónicas se excavan y reubican periódicamente para mantener los perfiles de terraplén requeridos.

Para el análisis hidráulico se tuvieron en cuenta los valores mínimos y máximos de producción de sobreflujos en la planta de ciclones. Durante la etapa inicial de operación, el transporte de la fracción fina de las colas se realizará por gravedad con sumideros intermedios tipo caja. Los sumideros tendrán aproximadamente 15 m de altura y sus cabezales estarán conectadas por medio de tubería de acero al carbón de 20" con recubrimiento de caucho. La ubicación y altura de los sumideros permitirá disipar de 30 a 40 m de cabeza hidráulica mientras se mantiene un nivel mínimo de suspensión para prevenir erosión en el fondo de los sumideros.

Luego de que la cresta de la presa llegue a una elevación de 855 m s.n.m., el transporte y distribución se realizará bombeando desde la estación de ciclones a una tubería de HDPE de 30" de diámetro por medio de la instalación de 2 bombas centrífugas configuradas en paralelo.

El agua recuperada desde el área de manejo de colas será transferida al tanque de agua recuperada en la estación de regulación, mediante bombas de decantación. De allí, un juego de bombas suministrará agua de dilución para los ciclones y agua de sello al área de la estación terminal; mientras que otro juego de bombas retornará el agua hacia el tanque principal de agua de recuperada de la planta de proceso.

3.4.12 Área de manejo y presa de colas

El propósito principal del depósito de colas es garantizar un almacenamiento seguro y adecuado de las colas o relaves generados en el proceso de beneficio.

Las obras y/o actividades asociadas al manejo de las colas o relaves, como son la presa de colas, el área de manejo de colas, y sus obras anexas o requeridas para la construcción y operación de estas facilidades, como la ataguía y tubería de desviación, la presa de arranque, los portales y el túnel de decantación, el pozo de recolección de infiltraciones; así como su infraestructura de soporte, como lo son el sedimentador Campamento y el sedimentador presa de colas (y sus obras anexas, vertederos de emergencia y presa), no

son obras objeto de modificación. En este sentido, estas obras no presentan modificaciones respecto de lo autorizado, por lo cual no será objeto de ajuste en el presente estudio de impacto ambiental; y en consecuencia, se mantiene íntegramente de acuerdo con lo establecido en el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015, y el numeral 1 del Artículo Segundo de la Resolución 000782 de 2019, y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 1 (DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE LA MODIFICACIÓN) del Complemento al EIA y que forman parte del radicado 2018045368-1-000 abril 17 de 2018, según corresponda. [Ver respuesta al Requerimiento 9 del Acta de Información Adicional No 30 del 26 de junio de 2026.](#)

3.5 INSUMOS DEL PROYECTO

3.5.1 Materiales pétreos

El manejo de agregados para la fase constructiva del Proyecto contempla la planificación, explotación, procesamiento, transporte y almacenamiento de los materiales pétreos, suelos granulares y enrocados requeridos para la ejecución de la infraestructura minera.

[De acuerdo con la estimación preliminar de las necesidades de la obra, el volumen total de materiales agregados requeridos asciende aproximadamente a 130.000 m³, distribuidos de la siguiente manera:](#)

- 65.000 m³ de agregados destinados a la producción de concretos.
- 65.000 m³ de material para capas de base.

Como resultado de la optimización del diseño operacional, se suprimen las Canteras 1 y 2 de la licencia ambiental vigente, y se incorpora como nueva fuente estratégica las Áreas de Aprovechamiento Superficial del PIT (tajo) (AASP), ubicadas sobre la huella del futuro tajío, en una fase previa a su operación.

La Cantera Golder se mantiene como fuente de material asociada a las obras de la presa de colas y accesos relacionados.

En caso de que por el balance de masas y/o calidad de los materiales de corte se requieran materiales de préstamo adicional se podrá utilizar las siguientes posibles opciones:

- Adelantar trabajos de extracción de áreas dentro del tajío Gramalote que cumplan con los requerimientos de calidad de material (dureza, humedad, consistencia).
- Adquirir materiales de agregados de terceros que existan en el área del proyecto.

[Con base en lo anterior, se adelanta la identificación de fuentes potenciales de suministros de materiales de construcción con el propósito de verificar capacidad de producción y disponibilidad frente a la demanda de las obras y atender los volúmenes estimados del proyecto.](#)

[Como parte de esta gestión, se solicitó a las canteras potenciales la siguiente información:](#)

- La licencia ambiental vigente, ya que estas constituyen el soporte que acredita la autorización ambiental para el desarrollo de la actividad extractiva.
- Confirmación de la capacidad de producción y disponibilidad para suministrar los volúmenes requeridos.
- Copia del Título o licencia minera vigente, para las canteras, Agregados El Hatillo, Luis Echeverry y Pavimentar.
- Documentación adicional que soporte la legalidad y operación de la fuente de materiales.

Se han recopilado información de diferentes fuentes de materiales identificados como potencialmente viables para el suministro de agregados del proyecto, ubicados en distintos municipios de Antioquia. (ver ANEXOS_DESCRIPCION_MATERIALES_PETREOS), es importante señalar que una vez se inicien la etapa de construcción y montaje, y de manera continua se realizará la revisión de proveedores que cuenten con la documentación minera, ambiental y legal vigente.

El material extraído será transportado a la zona de servicios donde estará ubicada una planta para la trituración y clasificación de agregados según la granulometría requerida, y transportado a los lugares donde sea requerido: planta, plataformas, vías, campamentos, etc. En esta misma zona o en los frentes de obra se realizará la preparación de concretos.

El esquema de abastecimiento se fundamenta en los siguientes criterios técnico-ambientales:

- Optimización del uso del suelo, al concentrar la explotación en la misma huella del tajo, evitando apertura de nuevas áreas.
- Menor tránsito de maquinaria y menores distancias de acarreo, lo que reduce consumo de combustible y emisiones asociadas.
- Coherencia con el principio de economía circular minera, aprovechando el recurso en sitio antes del desarrollo del tajo.
- Garantía de seguridad operacional al anticipar explotación superficial en una fase no concurrente con el tajo definitivo.

Desde la cantera Golder se obtendrá el material de préstamo que será utilizado para la construcción de la presa de arranque y ataguía, al igual que el material de relleno que se utilizará en la construcción de caminos dentro de la zona del depósito de colas.

La Cantera Golder es una obras no objeto de modificación, y en este sentido, no presentan modificaciones respecto de lo autorizado, por lo cual no será objeto de ajuste en el presente estudio de impacto ambiental; y en consecuencia, se mantiene íntegramente de acuerdo con lo establecido en el Artículo Segundo de la Resolución 1514 de 2015, y los lineamientos y especificaciones descritos en el Capítulo 2 (DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO) del EIA y que forman parte del radicado 2015009086-1-000 de febrero 23 de 2015.

Las cantidades anteriormente indicadas corresponden a una estimación preliminar de materiales de construcción y podrán ajustarse durante las etapas posterior de ingeniería de detalle y desarrollo constructivo del proyecto, de acuerdo con diseños definitivos y las especificaciones técnicas que se adopten.

No obstante, su estado operativo, disponibilidad, capacidad de producción, condiciones de acceso, situación legal, permisos ambientales o aptitud para el suministro de materiales podrán variar al momento de la ejecución del proyecto. En consecuencia, previo al inicio de las actividades constructivas, deberá realizarse una nueva evaluación técnica y de mercado de las canteras y demás fuentes de materiales potenciales, con el propósito de verificar su idoneidad, disponibilidad, capacidad de abastecimiento y cumplimiento de los requisitos técnicos, ambientales, legales y logísticos vigentes, garantizando así la selección de las alternativas más adecuadas para las necesidades del proyecto

3.5.2 Materiales y productos químicos

A continuación, se presenta la descripción de insumos del Proyecto Gramalote, detallando los tipos de sobrantes previsibles, sus volúmenes de referencia, clasificación, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final durante las etapas de construcción y operación.

3.5.2.1 Etapa de construcción y montaje

3.5.2.1.1 Tipos, volúmenes y manejo preliminar

La construcción incluye movimiento de tierras, vías y plataformas, obras civiles, montaje mecánico y eléctrico, planta de proceso, talleres, facilidades mineras, depósito de relaves y actividades iniciales de pre-minería. A continuación, en la Tabla 3.138, se presenta los tipos de materiales, volúmenes y el manejo de sobrantes que se tendrán para esta etapa.

Tabla 3.138 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de materiales y productos químicos

Corriente	Fuente principal	Estimación preliminar	Clasificación y manejo
Combustible diésel fuera de especificación, fondos de tanques y mezclas agua-combustible	Tanques temporales, carrotanques, generadores, maquinaria y limpieza de sistemas	3-10 m³/año	RESPEL líquido. Recuperación separada, almacenamiento en tanque o recipiente cerrado, análisis cuando corresponda y entrega para aprovechamiento o tratamiento.
Aceites lubricantes usados	Excavadoras, tractores, camiones articulados, grúas, generadores, compresores y equipos de montaje.	35-75 m³/año	Drenaje controlado, recolección separada y entrega a gestor autorizado. No mezclar con solventes, refrigerantes o agua.
Grasas lubricantes vencidas o contaminadas	Lubricación de maquinaria, rodamientos, cables y montaje mecánico	2-6 m³/año	Recipientes cerrados y compatibles. No mezclar con aceite usado ni con residuos ordinarios.

Corriente	Fuente principal	Estimación preliminar	Clasificación y manejo
Solventes, desengrasantes y diluyentes agotados	Limpieza de piezas, montaje mecánico, talleres y pintura	1-4 m³/año	Segregación por compatibilidad; almacenamiento en área para inflamables y entrega a gestor.
Pinturas, recubrimientos, resinas, adhesivos y endurecedores sobrantes	Protección anticorrosiva, impermeabilización, obras civiles y montaje	2-6 m³/año	Mantener en envases compatibles; gestionar separadamente según composición y hoja de seguridad.
Envases contaminados con combustibles, aceites, grasas, solventes o pinturas	Talleres, bodegas y frentes de obra	8-20 m³/año	Retorno al proveedor cuando sea viable. Los envases no descontaminados se manejarán como RESPEL.
Absorbentes, trapos, arenas, EPP y materiales contaminados	Atención de goteos, mantenimiento y contingencias	8-20 m³/año	Recipientes cerrados, identificados y resistentes; entrega a gestor autorizado.
Lodos oleosos de separadores y lavado de equipos	Taller temporal, zona de lavado y sistemas de contención	3-10 m³/año	Deshidratación o tratamiento por gestor; prohibida la descarga a suelo o drenajes.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.5.2.1.2 Capacidad preliminar de manejo

- Generación anual estimada, sin incluir RCD, residuos ordinarios, chatarra limpia ni embalajes de explosivos: 60-140 m³/año.
- Capacidad anual de diseño recomendada, incorporando contingencia operacional: 80-170 m³/año.
- Generación acumulada para 24 meses de construcción: aproximadamente 120-350 m³.
- El volumen acumulado no corresponde al inventario simultáneo, porque se programarán retiros periódicos y se limitará la ocupación del centro de acopio.
- Evitar doble conteo. Los residuos de construcción y demolición, material sobrante de excavación, residuos domésticos y chatarra limpia se gestionan como corrientes independientes y no se suman a los volúmenes de esta sección.

3.5.2.2 Etapa de operación

La operación considera la planta de oro de aproximadamente 6 Mt/año y la mina de 35 Mt/año. La estimación bottom-up para la flota minera se basa en horas de operación, capacidades de sistemas y frecuencias de mantenimiento de los equipos principales y auxiliares.

3.5.2.2.1 Valores base de talleres y mantenimiento

A continuación, se relacionan los valores que se tendrán como referencia, para la generación de sobrantes durante la etapa de operación en talleres y áreas de mantenimientos

- Filtros usados: 15,0 m³/año promedio y 23,2 m³/año máximo.
- RESPEL de talleres: 184-242 m³/año en un año promedio.
- RESPEL de talleres: 285-374 m³/año en el año máximo.
- Capacidad anual recomendada de manejo: 340-450 m³/año.

Tabla 3.139 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de materiales y productos químicos - operación

Corriente	Estimación anual	Clasificación y manejo
Combustible diésel fuera de especificación, fondos de tanques y mezclas contaminadas	5-15 m³/año	Incluye purgas, limpieza de tanques y combustible contaminado. No corresponde al consumo total de diésel.
Aceite lubricante usado	119,7 m³/año promedio; 187,7 m³/año máximo	Recolección segregada y trazable. Mantener libre de solventes, refrigerantes y agua para facilitar aprovechamiento.
Grasas vencidas, contaminadas o no recuperables	3-8 m³/año	No incluye la grasa efectivamente consumida; corresponde a remanentes, contaminación y limpieza.
Solventes y desengrasantes agotados	2-6 m³/año	Talleres de mina y planta, laboratorio y mantenimiento eléctrico y mecánico.
Filtros de aceite y combustible drenados	15,0 m³/año promedio; 23,2 m³/año máximo	Almacenamiento bajo cubierta y sobre superficie impermeable; drenaje previo cuando sea técnicamente seguro.
Envases contaminados con lubricantes y productos de mantenimiento	12-24 m³/año promedio; 19-38 m³/año máximo	Incluidos dentro del total de RESPEL de talleres. Favorecer recipientes retornables y suministro a granel.
Absorbentes y trapos contaminados	6-12 m³/año promedio;	Incluidos dentro del total de RESPEL de talleres.

Corriente	Estimación anual	Clasificación y manejo
	9-19 m ³ /año máximo	
Lodos oleosos y sedimentos de separadores	4-10 m ³ /año, preliminar	Validar con diseño de talleres, frecuencia de limpieza y tratamiento de aguas oleosas.
Pinturas, aerosoles, adhesivos y resinas sobrantes	2-6 m ³ /año, preliminar	Segregar según compatibilidad y mantener en envases cerrados.
Productos químicos vencidos o fuera de especificación de la planta	Variable; meta inferior a 0,1 % del consumo recibido	Devolución al proveedor o gestión especializada. No mezclar productos incompatibles.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.5.3 Energía

Durante la etapa de construcción y montaje se solicitarán conexiones provisionales a las redes de Empresas Públicas de Medellín (EPM), como Operador de Red del sistema de transmisión regional (STR) de los circuitos de media tensión en 44 y 13,2 kV que se encuentran instalados paralelos a la Ruta Nacional 62, a lo largo del proyecto Gramalote. La instalación consistirá básicamente de transformadores instalados en postes y líneas aéreas de acuerdo con la demanda y potencia requeridas.

En algunos casos en que los frentes de obra están muy retirados y ejecuten trabajos de corta duración que no amerite una instalación desde el STR, se emplearán generadores o plantas eléctricas para suministrar la energía eléctrica requerida en ese frente.

3.5.3.1 Planta de generación térmica a gas natural

El suministro de energía eléctrica para la operación del proyecto se contempla realizar mediante la instalación y operación de una central eléctrica destinada a suministrar electricidad al proyecto a partir del aprovechamiento del gas proveniente de la infraestructura de gas existente. La central contará con cuatro motores a gas, con una capacidad instalada total de 44 MW, suficiente para cubrir las demandas máximas del proyecto, estimadas en 30 MW. Tres motores estarán en operación continua y uno quedará en reserva. Se integrarán sistemas de desconexión de carga para gestión y seguridad operativa. El propietario de la tubería será el responsable de proporcionar la conexión hasta el sitio.

La generación se realizará a una tensión nominal de 13,8 kV, con capacidad de operación en modo isla, independiente del Sistema Interconectado Nacional (SIN), suministrando energía de manera exclusiva a las cargas internas de Gramalote.

3.5.3.1.1 Fuentes de energía y combustibles

El combustible utilizado en la central de generación será gas natural. Este gas es transportado hasta el sitio del proyecto a través del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural (SNT), mediante un ramal de conexión que garantiza la presión, calidad y disponibilidad necesarias para el funcionamiento de los motogeneradores.

El consumo total estimado de gas natural para la operación de la planta, asumiendo la atención de demanda promedio, en configuración N+1 (operación normal de tres unidades y una de respaldo), es de 45.664.139 Sm³/año, equivalente a un consumo promedio de aproximadamente 5.212 Sm³/h.

En cuanto al consumo considerando la generación a máxima carga, es decir, los tres motores operando al 100% del factor de carga, sería de 58.533.084 Sm³/año.

El uso de gas natural como combustible primario representa una alternativa ambientalmente favorable frente a los combustibles líquidos convencionales (como el diésel o fuel oil), debido a su menor contenido de carbono y azufre, y a la reducción significativa en la generación de material particulado, SO₂ y NO_x. Asimismo, el alto poder calorífico del gas natural permite una combustión más eficiente y completa, reduciendo la formación de hollín.

3.5.3.1.2 Descripción técnica del sistema de generación térmica

La planta de generación estará conformada por cuatro (4) motores reciprocantes a gas natural, con potencia eléctrica neta unitaria de 11 MW, que operarán bajo una configuración N+1. Esto significa que tres unidades permanecerán en servicio normal y una en condición de reserva caliente o lista para respaldo, garantizando la continuidad del suministro durante mantenimientos programados o contingencias.

Cada motor acciona un generador sincrónico trifásico con salida a 13,8 kV, frecuencia nominal de 60 Hz y factor de potencia de 0,8. La operación se desarrollará en modo isla, entregando energía exclusivamente a Gramalote, sin conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Cada unidad motogeneradora convierte la energía química del gas natural en energía mecánica mediante un ciclo Otto de cuatro tiempos. El gas y el aire se mezclan en el sistema de admisión, son comprimidos en el cilindro y se encienden por chispa controlada electrónicamente. El movimiento alternativo del pistón se transforma en rotación del cigüeñal, el cual transmite el par mecánico al generador acoplado para producir electricidad.

El sistema de control electrónico del motor regula las condiciones de combustión, velocidad y sincronización, optimizando el rendimiento y minimizando las emisiones contaminantes.

3.5.3.1.3 Sistemas de interconexión entre los diferentes procesos y áreas

La planta de generación está compuesta por diversas áreas y sistemas que operan de forma integrada para garantizar la continuidad del proceso térmico y la seguridad operacional.

Las áreas principales que conforman la central son:

- Casa de máquinas, donde se ubican los cuatro motogeneradores y sus sistemas asociados.
- Área de radiadores, donde se disipa el calor de los circuitos de enfriamiento.
- Estación de Regulación y Medida (ERM) para el gas natural.
- Cuarto eléctrico y de control, que alberga los tableros de media y baja tensión, el sistema SCADA y el tablero maestro.
- Área de servicios auxiliares, que incluye compresores de aire, bombas de agua industrial, drenajes y tanques de aceite usado.

Estos componentes están interconectados mediante redes de tuberías, bandejas eléctricas, líneas de comunicación y sistemas de drenaje que conforman una infraestructura integral de operación. A continuación, se presenta el esquema conceptual de la planta:

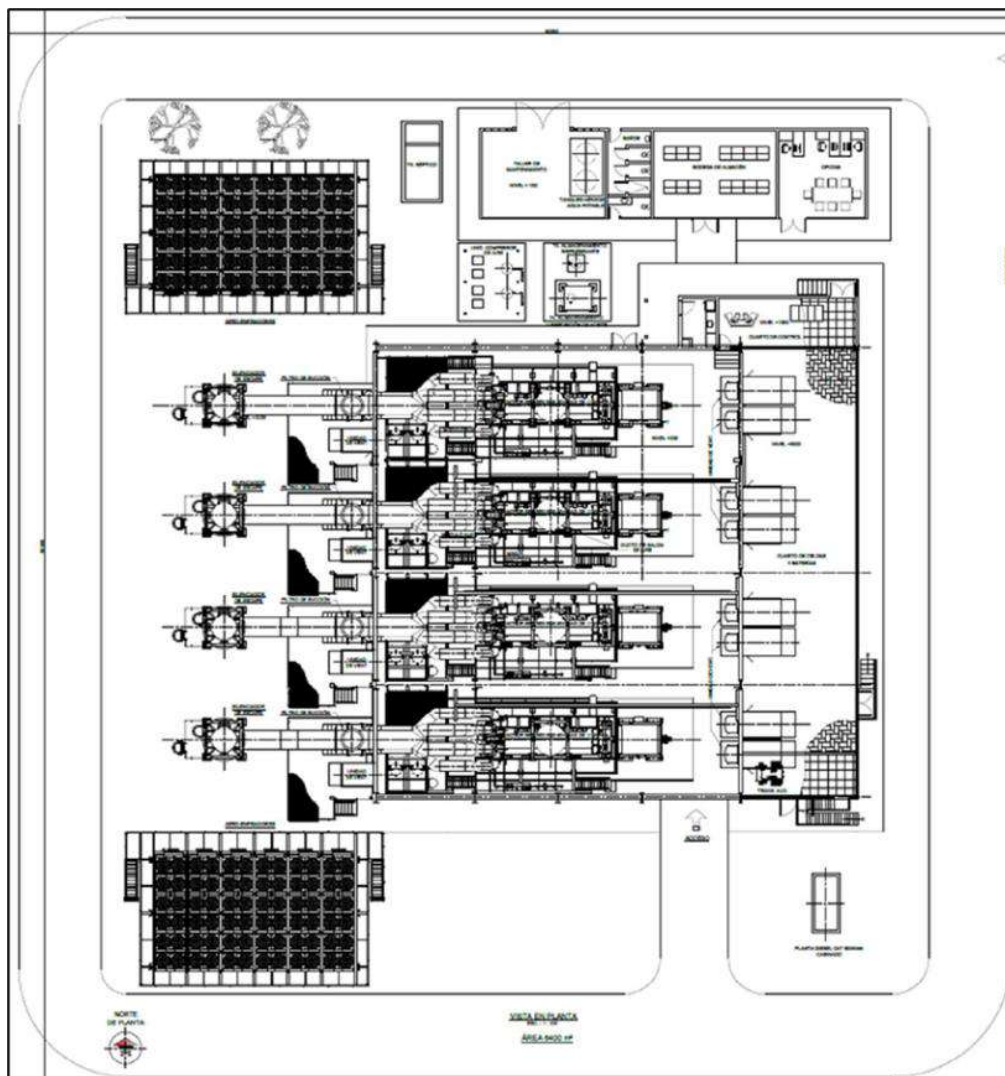


Figura 3.85 Esquema general conceptual de la planta de generación

Fuente: Promigas, 2025.

3.5.3.1.4 Sistemas eléctricos

A continuación, se listan los principales componentes eléctricos que conformarán la central termoeléctrica a gas natural de 44 MW:

- Switchgear de media tensión (13,8 kV) con equipos de protección, medida y control.
- Switchgear de baja tensión (480/220–127 V) para la alimentación de cargas auxiliares.
- Transformadores de servicios auxiliares 13,8/0,48 kV.
- Sistema de control y sincronización de generación.

- Sistema de arranque en negro (black start) mediante motogenerador diésel paquetizado.

Descripción general del sistema eléctrico de potencia

El sistema eléctrico de potencia está compuesto por cuatro generadores sincrónicos trifásicos acoplados a los motores Bergen B36:45V20AG, los cuales entregan su energía a 13,8 kV. Dado que la planta operará en modo isla, la energía generada se distribuirá directamente a las cargas internas del cliente a este mismo nivel de tensión.

El sistema contempla dos transformadores de servicios auxiliares para alimentar los sistemas de baja tensión, así como los equipos de protección, medida, sincronización y control requeridos para la operación segura y confiable de la central.

El sistema eléctrico incluye:

- Tablero principal de media tensión (13,8 kV) con celdas tipo metal-clad, interruptores al vacío y relés digitales multifunción.
- Tablero de baja tensión (480 V) para la alimentación de servicios auxiliares y tableros secundarios de 220/127 V.
- Sistema de control maestro (SCADA) que supervisa generación, protecciones, mediciones, alarmas y maniobras de sincronismo.
- Sistema de black start, que permite arrancar la planta desde apagado total mediante un motogenerador diésel independiente de 480 V.

Generadores eléctricos

Los generadores son máquinas sincrónicas trifásicas sin escobillas, de polos salientes, refrigeradas por aire. Cada generador se acopla al motor mediante un acoplamiento flexible, evitando esfuerzos de flexión sobre el cigüeñal. El ventilador montado en el eje impulsa el aire de enfriamiento a través del generador, garantizando la disipación térmica.

El sistema de excitación es del tipo sin escobillas, con armadura giratoria y rectificadores de diodos de silicio, controlados por un regulador automático de voltaje (AVR). Los devanados utilizan aislamiento Clase F, y el conjunto está diseñado conforme a las normas IEC 60034 y NEMA MG-1.

Protección eléctrica

Cada generador se conecta a su propia celda de media tensión, que incluye interruptor de potencia, seccionadores y relés electrónicos de protección primaria y de respaldo.

Transformadores de servicios auxiliares

Los transformadores de servicios auxiliares reciben energía desde el tablero principal de 13,8 kV y la reducen a 480 V para alimentar las cargas de baja tensión de la planta. Desde este barraje principal se alimentan las bombas, compresores, ventiladores, tableros de control, iluminación, UPS y demás cargas auxiliares. Adicionalmente, se dispone de un

transformador de 480/220-127 V para alimentar los sistemas de control, comunicación y equipos de instrumentación.

Sistema de servicios auxiliares

El sistema de baja tensión (480/220–127 V) alimenta todas las cargas auxiliares de la planta, incluyendo los tableros MCC, sistemas de comunicación, ventilación, iluminación, cargadores de baterías y UPS.

Sistema de black start

Para el arranque desde cero de la planta, se dispone de un sistema de black start que permite energizar los servicios auxiliares sin depender de la generación principal. Este sistema consiste en un motogenerador diésel de 480 V, totalmente paquetizado, que se sincroniza con el barraje de baja tensión para iniciar los sistemas de control, aire comprimido y lubricación previos al arranque de los motores principales. El equipo cuenta con su propio sistema de combustible, escape y tablero de control, y su detalle se presenta en el diagrama unifilar del proyecto.

3.5.4 Requerimientos de agua

El agua del Aljibe224 continuará siendo bombeada las 24 horas del día, para surtir el campamento de la Mayoría extrayendo un volumen máximo diario 21,72m³/día, equivalente a un volumen mensual de 648,00 m³/mes.

Asimismo, las captaciones de construcción CC15, CC16, CC17, CC18, CC19, CC20, y CC21 serán operadas las 24 horas del día durante la etapa de construcción con volúmenes máximos diarios 172,80 m³/día o un volumen mensual de 5.184,00 m³/mes para cada una.

El agua fresca que se utilizará en la planta de procesamiento será tomada desde el punto de bombeo ubicado en Guacas, cercano a la entrada al túnel de desvío de Guacas (CC22 y CC23, o CO22 y CO23). Para su transporte hasta la planta se tendrán bombas verticales multietapa (2 en uso y 1 de reserva) que estarán ubicadas sobre una plataforma y rodeadas de un muelle flotante, el cual permitirá el acceso del personal a las bombas.

Estas bombas descargarán el agua en una tubería principal que la llevará a la planta de procesamiento. La tubería para el transporte del agua será de HDPE (Polietileno de alta densidad), instalada a nivel del suelo, pero recubierta por sectores con una capa de tierra para minimizar la expansión de la tubería.

El diseño de la planta se realizó de manera que también se use agua recuperada desde el depósito de colas, maximizando la recirculación de agua desde los espesadores de colas y concentrado. Los requerimientos de tratamiento de agua se limitarán a la generación de agua filtrada y tratada (ablandada) para el circuito de elución.

El caudal de las captaciones CC22 y CC23, o CO22 y CO23 correspondiente a 46,3 l/s, puede llegar a ser bombeado hasta por 4 horas diarias y puede llegar a ser bombeado hasta por 24 horas en su totalidad, o con caudales parciales según las necesidades ya explicadas. En la Tabla 3.131, dando como volumen máximo diario 4.000,32 m³/día o un volumen mensual de 120.009,6 m³/mes.

3.5.5 Reactivos químicos

La planta de preparación de reactivos y el patio de almacenamiento se ubicarán en un área común. Todas las construcciones contarán con ducha de emergencia, ducha para lavado de ojos y sistema de extinción de incendios. El patio de almacenamiento será un área pavimentada con cierre perimetral y se ubicará al lado de la planta de preparación de reactivos. La disposición de los reactivos químicos en el patio de almacenamiento será acorde con la normativa y protocolos establecidos por el área Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.

Todas las áreas de almacenamiento, preparación y distribución de reactivos constarán de un sistema de contención de derrames, uno para cada tipo de reactivo, con canal central y bomba de sumidero. Los derrames o fugas serán dirigidos sumideros y enviados a tanques adecuados para ser reutilizados en la planta de proceso.

A continuación, se relacionan los valores que se tendrán como referencia, para la generación de sobrantes durante la etapa de operación en la planta de procesos con capacidad de 6 Mtpa.

Tabla 3.140 Consumibles mecánicos y materiales de desgaste

Reactivo /Consumible	Consumo Anual	Sobranse estimado	Observación de manejo
Manto triturador primario	Juegos 2,0	2 juegos/año	Pieza retirada para evaluación, recuperación metálica o disposición según contaminación.
Cóncavo de trituradora primaria	Conjunto 1,0	1 conjunto/año	Chatarra metálica de gran tamaño; desmontaje y almacenamiento temporal controlado.
Manto triturador de guijarros	Juegos 5,0	5 juegos/año	Pieza de desgaste retirada; priorizar valorización como chatarra.
Carcasa y revestimientos de extremo del Mill SAG	Juegos 2,0	2 juegos/año	Revestimientos usados; cuantificar masa con ficha del proveedor.
Elevadores de pulpa SAG Mill	Conjunto 0,33	0,33 conjunto/año	Retiro aproximado de un conjunto cada tres años.
Revestimientos para molinos de bolas	Conjunto 1,0	1 conjunto/año	Revestimientos usados; recuperación metálica cuando aplique.
Remolado de revestimientos superiores del molino	Conjunto 1,0	1 conjunto/año	Componentes reemplazados; masa pendiente de ficha técnica.
Zapatas de excavación para molino de rectificado	1,3 conjuntos	1,3 conjuntos/año	Componentes de desgaste retirados.
Medios de molienda SAG Mill	3.600 t	18,0 t/año	Estimado como 0,5 % de remanentes, pérdidas o material recuperable.
Medios de molienda para molinos de bolas	1.980 t	9,9 t/año	Estimado como 0,5 % del consumo anual.
Medios de molienda para molino de remolienda	113 t	0,57 t/año	Estimado como 0,5 % del consumo anual.

Reactivo /Consumible	Consumo Anual	Sobranste estimado	Observación de manejo
Crisol de horno de fundición	8 cada año	8 unidades/año	Residuo refractario/cerámico; verificar contaminación con metales.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Tabla 3.141 Reactivos químicos y sobrantes estimados de producto

Corriente	Consumo Anual (t/año)	Factor de sobrante	Sobranste estimado (t/año)	Equivalente (Kg/año)	Manejo preliminar
Cal viva	1.722,0	0,2 %	3,444	3.444	Sólido alcalino; mantener seco y separado de ácidos.
PAX	180,0	0,5 %	0,900	900	Reactivo peligroso; envase cerrado y manejo por gestor autorizado.
Espumador	105,0	0,5 %	0,525	525	Líquido orgánico; almacenar en contención secundaria.
Cianuro de sodio	1.065,0	0,2 %	2,130	2.130	Manejo exclusivo bajo procedimiento de cianuro; nunca mezclar con ácidos.
Nitrato de plomo	180,0	0,5 %	0,900	900	Residuo con metal pesado; gestionar como RESPEL.
Carbón activado	5,0	0,5 %	0,025	25	Evaluar recuperación/regeneración; puede contener metales adsorbidos.
Hidróxido de sodio (cáustico)	109,0	0,2 %	0,218	218	Corrosivo; recipiente compatible y segregación de ácidos.
Ácido clorhídrico	177,0	0,2 %	0,354	354	Corrosivo; tanque/recipiente compatible y contención secundaria.
Metabisulfito sódico	1.998,0	0,2 %	3,996	3.996	Mantener seco; evitar contacto con ácidos y oxidantes.
Sulfato de cobre	20,0	0,5 %	0,100	100	Residuo con metal; evitar descarga a agua o suelo.
Floculante	35,0	0,5 %	0,175	175	Mantener seco; evitar dispersión de polvo y contacto con agua en piso.
Ayuda de lixiviación	0,8	0,5 %	0,004	4	Gestionar según composición y hoja de seguridad del proveedor.
Bórax	2,1	1,0 %	0,021	21	Residuo de bajo volumen; almacenar identificado.

Corriente	Consumo Anual (t/año)	Factor de sobrante	Sobrante estimado (t/año)	Equivalente (Kg/año)	Manejo preliminar
Nitrato de sodio	0,7	1,0 %	0,007	7	Oxidante; segregar de combustibles y materiales orgánicos.
Carbonato de sodio (ceniza de sodio)	2,1	1,0 %	0,021	21	Sólido alcalino; mantener seco.
Arena de sílice	2,1	1,0 %	0,021	21	Control de polvo respirable; recipiente cerrado.
Antiescalante	31,0	0,2 %	0,062	62	Líquido químico; almacenar en contención secundaria.
TOTAL REACTIVOS			12,903	12.903	Estimación base anual de sobrantes de producto químico.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.5.6 Explosivos

A continuación, se relacionan los valores que se tendrán como referencia, para la generación de sobrantes durante la etapa de construcción y operación en cuanto al manejo de explosivos.

Tabla 3.142 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de explosivos - Construcción

Corriente	Fuente principal	Estimación preliminar	Clasificación y manejo
Embalajes de explosivos utilizados en preminería o voladuras civiles	Nitrato de amonio, emulsión encartuchada y accesorios	2-4 t/año; 20-50 m³/año sin compactar	Corriente independiente. Recalcular con el consumo específico del año -1 y las fichas logísticas del proveedor.
Explosivos o accesorios sobrantes	Carguío, devolución de materiales y eventos excepcionales	0 en operación normal	No ingresar al centro general de RESPEL. Devolver al polvorín, planta de explosivos o proveedor mediante procedimiento especializado.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Tabla 3.143 Tipos, volúmenes y manejo preliminar de explosivos - Operación

Corriente	Estimación anual	Clasificación y manejo
Embalajes de nitrato de amonio y emulsión encartuchada	4,25 t/año promedio; 5,93 t/año máximo	Incluye embalajes de nitrato y una estimación preliminar de embalajes de emulsión encartuchada.

Corriente	Estimación anual	Clasificación y manejo
Volumen aparente de embalajes de explosivos	30-60 m ³ /año promedio; 45-85 m ³ /año máximo	Conversión de planeación. Reemplazar por volumen medido según plegado, embalaje y condiciones del gestor.
Explosivos o accesorios sobrantes	0 en condiciones normales	El material apto retorna al circuito autorizado. Material fuera de especificación, derrames y tiros quedados se manejan mediante protocolos especializados.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.6 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS INTERCEPTADOS POR EL PROYECTO

La identificación de la infraestructura y servicios que podrían verse interceptados por el proyecto se tomó de información secundaria y se hizo verificación en campo de esta. Se encontró intercepción con: redes eléctricas, vías, predios, la Pequeña Central Hidroeléctrica La Cascada.

Servicios públicos

Sistemas de acueducto y alcantarillado

Los sistemas de acueducto que se localizan en las veredas del área de intervención exhiben características propias de zonas rurales dispersas, donde la infraestructura formal es limitada y predominan las soluciones comunitarias para el suministro de agua y las soluciones individuales para el saneamiento. El abastecimiento se realiza principalmente mediante acueductos veredales de pequeña escala, captaciones directas de quebradas y nacimientos, o mediante recolección de agua lluvia. La continuidad y disponibilidad del servicio varían según la estacionalidad de las fuentes hídricas, lo que genera periodos de reducción en el caudal disponible.

El proyecto intercepta las captaciones de los acueductos veredales correspondientes al centro poblado de Providencia, a la captación comunitaria del sector El Balsal y a la captación comunitaria administrada por la Junta de Acción Comunal de El Iris. Ninguno de estos acueductos cuenta con sistemas de potabilización. En el caso del CP Providencia, de acuerdo con lo establecido en la licencia actual, se mantiene y no es objeto de modificación, la medida de manejo prevista en el PMA_SOC_10 Programa de afectación de terceros, asociada a la “Restitución del acueducto veredal de Providencia”, en la cual se establece que se reubicará el punto de captación de este acueducto, con el fin de evitar la suspensión del servicio por actividades del Proyecto. Así mismo, para los acueductos o captaciones directas para uso por parte de la comunidad, se prevé implementar las medidas de manejo necesarias para garantizar en todo momento la provisión de los servicios públicos que se pudiesen afectar por ocasión del desarrollo del Proyecto.

Por su parte, la población localizada en los sectores El Balsal y El Iris será reubicada, y los sitios de traslado contarán con infraestructura de acueducto debidamente habilitada, asegurando el suministro de agua para la totalidad de la población reasentada, en condiciones iguales o superiores a las existentes.

En materia de saneamiento, la mayoría de los hogares utiliza letrinas tradicionales o sistemas de descarga directa, y algunos pozos sépticos, debido a la ausencia de redes formales de alcantarillado rural. En el CP Providencia, pese a su mayor concentración poblacional, persisten sistemas de disposición individual, sin instalaciones centralizadas de tratamiento de aguas residuales.

Redes de oleoductos, poliductos y gas

En el área de intervención del proyecto no se identifican redes de oleoductos, poliductos ni gasoductos licenciados o en operación, de carácter nacional, regional o local, que requieran ser trasladados, reubicados o protegidos como resultado del desarrollo de las obras. De acuerdo con la información disponible en el portal en línea Sistema Ágil ANLA y la revisión de información suministrada por Cornare en la respuesta con radicado CS-02552-2025 (ver ANEXOS CONSULTA AUTORIDADES 2 CORNARE CS-02552-2025), en las veredas y sectores intervenidos no existen infraestructuras asociadas al transporte de hidrocarburos o gas que generen condicionantes para el diseño o la ejecución del proyecto.

No obstante, el proyecto contempla la implementación de una planta para autoproducción de energía, destinada a garantizar el abastecimiento eléctrico requerido para las actividades del proyecto, como complemento a la infraestructura eléctrica existente. Esta instalación corresponde a infraestructura energética interna del proyecto, localizada dentro de la huella del proyecto.

En relación con la central de generación térmica a gas natural y la línea de conducción asociada para el suministro del combustible, se precisa que el licenciamiento ambiental de esta última se adelantará de manera independiente al presente trámite y será responsabilidad de la empresa que preverá el gas a la planta de generación, conforme con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 y la normativa ambiental aplicable. En este esquema, el proyecto no actuará como titular de dicha licencia, ni ejecutará directamente las obras asociadas a la línea de gas, limitándose a adquirir el servicio, bajo las condiciones contractuales que se establezcan con el proveedor correspondiente.

El gas natural requerido para la operación de la central de generación térmica será suministrado a través del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural (SNT), infraestructura de alcance nacional encargada del transporte del combustible desde los puntos de producción y procesamiento hasta los centros de consumo (ver Figura 3.163). El suministro hasta el sitio del proyecto se realizará mediante un ramal de conexión asociado al SNT, el cual garantiza que el gas entregado cumpla con las condiciones de presión, calidad y continuidad necesarias para el adecuado funcionamiento de los motogeneradores que conforman la central.

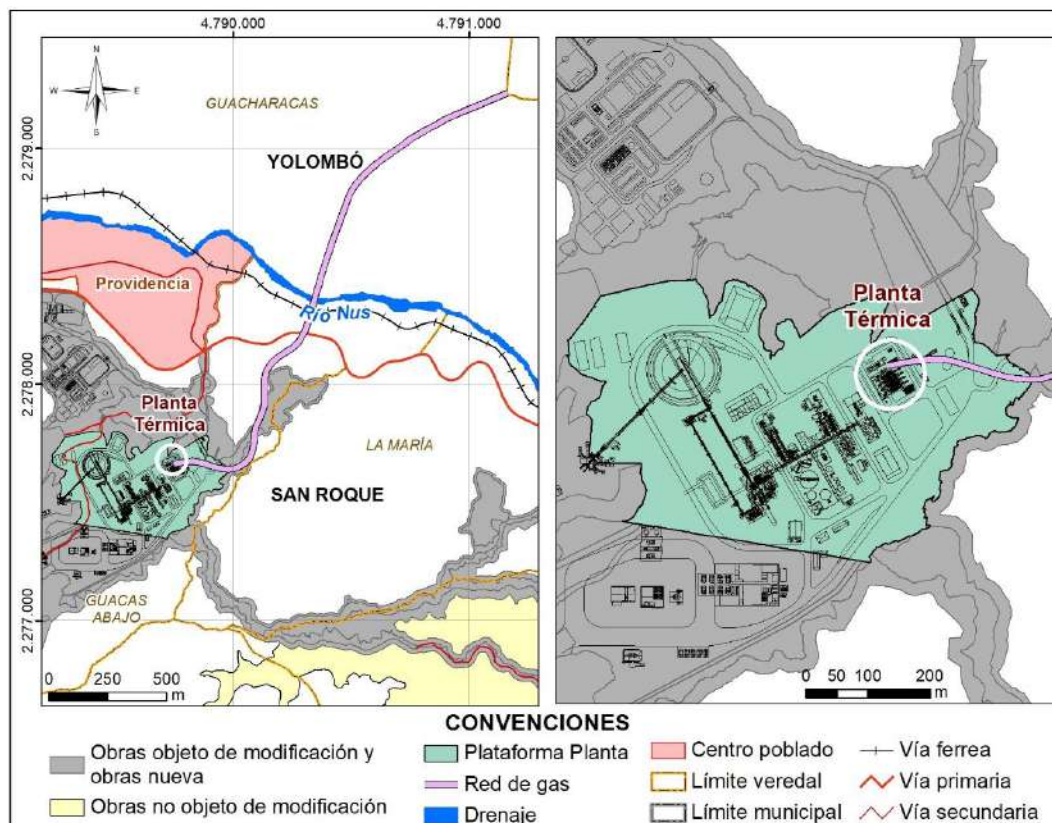


Figura 3.163 Ramal de conexión de la central de generación térmica desde el Sistema Interconectado Nacional

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

En este sentido, aunque el proyecto incorpora infraestructura para generación propia de energía, no se configura la interceptación ni afectación de redes de oleoductos, poliductos o gas existentes, ni se requiere la implementación de medidas de traslado o reposición para este tipo de infraestructura.

En el predio La Linda (Caramanta), identificado con el Folio de Matricula Inmobiliaria 026-11474, se realizó la verificación de la posible existencia de infraestructura de transporte de hidrocarburo, ya que durante la visita de campo de evaluación fue identificado por la Autoridad un posible mojón de señalización o marcador de ducto nombrado con el código K65, localizado en las coordenadas X: 4.794.215, Y: 2.276.927.

Como parte de la validación en campo, la propietaria del predio, Rosa Amelia Trujillo Fernández, la cual aclaró que años atrás un ducto cruzaba por esta parte del predio, pero posteriormente fue modificado su alineación o trazado, por lo que actualmente no se identifica el cruce de ninguna red de oleoductos, poliductos o gasoductos por este sitio específico. La propietaria aclaró que ella misma solicitó a la entidad responsable del ducto,

no desinstalar el poste de marcación identificado como K65, para mantenerlo como un elemento decorativo.

Adicionalmente, se efectuó consulta con funcionario de la contratista de CENIT, la empresa IGGA la operadora del poliducto SEBASTOPOL MEDELLIN-CARTAGO, la cual aclaró que el trazado actual del ducto no cruza por este punto específico (K65). Esta información corrobora la información oficial del Sistema Ágil ANLA en cuanto a la alineación del poliducto en mención, asociado al expediente LAM0520.

Por lo cual, se confirma que en el área de intervención del proyecto no se identifican redes de oleoductos, poliductos ni gasoductos licenciados o en operación, de carácter nacional, regional o local, que requieran ser trasladados, reubicados o protegidos como resultado del desarrollo de las obras.

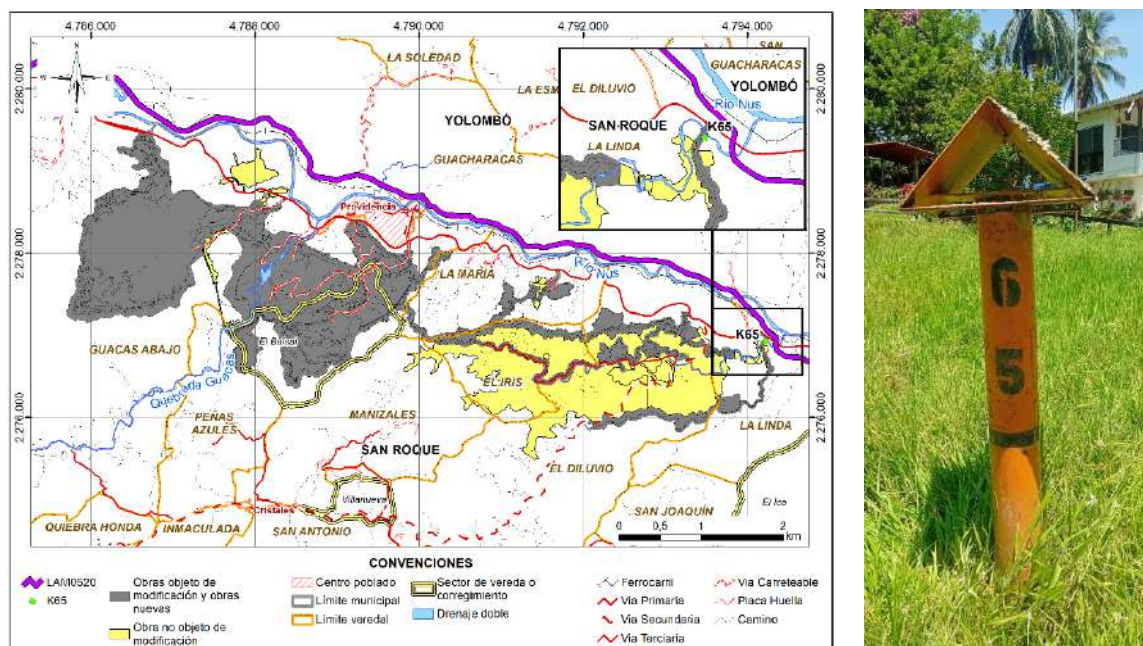


Figura 3.164 Ubicación del poste o referencia k65 (no activo) y el poliducto Sebastopol – Medellín-Cartago (LAM0520).

Fuente: Sistema Ágil ANLA y Gramalote Colombia Limited, 2026

Redes eléctricas

A partir de la información identificada en el Geoportal del Grupo EPM se identificó que el área del proyecto es atravesada por un corredor eléctrico conformado por líneas aéreas de subtransmisión y distribución primaria, todas en estado operativo y clasificadas como red rural.

Las líneas de subtransmisión se asocian al circuito San José de Nus, con tensiones del orden de 44 kV. Estos tramos conforman el corredor principal de subtransmisión que

atraviesa el municipio de San Roque y se superpone parcialmente con el área del proyecto como se observa en la Figura 3.198.

La red primaria también de carácter rural hace parte de un grupo de redes de 7,62 kV y 13,2 kV. Estos tramos corresponden a alimentadores y ramales de distribución que suministran energía a veredas y asentamientos rurales en áreas aledañas al proyecto.

Todas las líneas son de propiedad u operación de EPM, con mercado de atención regional, y se encuentran en estado de operación, lo que indica que se trata de infraestructura existente y en servicio, ver Figura 3.165.

En términos generales, el circuito eléctrico no es afectado por ocasión del desarrollo de las obras del proyecto. Cualquier necesidad o requerimiento de reubicación o adecuación de la infraestructura de distribución de energía, será acordada con la empresa propietaria y operadora del sistema (EPM), con el fin de garantizar en todo momento la provisión del servicio de energía a las comunidades que se pudiesen verse afectadas por ocasión del desarrollo de las obras del proyecto.

Por su parte, la población localizada en los sectores El Balsal y El Iris son objeto de Reasentamiento, y los sitios de traslado contarán con la infraestructura necesaria y debidamente habilitada, para asegurar el suministro de energía para la totalidad de la población reasentada.

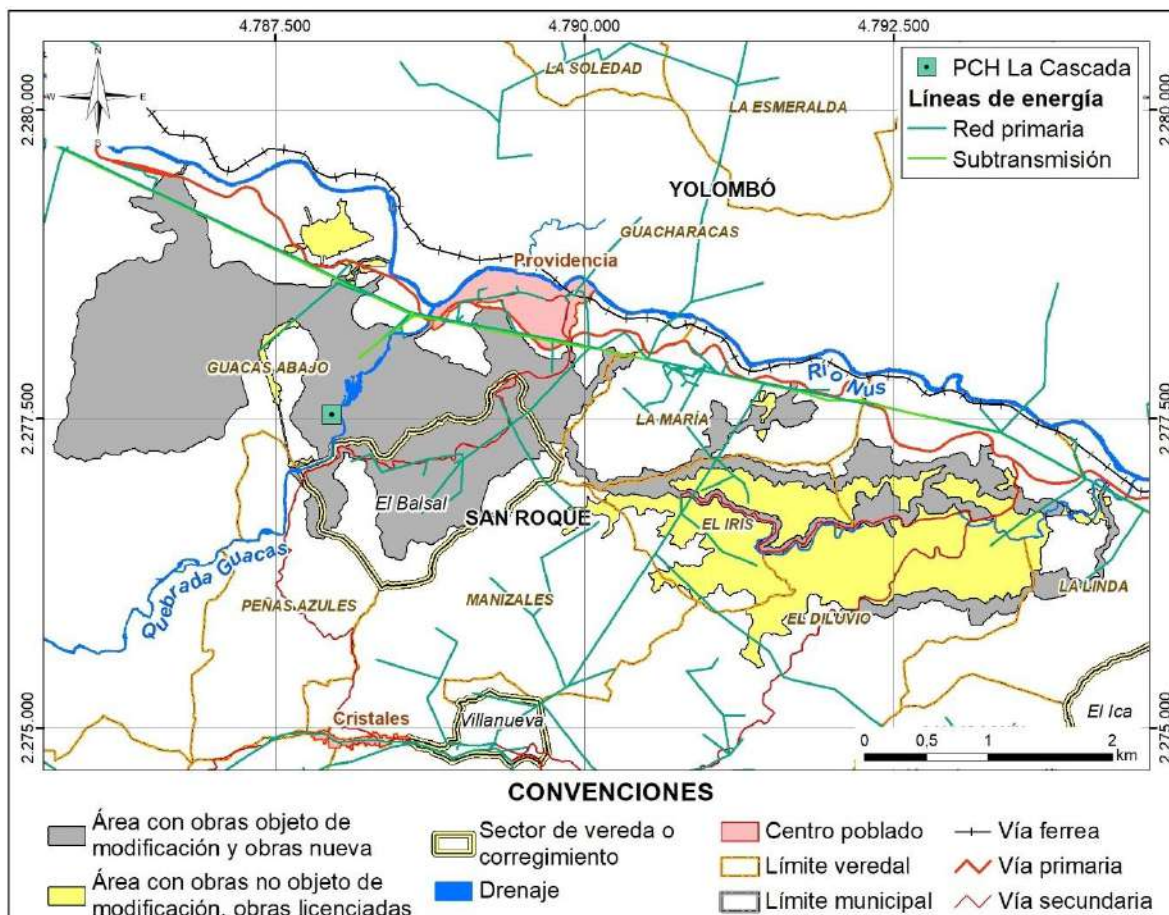


Figura 3.165 Redes eléctricas y Central Hidroeléctrica La Cascada, interceptadas por el proyecto.

Fuente: Integral S.A, 2025.

Redes de tecnologías de la información y las comunicaciones

En las veredas que serán intervenidas por el proyecto no se registran infraestructura asociada a redes tecnológicas de la información y las comunicaciones.

Otros servicios

En las veredas que serán intervenidas por el proyecto no se encontró infraestructura de distritos de riego u otro tipo de infraestructura relacionada con servicios públicos.

Vías (Red Vial Nacional, secundaria y terciaria)

De acuerdo con el diseño del proyecto, se identifican tramos de infraestructura vial existente que serán interceptados por las obras, principalmente vías secundarias, terciarias y/o carretables que actualmente garantizan la conectividad de las comunidades locales con el centro poblado y la red vial regional.

La Ruta Nacional 62 representa la conexión principal con la red vial de orden nacional y sirve de vínculo entre los corredores locales (vías terciarias y [carreteables](#)) y la infraestructura vial secundaria y primaria del país. Esta vía [de primer orden que se encuentra concesionada a Concesión Vías del NUS - VINUS S.A.S., y hace parte del tramo Cisneros – Altos de Dolores \(6206\) de la Unidad Funcional 5 de la IP – Vías del Nus](#), no se encuentra dentro de la infraestructura que se trasladará o reubicará como parte del proyecto; sin embargo, el proyecto [deberá generar accesos y/o conexiones](#), y hará uso de esta en sus diferentes etapas.

[Para lo cual, se deberá realizar el respectivo trámite para solicitar ante el concesionario y/o la autoridad competente la correspondiente Autorización para el uso, la ocupación, la intervención temporal de la infraestructura vial concesionada.](#)

[En cuanto la vía secundaria vía a Cristales es una vía que permite la conectividad entre localidades y comercialización como son el Corregimiento de Providencia, El Iris, El Diluvio, Guacas abajo, el Corregimiento de Cristales, Manizales y Peñas Azules. Es una vía destapada en estado regular y dónde transitan motos, volquetas, buses, chivas y carros. Es importante aclarar que esta es una vía que requiere ser trasladada, por lo que desde el marco de licenciamiento ambiental el proyecto Gramalote tiene contemplado para ello la vía sustitutiva Cristales.](#)

[La vía terciaria Vía Palestina – El Iris es una vía que permite la conectividad y comercialización de El Iris con las demás comunidades como son el Corregimiento de Providencia, San José del Nus, El Diluvio, Guacas abajo, el Corregimiento de Cristales, Manizales y Peñas Azules. Corresponde a una vía destapada en estado regular y transitan motos y carros. Es importante aclarar que esta comunidad es objeto de reasentamiento y por el desarrollo del proyecto esta infraestructura dejará de ser usada por la comunidad.](#)

[En cuanto a los carreteables, son vías de circulación vehicular sin pavimentar, cuya superficie de rodadura está conformada por terreno natural o materiales granulares \(afirmado\), destinada a permitir el tránsito de vehículos para el acceso a predios. En ese sentido la vía al predio San Antonio es para acceder a este predio de uso privado; en cuanto al carreteable El Balsal, es una vía que permite acceso a las comunidades de la unidad territorial la cual se encuentra en buen estado y transitan moto, carro y motorratón, al igual que El Iris es una comunidad que es objeto de reasentamiento, por lo tanto, por el desarrollo del proyecto esta infraestructura dejará de ser usada por la comunidad.](#)

[Los carreteable Cerro Gramalote, PCH La Cascada, La Bateíta y La Mayoría-Vivero corresponden a vías de circulación vehicular en la cual transitan motos y carros, para acceder a predios privados.](#)

[El carreteables predio El Torito, es una vía de circulación vehicular sin pavimentar y actualmente es usada exclusivamente por el Proyecto Gramalote. Para más detalle de las vías mencionadas ver el numeral 3.2.1.1 Infraestructura vial de este capítulo.](#)

[A continuación, en la Tabla 3.144 se presenta la infraestructura interceptada por las obras del proyecto objeto de modificación y nuevas, con relación a las vías y/o carreteables.](#)

Tabla 3.144 Infraestructura interceptada por las obras del proyecto

Clasificación	Vías Existentes	Infraestructura del proyecto
Vía Primaria ²	Ruta Nacional 62, Tramo 06, Unidad Funcional 5 IP – Vías del Nus	Conexión de la ruta nacional con los accesos de las vías objeto de modificación y nuevas: Vía Sedimentador El Banco, Vía Sedimentador San Antonio, Vía La Bateíta, Vía Acceso Principal (Carriles cambio de velocidad vía Acceso), Vía Sedimentador La Colorada, Vía Acceso El Torito, Vía Acceso Palestina, Vía Sustitutiva Cristales.
Vía Secundaria ³	Vía a Cristales	Cruce sobre la vía Cristales existente para comunicar la Vía de acceso este a Estación Terminal y la Vía Filtración.
Vía Terciarias ⁴	Vía Palestina – El Iris	Vía Presa de Colas Sur, con la vía existente Palestina – El Iris.
Carreteables	Predio San Antonio	Vía Sedimentador San Antonio y la Vía Minera San Antonio, con el carreteable existente que conduce al predio San Antonio.
	El Balsal	Vía Balsal Existente, la Vía Bocatoma y la Vía Sedimentador La Colorada, con el carreteable existente que conduce al trapiche el Balsal.
	Cerro Gramalote	Minera ROM y el Tajo Gramalote, con el carreteable existente que conduce al Cerro Gramalote.
	PCH La Cascada	Intercepción por la Vía Minera ROM, al carreteable existente que conduce a la PCH La Cascada.
	La Bateíta	Vía La Bateíta, con el carreteables existente que conduce a La Bateíta.
	La Mayoría-Vivero	Intercepción por la Vía Acceso Principal y los Carriles cambio de velocidad vía Acceso, al carreteable existente que conduce hacia el vivero del proyecto.
	Predio El Torito	Vía acceso El Torito, al carreteable existente que conduce al predio El Torito.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

² ANI, INVIAS, VINUS, Gobernación de Antioquia

³ Gobernación de Antioquia (<https://experience.arcgis.com/experience/97a5aff1cfc45429c4495403b79f674>)

⁴ Gobernación de Antioquia (<https://experience.arcgis.com/experience/97a5aff1cfc45429c4495403b79f674>)

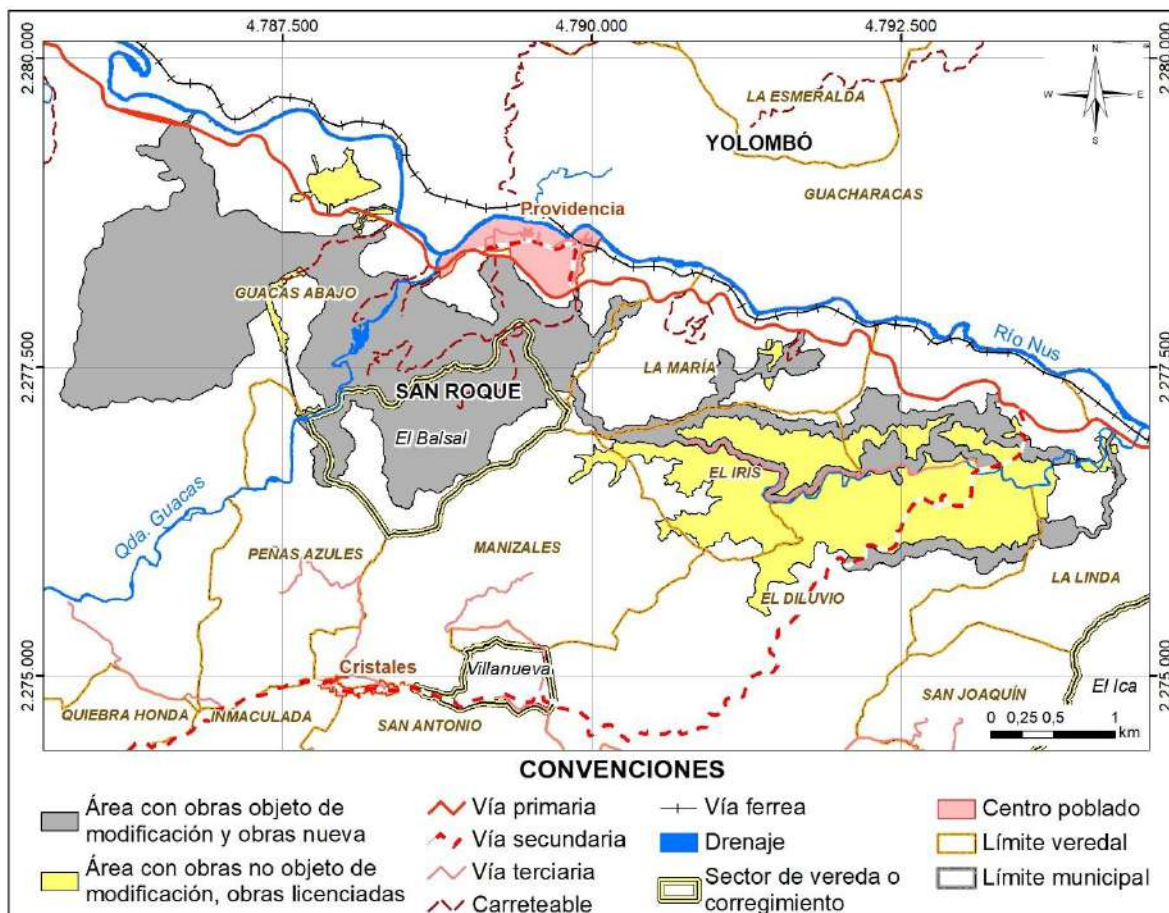


Figura 3.166 Vías (Red Vial Nacional, secundaria y terciarias), carreteables y su intercepción con las áreas del proyecto.

Fuente: Integral S.A, 2025.

Con el fin de contextualizar la información presentada, se precisa que este numeral desarrolla la identificación y descripción de las intercepciones con infraestructura y redes de servicios, de conformidad con el numeral 3.6 de los Términos de Referencia (2016). La evaluación de los posibles impactos ambientales derivados de dichas intercepciones, así como las medidas de manejo correspondientes, se presenta en el Capítulo 8 – Evaluación Ambiental y en el Capítulo 10 – Plan de Manejo Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental.

En el marco de la presente modificación de la licencia ambiental, la evaluación identificó, entre otros, los impactos Alteración de la accesibilidad, movilidad y conectividad local, Alteración de las actividades económicas y Generación o alteración de conflictos socioambientales, para los cuales se establecieron los planes de manejo ambiental (PMA_ABIO_08 Programa de manejo de señalización, PMA_SOC_01 Programa de manejo de atención, información y participación comunitaria, PMA_SOC_03 Programa de manejo de

contratación de bienes y servicios, PMA_SOC_04 Programa de capacitación y educación a la comunidad, PMA_SOC_05 Programa de capacitación y educación a los trabajadores, PMA_SOC_06 Programa de Reasentamiento, PMA_SOC_07 Programa de manejo de apoyo a la gestión institucional pública y privada, PMA_SOC_08 Programa de adquisición de predios y servidumbres, PMA_SOC_09 Programa de manejo de la presión migratoria, PMA_SOC_10 Programa de afectación a terceros, PMA_SOC_11 Programa para el fomento del patrimonio cultural y PMA_SOC_12 Programa para prevención y promoción en salud).

Es importante resaltar que estos impactos fueron declarados en tramites anteriores y que el análisis hoy realizado corresponde a la modificación de la licencia ambiental.

Predios

Los predios que serán intervenidos por el proyecto se encuentran localizados en las veredas Guacas Abajo, Peñas Azules, La María, La Linda, El Diluvio, Manizales y en el CP Providencia, donde se identifican unidades prediales de carácter rural asociadas principalmente a vivienda y actividades productivas complementarias. Estos predios presentan heterogeneidad en su configuración física y en las formas de ocupación, predominando los asentamientos dispersos y las construcciones de uso mixto.

En términos de uso, la mayor parte de los predios corresponde a vivienda rural, conformada por estructuras unifamiliares en lotes de pequeño tamaño, comúnmente acompañadas de huertas, potreros y áreas destinadas a autoconsumo. De manera complementaria, se registran predios de uso productivo, donde se desarrollan actividades agropecuarias de pequeña escala tales como ganadería extensiva, cultivos transitorios y sostenimiento de especies menores. En algunos casos, estos usos productivos están integrados al predio de vivienda, configurando unidades residenciales con actividad económica complementaria.

Los predios requeridos para el desarrollo de las obras y actividades propias del proyecto se enmarcan en un programa para la adquisición de estos.

Otra infraestructura interceptada por el proyecto

Central Hidroeléctrica La Cascada

En el área de intervención del proyecto se localiza la Central Hidroeléctrica (PCH) La Cascada, con una capacidad instalada de 2,3 MW (planta hidroeléctrica menor), infraestructura destinada a la generación de energía eléctrica. Esta pequeña central opera bajo los permisos ambientales vigentes otorgados por la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (CORNARE), entre ellos la Resolución No. 112-3905-2003 del 17 de septiembre de 2023 (aclarada por la Resolución No. 112-0429 de 24 de febrero de 2004), la cual autoriza la concesión de aguas para uso hidroeléctrico.

Tras la adquisición de los activos y predio de la PCH La Cascada por parte de Gramalote en septiembre de 2021, la firma HMV Ingenieros se ha encargado de la ejecución de las actividades de operación y mantenimiento de la PCH.

3.6.1 Manejo y disposición de sobrantes

Se presentan las principales modificaciones propuestas asociadas los depósitos de material sobrante de excavación (ZODME), con relación a la licencia ambiental vigente.

En la siguiente figura, se presenta en color verde los depósitos de material sobrante de excavación de las obras civiles autorizados en la licencia vigente, y en color gris y rojo las presentadas en la actual solicitud de modificación. Ver mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-DESC-03-CAM-06.

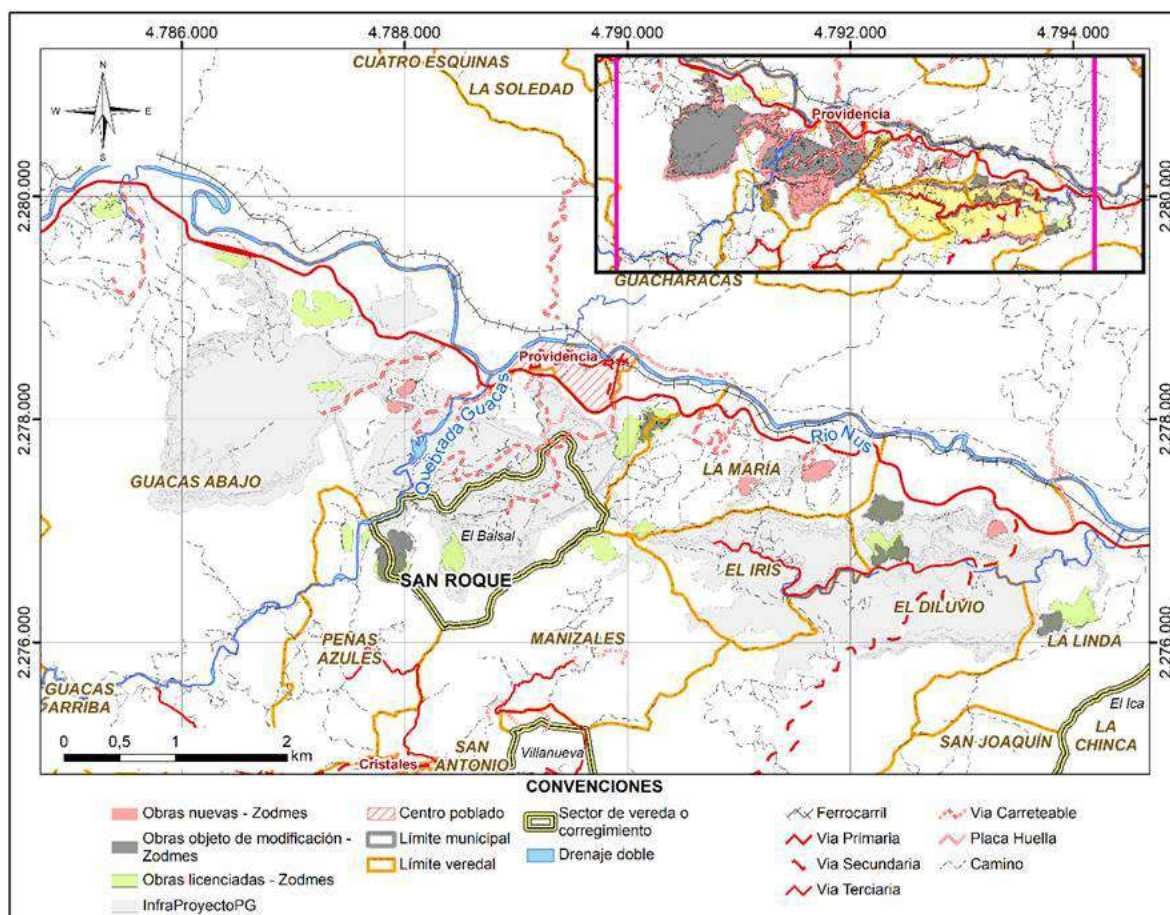
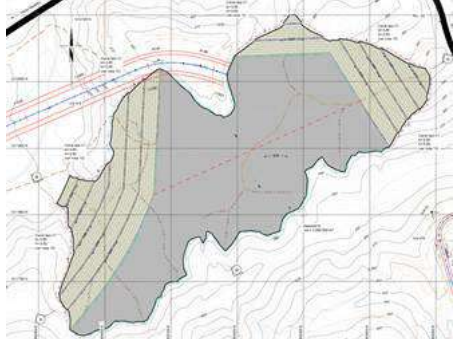
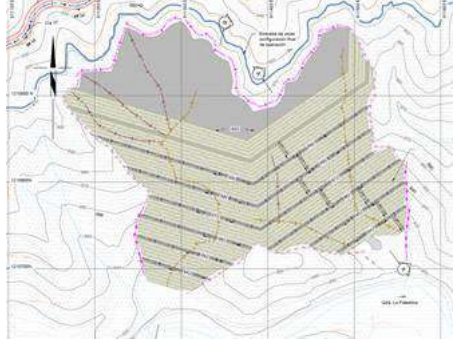
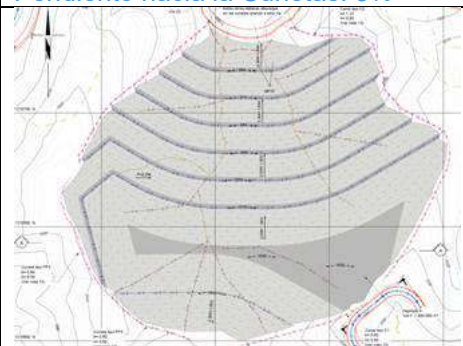
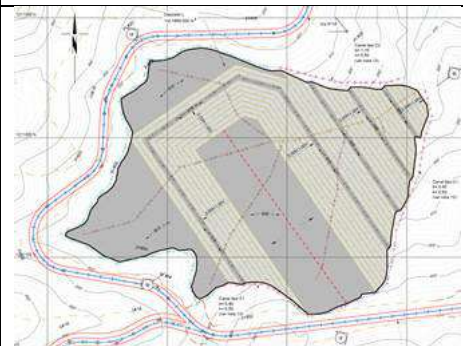
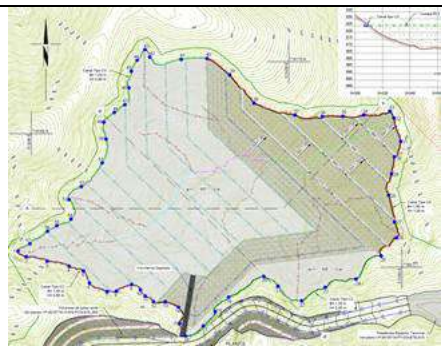


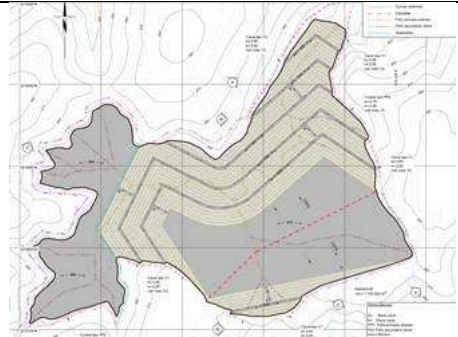
Figura 3.167 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME).

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Tabla 3.145 Comparación de las modificaciones propuestas con relación a las obras actualmente licenciadas – Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME)

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME)	14 depósitos (ZODME)	10 depósitos (ZODME): 5 depósitos Objeto de Modificación: Deposito E, Deposito G, Deposito K, Deposito L, y Deposito M *5 depósitos Obra Nueva: Depósito Guacas WRF, Depósito W, Deposito R, Depósito El Torito, Depósito O
Deposito E	<p>Área bruta: 12,65 ha Capacidad volumétrica: 2.590.000 m³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 4m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3%</p> 	<p>Área bruta: 3,65 ha Capacidad volumétrica: 434.510 m³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 3m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3%</p> 
	<p>Área bruta: 7,39 ha Capacidad volumétrica: 1.000.000 m³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 4m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3%</p> 	<p>Área bruta: 4,49 ha Capacidad volumétrica: 348.955 m³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 3m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3%</p> 
Deposito K	<p>Área bruta: 6,43 ha Capacidad volumétrica: 1.800.000 m³</p>	<p>Área bruta: 10,00 ha Capacidad volumétrica: 2.426.860 m³</p>

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
	Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 4m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3% 	Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 3m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3% 
Deposito L	Área bruta: 4,33 ha Capacidad volumétrica: 850.000 m ³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 4m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3% 	Área bruta: 5,83 ha Capacidad volumétrica: 1.137.400 m ³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 3m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3% 
Deposito M	Área bruta: 8,87 ha Capacidad volumétrica: 1.720.000 m ³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 4m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3%	Área bruta: 3,34 ha Capacidad volumétrica: 530.920 m ³ Pendientes taludes: 2,0H:1,0V Bermas: Ancho 3m / Altura 10m Pendiente hacia la Cunetas: 3%

Obras y/o Actividades	Características del Proyecto Licenciado	Características del Proyecto para la Modificación
		

* No se realiza comparación para el Depósito Guacas WRF, Depósito W, Depósito R, Depósito El Torito, y Depósito O, ya que se clasifican como una obra nueva. Ver especificaciones en el numeral 3.6.1.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

La actualización del Proyecto contempla una optimización en el manejo y disposición de los materiales sobrantes generados durante las actividades de construcción. En el escenario previamente licenciado se consideraba la habilitación de catorce (14) Zonas de Depósito de Material Sobrante de Excavación (ZODME). Como resultado de la optimización del diseño, la reducción de las áreas de intervención y los menores volúmenes de movimiento de tierras previstos en la presente actualización, el número de ZODME asociadas a las obras civiles se reduce a diez (10).

Estas diez (10) ZODME, junto con los dos (2) depósitos destinados al manejo de materiales provenientes de las actividades mineras, proporcionan la capacidad requerida para la disposición controlada de los materiales excedentes generados durante la excavación, conformación y adecuación de vías, plataformas y demás infraestructura necesaria para el desarrollo del Proyecto.

Para la elaboración del balance de masas se consideraron parámetros y factores geotécnicos relevantes, tales como el esponjamiento y la compactación de los materiales, su aptitud para reutilización, las condiciones de conformación de los rellenos y los márgenes de contingencia asociados a las incertidumbres propias de las etapas de diseño y construcción. Estos criterios permiten verificar que las áreas de depósito proyectadas cuentan con capacidad suficiente para recibir los materiales sobrantes estimados, bajo condiciones adecuadas de estabilidad geotécnica y manejo ambiental.

En el ANEXOS DESCRIPCION_OBRAS_CIVILES_04_Depositos, se presentan los planos y perfiles asociados a los Depósitos de material sobrante de excavación (ZODME).

3.6.1.1 Diseño de depósitos

Dadas las condiciones topográficas del área o huella del proyecto y como preparación del terreno para la construcción de algunos de los componentes de infraestructura de este, se presenta la necesidad de desarrollar zonas de depósito con la capacidad suficiente para albergar el material sobrante del movimiento de tierras, producto de las excavaciones de

las diferentes obras de infraestructura en relación directa con el balance de masas. Es importante resaltar que en el proyecto existen dos categorías de depósitos que se describen a continuación:

Depósitos para material de obras civiles: Son aquellos depósitos que reciben el material sobrante de las excavaciones de las obras civiles requeridas para la construcción y operación del proyecto. Estos depósitos se conocen o denominan como ZODME. En la Figura 3.168 estos depósitos se presentan en color rojo.

Depósitos para material minero: Son aquellos depósitos que reciben material minero en mayor proporción y en menor proporción material de obras civiles. Este tipo de depósitos se denominan como botaderos o escombreras. En la Figura 3.168 estos depósitos se presentan en color naranja (ver numeral 3.3.1.4 Depósitos de estériles y acopio de mineral).

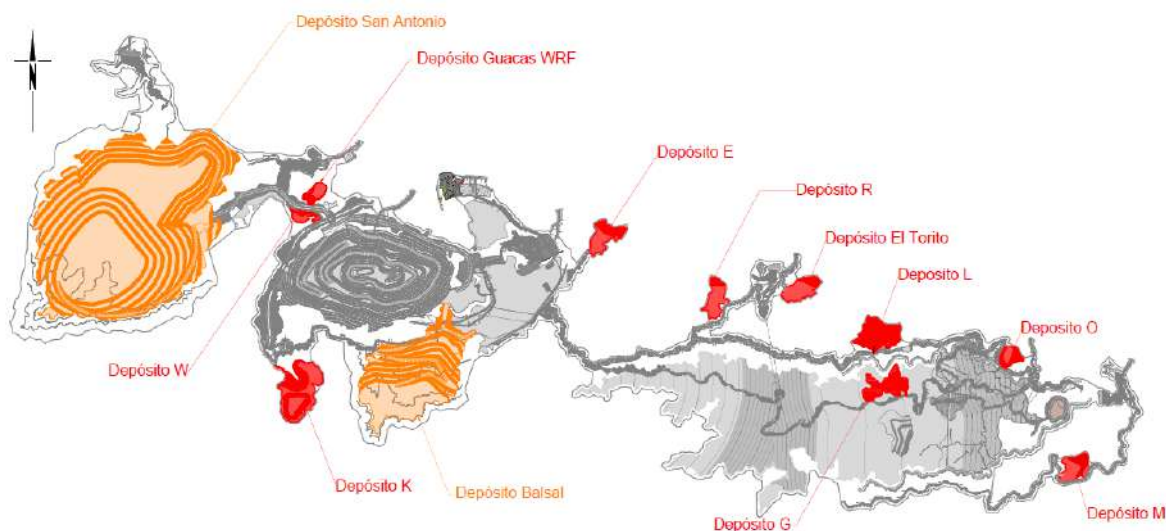


Figura 3.168 Localización general depósitos del proyecto

Fuente: Integral S.A, 2025

A continuación, se relacionan los depósitos para material de obras civiles, los depósitos de material minero se detallan en la descripción de las obras de explotación.

3.6.1.1.1 Especificaciones Técnicas

Para el diseño de los depósitos se van a considerar los siguientes criterios:

- Un diseño geométrico que facilite la ejecución y adecuación de todos los drenajes en forma eficiente y coordinada con las demás infraestructuras y que permita, que a pesar de que se hace una intervención, se mantenga la continuidad del cauce natural.
- El diseño geométrico de los depósitos se realizará por etapas, incluyendo los accesos a las diferentes terrazas que los componen, estos accesos hacen parte el

del diseño mismo del depósito, por lo cual no se encuentran incluidos en la categoría de vías.

- Por la topografía de la zona, se plantea un diseño que no genere una modificación fuerte del entorno, y que por el contrario permita que una vez conformado y revegetalizado el lleno, este sea poco notorio y pueda servir de apoyo a otras infraestructuras.
- La geometría de los taludes implementada será de 2H:1V, con bancos de 10,00 m y bermas de 3,00 m.
- Para la estabilidad futura y permanente del lleno, se van a considerar todas las recomendaciones de tipo geotécnico y de drenajes.
- Todas las bermas de los depósitos van a estar provistas de cunetas con pendientes longitudinales entre el 1,00% y el 2,00% que evacuen la escorrentía superficial hacia los canales laterales. Igualmente, cada berma tendrá pendiente hacia este drenaje.
- Como medida para mitigar procesos erosivos se propondrá revegetalización temprana, en la medida que se vayan alcanzando conformaciones geométricas definitivas del lleno.
- Se incluirá en el diseño el retiro y manejo de la capa orgánica, la cual debe ser removida para la ejecución de las obras del proyecto; este material será almacenado en un sitio temporal al interior del polígono licenciado, para su posterior uso en la cobertura final de los depósitos.
- Plazoletas y bermas tendrán pendiente siempre hacia los drenajes no hacia los taludes, para disminuir la generación de cárcavas.

En el diseño de los depósitos es muy importante la ubicación, ya que se busca generar el acceso mediante la parte más alta del depósito, de no ser posible, se genera la necesidad de realizar el diseño de una vía interna, esta vía tiene los criterios mostrados en la Tabla 3.146.

Tabla 3.146 Criterios de diseño de las vías internas del depósito

Criterio	Valor
Velocidad de diseño	20 km/h
Radio mínimo de curva	8 m
Pendiente máxima	12%
Ancho de carril	2,5 m

Fuente: Integral S.A, 2025.

Para el diseño de los sistemas de drenaje superficiales y subsuperficiales de los depósitos se considerar los siguientes criterios:

A. Drenajes subsuperficiales

Este tipo de drenaje se configura para manejo y drenaje de aguas subsuperficiales. Se aplica la metodología de "*Diseño de infraestructura con geo sintéticos*" de PAVCO décima edición para la definición de los drenes. En esta se recomienda tomar la lluvia de 2 años de periodo de retorno con una hora de duración y un porcentaje de infiltración del 33% para valorar el flujo subsuperficial que se podría tener. Posteriormente se adicionan los aportes

por nivel freático asumiendo un gradiente de 1 y un K de permeabilidad de Darcy asociado al material del cauce.

No fueron aplicados factores de seguridad adicionales a los ya incluidos por la metodología antes citada para mayorar los caudales de diseño. Integral recomienda que los filtros sean construidos utilizando material granular y tuberías perforadas, los cuales deben ser recubiertos por un geotextil no tejido y una cama de arena gruesa para evitar posibles colmataciones.

B. Drenajes superficiales

Se proponen diseños que proyecten unas obras de drenaje, que básicamente constan de canales en concreto reforzado y cunetas triangulares en concreto para aquellas zonas ubicadas propiamente en el lleno. Los caudales máximos fueron calculados mediante el método racional.

Las IDF empleadas corresponden al EIA de 2015. La duración utilizada para las tormentas de diseño se asume como el mismo valor del tiempo de concentración de cada cuenca. Se utilizó un coeficiente de escorrentía (C) para todos los casos de 0,52. Este valor corresponde a la máxima magnitud que fue valorada en el EIA para el área de influencia del proyecto.

Los canales de drenaje principales de los ZODMEs fueron diseñados considerando un periodo de retorno de 100 años con borde libre. Para las demás estructuras de drenaje se asumen los periodos de diseño presentados en la Tabla 3.147.

Tabla 3.147 Periodo de diseño obras

Obra	Periodo de retorno (años)
Cunetas	10
Zanjas de coronación	
Estructuras de caída	

Fuente: Extraído de la tabla 2.8 del Manual de drenajes para carreteras INVIAS.

3.6.1.1.2 Localización

Teniendo presente la localización de las diferentes obras presentes en el proyecto (vías, plataformas, sedimentadores, PIT, etc.) y los criterios de diseño, se procede a realizar el diseño geométrico de los diferentes depósitos que permitieran la conformación del material sobrante de las excavaciones, obteniendo 10 depósitos para material de obras civiles.

Los diseños se propusieron en planta y se generó la modelación del depósito, con lo cual se pudieron obtener las áreas de intervención y el cálculo de movimientos de tierra. En la Tabla 3.148 se indican los diez depósitos para material de obras civiles.

Tabla 3.148 Depósitos de obra civil del proyecto

No	Nombre	Coordenadas				Código
		UTM 18-N		MS Nacional		
		Norte	Este	Norte	Este	
1	Depósito E	719.800	511.300	2.277.955	4.790.223	I-P-0010719-ZM-DG-DME-010
2	Depósito G	718.650	513.450	2.276.796	4.792.368	I-P-0010719-ZM-DG-DMG-010
3	Depósito K	718.600	509.000	2.276.763	4.787.918	I-P-0010719-ZM-DG-DMK-010
4	Depósito L	719.050	513.400	2.277.196	4.792.320	I-P-0010719-ZM-DG-DML-010
5	Depósito M	718.000	514.850	2.276.140	4.793.766	I-P-0010719-ZM-DG-DMM-010
6	Depósito O	718.900	514.400	2.277.042	4.793.320	I-P-0010719-ZM-DG-DMO-010
7	Depósito R	719.300	512.150	2.277.451	4.791.071	I-P-0010719-ZM-DG-DMR-010
8	Depósito W	719.950	509.000	2.278.114	4.787.923	I-P-0010719-ZM-DG-DMW-010
9	Depósito Guacas WRF	720.100	509.100	2.278.263	4.788.024	I-P-0010719-ZM-DG-WRF-010
10	Depósito El Torito	719.400	512.800	2.277.548	4.791.721	I-P-0010719-ZM-DG-DMT-010

Fuente: Integral S.A, 2025.

A. Particularidades de algunos depósitos

A continuación, se indican particularidades que tienen algunos depósitos:

- El acceso a los depósitos se da a través de las vías internas del proyecto procurando conectar con la parte alta del depósito, facilitando así el proceso constructivo de conformación, sin embargo, en algunos depósitos, esta conexión por la parte alta no es posible hacerla, por lo que su acceso se genera en otro sector del perímetro del depósito. En esta situación, el diseño de cada depósito, incluye el planteamiento de una vía interna constructiva e industrial que conecten las vías principales con la parte alta de los depósitos; los depósitos que tienen vías internas son los que se presentan en la Tabla 3.149.

Tabla 3.149 Depósitos con vía internas

Nombre
Depósito G
Depósito K
Depósito L
Depósito W
Depósito Guacas WRF

Fuente: Integral S.A, 2025.

- Adicional a los depósitos de obras civiles relacionados, el movimiento de tierras utiliza los depósitos mineros del Balsal y San Antonio para recibir material sobrante de obras civiles, ayudando a reducir las longitudes de acarreo y equilibrando el balance de masas.

B. Características principales de los depósitos de obras civil

Los depósitos proyectados tienen múltiples características de diseño, tales como capacidad volumétrica, área de intervención y volúmenes depositados. En la Tabla 3.150 se muestran las características principales de cada uno de los depósitos.

Tabla 3.150 Características principales de los depósitos de obra civil

No	Nombre	Capacidad volumétrica (m³)	Área total de intervención sin obras de drenaje (m²)	Volumen material depositado (m³)	Porcentaje de ocupación
1	Depósito E	434.510	36.360	428.777	98,68%
2	Depósito G	348.955	44.920	339.390	97,26%
3	Depósito K	2.426.860	100.030	1.703.331	70,19%
4	Depósito L	1.137.400	58.250	761.155	66,92%
5	Depósito M	530.920	33.360	272.051	51,24%
6	Depósito O	320.500	19.860	197.448	61,61%
7	Depósito R	470.385	26.850	388.372	82,56%
8	Depósito W	129.220	16.690	122.117	94,50%
9	Depósito Guacas WRF	225.440	18.000	199.787	88,62%
10	Depósito El Torito	456.650	34.900	389.469	85,29%
Total		6.480.840	389.220	4.801.896	

Nota: En la Tabla 3.157 y en ANEXOS_DESCRIPCION_BALANCE_MASAS_OBRAS_CIVILES se puede observar el origen del material de obras civiles que se deposita en estos depósitos.

Fuente: Integral S.A, 2025

Como se mencionó anteriormente, los depósitos de material minero también tienen la capacidad de recibir material de obras civiles, sus volúmenes se indican en la Tabla 3.151.

Tabla 3.151 Volumen depositados en depósitos mineros que provienen de material de obras civiles

No	Nombre	Volumen material depositado (m³)
1	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	1.782.824
2	Depósito Balsal - Material Obras civiles	1.023.015
Total		2.805.839

Nota: En la Tabla 3.157 y en ANEXOS_DESCRIPCION_BALANCE_MASAS_OBRAS_CIVILES se puede observar el origen del material de obras civiles que se deposita en los depósitos mineros.

Fuente: Integral S.A, 2025

En total el material a depositar de obras civiles, en todos los depósitos del proyecto son 7.607.736 m³. Con lo anterior se tiene que la capacidad volumétrica de los depósitos es

suficiente para almacenar el material sobrante de las obras requeridas en el proyecto, usando parte de los depósitos San Antonio y Balsal.

Los depósitos de obras civiles, como criterio fundamental para un adecuado planteamiento de balance de masas del proyecto en su etapa constructiva y operacional, se contemplan con una capacidad volumétrica superior a la proyección del volumen a depositar en cada depósito, con el objetivo de poder disponer el material de forma segura y adecuadamente conformado que se genere producto de imprevistos e incertidumbres propios de una obra de las proporciones de este proyecto en sus distintas etapas.

Los principales factores que se tienen en cuenta para considerar este criterio se describen a continuación:

- Variabilidad propia de la incertidumbre geotécnica de los parámetros con los que se plantea el balance de masas, especialmente los relacionados con espesor de capa orgánica, porcentaje aprovechable de corte en llenos, porcentaje de expansión del material y porcentaje de compactación del material.
- Varias obras civiles presentan taludes de gran altura que contemplan distintos procedimientos geotécnicos para su estabilización, sin embargo, por el proceso constructivo y por las incertidumbres propias del terreno, se pueden presentar derrumbes y deslizamientos o cualquier otro tipo de evento que genere un incremento en el volumen a depositar. Si bien el balance de masas considera un porcentaje para este tipo de material, este valor puede cambiar según las características constructivas propias de las obras civiles.
- Algunos materiales tienen densidades diferentes a los convencionales y mayoritarios por lo que una capacidad volumétrica mayor permite acomodar la misma masa con menos espacio disponible.
- Frente a volúmenes adicionales que puedan surgir en todo el tiempo de construcción y operación del proyecto, tener ya conformados y aprobados sitios de disposición de los materiales es apropiado y así evitar futuras modificaciones o solicitudes de zonas adicionales.
- En el proceso constructivo se pueden presentar algunas restricciones de cierres temporales en algunos depósitos ya sea por cuestiones climatológicas, adecuaciones en el mismo, etc., para lo cual se puede disponer de otros depósitos con capacidad permitiendo la no detención de las actividades de obra. Adicionalmente en temporadas de lluvias se puede limitar la colocación de material por saturación del material, lo cual requiere de un manejo cuidadoso en la conformación del material en el depósito.

El conformar los distintos depósitos a una capacidad menor a la total es normal dentro del proceso constructivo de conformación, dado que este se hace por terrazas (niveles), con una técnica y control estricto en la forma de disposición del material estéril y de los drenajes asociados. En caso de no requerirse algunas de los últimos niveles, no existe problemas porque el drenaje y la conformación del material ya colocado tendrá todos los controles y

buenas prácticas de ingeniería, que garanticen la estabilidad del lleno, así que si su cota es menor a la proyectada, no implicaría riesgos al depósito.

3.6.1.1.3 Manejo de aguas

Para los depósitos de material estéril del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se plantean las obras de drenaje necesarias para el manejo de las aguas con incidencia en la zona a intervenir. Básicamente, se propone un sistema interno de filtros y otro externo que consta de canales y cunetas cuyo proceso de diseño se describe a continuación:

A. Sistema de subdrenajes

Se entiende por filtro al conjunto de subsistemas y elementos técnicamente interrelacionados que permiten captar, conducir y evacuar un caudal de infiltración [en la zona de intervención con el depósito y garantizar su continuidad aguas abajo del lleno](#). El filtro es un aporte fundamental en la estabilidad de los depósitos, ya que el exceso de agua en algunos suelos, especialmente los de grano fino, afectan los parámetros de resistencia, la susceptibilidad en los cambios volumétricos y los mecanismos de transmisión de presiones aplicadas.

Un filtro eficiente y estable es necesario que esté compuesto por un medio filtrante y otro drenante, se entiende por medio filtrante aquel elemento que es capaz de retener el suelo pero que a su vez permite el paso del agua, función que es desempeñada por el geotextil, el medio drenante es el encargado de hacer el transporte del agua que pasa a través del filtro, [hacia aguas abajo del lleno](#).

[Para la definición de las secciones trapezoidales de los filtros \(ancho, alto, número de tuberías perforadas\), fue necesaria la estimación del caudal de diseño, evaluando las aguas que se infiltrarían a través de la superficie del depósito, además del aporte subterráneo \(abatimiento del nivel freático\), teniendo en cuenta que por los procesos de conformación y construcción de los depósitos y la revegetalización superficial de los mismos, se deberá ir mitigando la infiltración.](#)

[Para los depósitos se definieron filtros primarios que varían de sección desde tipo uno hasta tipo cinco y uno de carácter secundario para ramales con caudal menor, la sección transversal de los mismos depende de las áreas aferentes que atiene cada tramo de filtro y son propuestos en las zonas de vaguada y de acumulación en el área de intervención con el depósito; el caudal captado por este sistema, será conducido aguas abajo de los llenos, direccionado al drenaje natural más cercano, en la misma zona donde escurría antes del depósito.](#) Los filtros varían entre primarios y secundario según la sección trapezoidal, con una pendiente longitudinal variable que se ajusta al terreno; se construirán con material granular de diámetro entre 2" y 4", con un geotextil que tendrá un espesor no menor de 1,50 mm y una resistencia la tensión de 700 N (NT 2500 o similares), en la parte superior se dejará un traslape cosido de mínimo 0,30 m, ver plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010.

En la Tabla 3.152 se presentan los tipos de filtros propuestos para todos los depósitos [del proyecto](#) y en la Figura 3.169 se ilustra el detalle de uno de los filtros.

Tabla 3.152 Dimensiones filtro

Filtro	Base (b)	Alto (h)	Número de tuberías de 8"	Número de tuberías de 6"	Número de tuberías de 4"
	(m)	(m)			
Primario Tipo 1	1,50	1,50	0	1	0
Primario Tipo 2	2,00	1,50	0	2	0
Primario Tipo 3	2,00	1,50	0	3	0
Primario Tipo 4	2,00	2,00	0	3	0
Primario Tipo 5	3,50	2,50	3	0	0
Secundario	1,00	1,00	0	0	1

Fuente: Integral S.A, 2025

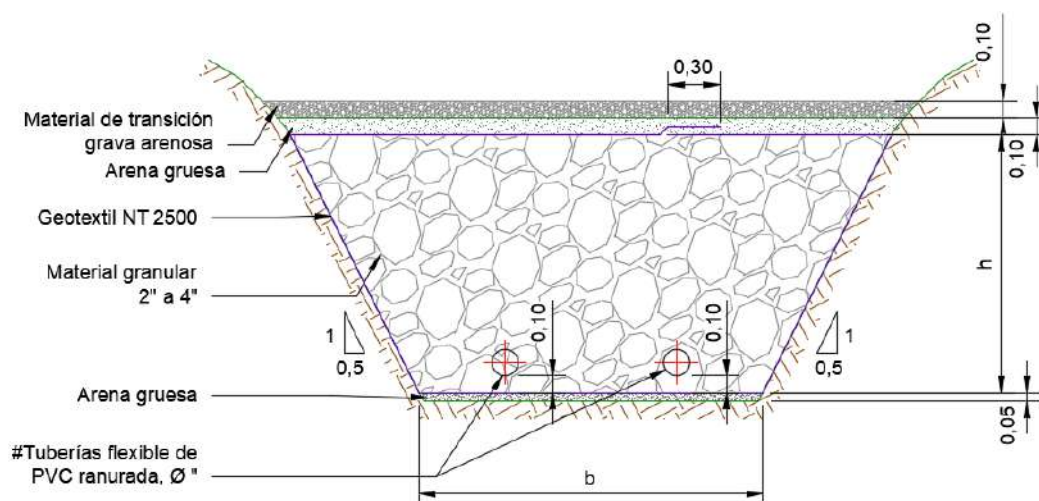


Figura 3.169 Esquema general de filtro (sección transversal)

Fuente: Integral S.A, 2025

B. Drenajes superficiales

Serán los encargados del manejo de la escorrentía que llega y cae directamente a la zona donde se ubica el depósito, para captarla y conducirla de una forma segura, disipando la energía y entregándola al drenaje natural aguas abajo, donde discurre normalmente cuando no hay depósito.

Los criterios principales para definir el tipo de drenaje [superficial a utilizar](#) son: El caudal estimado en el diseño, la fundación y pendiente [donde se va a localizar](#), geometría del depósito, el área de ocupación [de este](#) y sus vías de acceso; con estas consideraciones,

se plantearon los drenajes para captar y conducir el agua superficial hacia los cauces o corrientes de agua fuera de la zona de intervención.

El dimensionamiento de las obras de drenaje considera una creciente de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 25 años, exceptuándose las cunetas localizadas en las bermas, las cuales se definen para 5 años.

El tipo de estructuras de drenaje proyectadas son las siguientes:

a. Canales escalonados en concreto reforzado de sección rectangular

Son estructuras colectoras perimetrales o interceptoras de la escorrentía, que permiten captar el agua [con incidencia en el depósito durante los eventos](#) de lluvia y conducirla aguas abajo hacia los drenajes naturales, [donde el flujo continúa su recorrido de forma natural](#). Asimismo, reciben las descargas laterales que provienen de los drenajes tipo cuneta que se instalan en las bermas, justo en el contacto con el talud al inicio de cada terraza y de las plazoletas. Estos canales se especifican en los planos anexos I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010 como tipo C1, C2..., C5 dependiendo de la dimensión de la sección, ver Fotografía 3.16.



Fotografía 3.16 Canales escalonados en concreto reforzados para depósitos

Fuente: Integral S.A, 2025.

Este tipo de drenaje se construirá con el alineamiento propuesto en los planos de detalle de cada depósito [que se encuentran anexos](#), las características estructurales se muestran en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-020, [van](#) apoyados sobre el terreno natural, luego del proceso de descapote y con los llenos laterales propuestos, indispensables para el ingreso de la escorrentía [aledaña al canal](#). La sección transversal del canal variará de acuerdo con los caudales [estimados](#) necesarios a drenar, adicionalmente se dejará un borde libre promedio de 0,30 m.

Para los depósitos de material de las obras civiles del proyecto, se implementarán 5 tipos diferentes de canales escalonados en concreto reforzado, que serán perimetrales a los llenos y fundados en terreno natural, conduciendo las aguas hacia el drenaje natural, donde normalmente llega la escorrentía del área en que se desarrollaría el lleno. En la Tabla 3.153 se presentan los tipos de canales propuestos para todos los depósitos y en la Figura 3.170 se ilustra el detalle general de los mismos.

Tabla 3.153 Dimensiones canales

Canales	Base (B)	Alto (H)
	(m)	(m)
C1	0,60	0,50
C2	1,00	0,80
C3	1,20	0,80
C4	1,50	1,00
C5	1,50	1,20

Fuente: Integral S.A, 2025

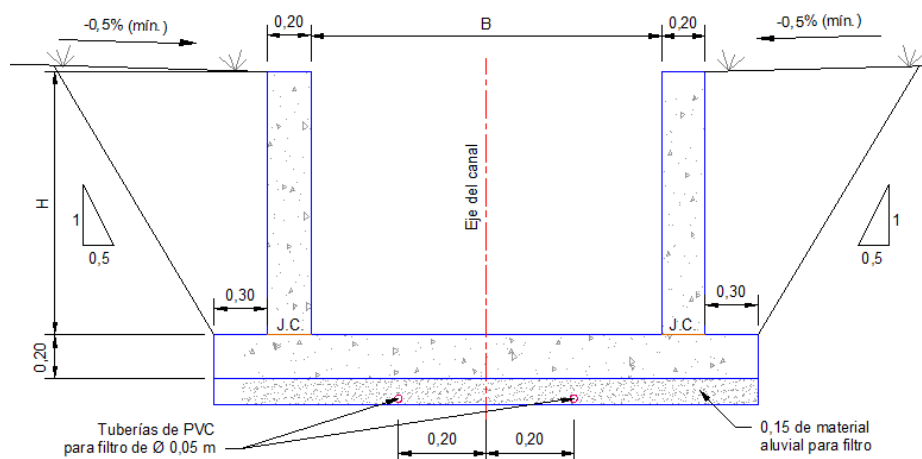


Figura 3.170 Esquema canal en concreto (sección transversal)

Fuente: Integral S.A, 2025.

Estos canales y en general los drenajes superficiales de los depósitos, deberán tener un mantenimiento rutinario en las etapas tempranas de consolidación del lleno, para que cumplan adecuadamente su funcionalidad.

b. Cunetas en concreto

Son unas cunetas interceptoras de la escorrentía que desciende por las bermas plataformas del depósito en momentos de lluvia, con descarga a los canales perimetrales en concreto reforzado; se construirán en todas las bermas y cuando se presentan plataformas muy grandes en los depósitos, ver Fotografía 3.17.



Fotografía 3.17 Cunetas en concreto para las bermas de los depósitos

Fuente: Integral S.A, 2025.

Para los depósitos se implementarán dos tipos de cunetas propuestos en las bermas y en las plataformas de los depósitos, descargando las aguas a los canales diseñados. En la Tabla 3.154 se presentan los tipos de canales propuestos para todos los depósitos y en la Figura 3.171 se ilustra el detalle general de los mismos. A las cunetas se les deben realizar un mantenimiento rutinario para su buen funcionamiento.

Tabla 3.154 Dimensiones cunetas

Cunetas	Base (B)	Alto (H)	Observación
	(m)	(m)	
RV1	1,20	0,36	Implementado en bermas del depósito
RV2	1,20	0,20	Implementado en plataformas del depósito

Fuente: Integral S.A, 2025.

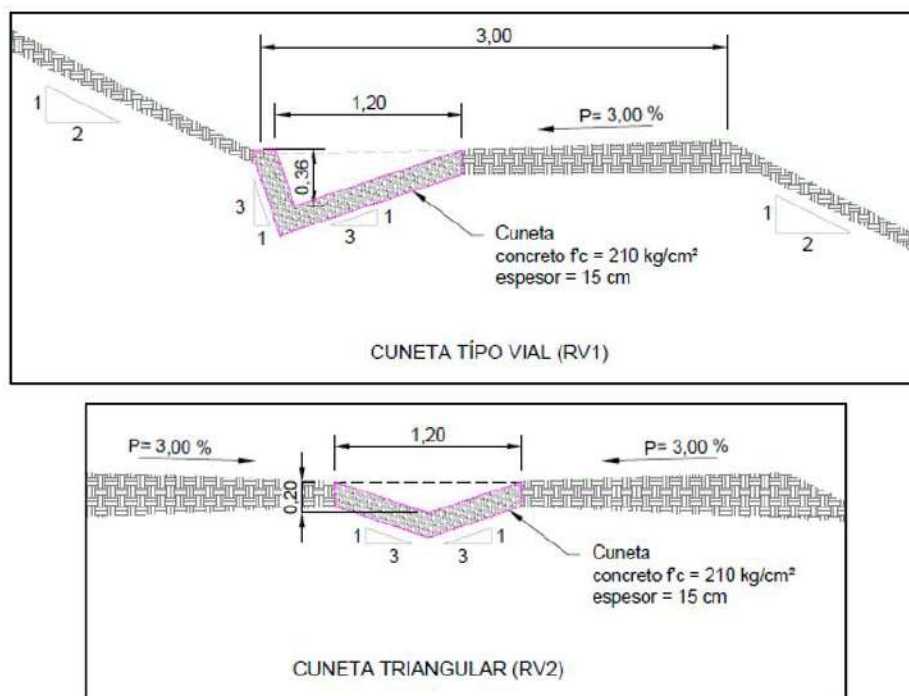


Figura 3.171 Esquema cunetas en concreto (sección transversal)

Fuente: Integral S.A, 2025

C. Descripción drenajes cada depósito

a. Depósito E

El depósito E está conformado por un sistema de subdrenaje que se establece al inicio (antes de comenzar la disposición de materiales estériles) que lo conforman tres tipos de filtro primario para el eje principal (tipo 1, 2 y 3) y uno secundario para algunos ramales de baja sollicitación, pero igualmente aportantes de caudal a los primarios, las secciones de cada tipo de subdrenaje se indican en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010. En el caso de los drenajes superficiales se tienen unos canales perimetrales escalonados en concreto reforzado, que van desde la sección tipo C1 (0,50 x 0,50) hasta la C4 (1,50 x 1,00) cuya dimensión varía de acuerdo a la estimación de caudal (asociado a áreas aferentes) que va captando el canal y que aumenta en todo su recorrido, también en las plazoletas y bermas que tiene el lleno, se ubican unas cunetas triangulares que complementan todo el sistema de drenaje, las secciones de este tipo de canal y de las cunetas triangulares se indican en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-020. La planta con los tipos de obras hidráulicas y la localización propuesta, se indican en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DME-010-R00, ver Figura 3.172.

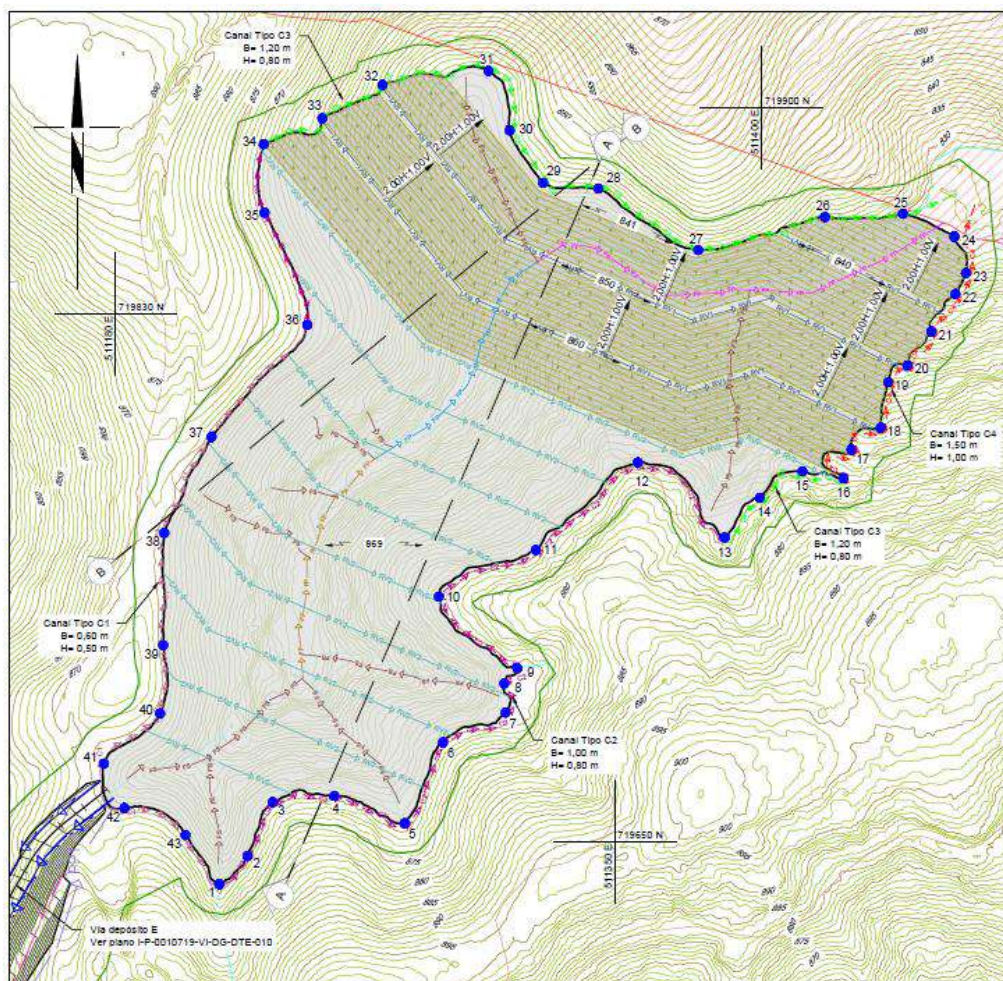


Figura 3.172 Esquema general de drenajes depósito E y sus respectivas convenciones

Fuente: Integral S.A, 2025

b. Depósito G

El depósito G tiene un solo tipo de filtro que es el primario tipo 1 con capacidad suficiente para los caudales de infiltración estimados, ver plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010 y Figura 3.173. Para el drenaje superficial hay dos tipos de canal: el C2 (1,00 x 0,80) y el C4 (1,50 x 1,00), cuyos detalles se muestran en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-020. El planteamiento general de todos los drenajes del depósito se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DMG-010 y en la Figura 3.174.

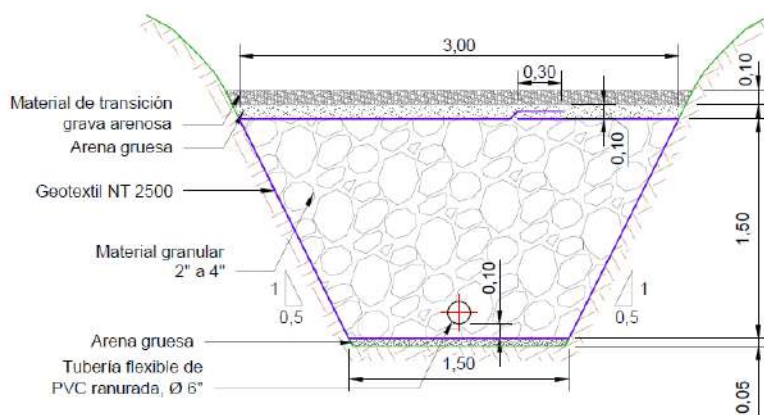


Figura 3.173 Detalle filtro primario tipo 1

Fuente: Integral S.A, 2025

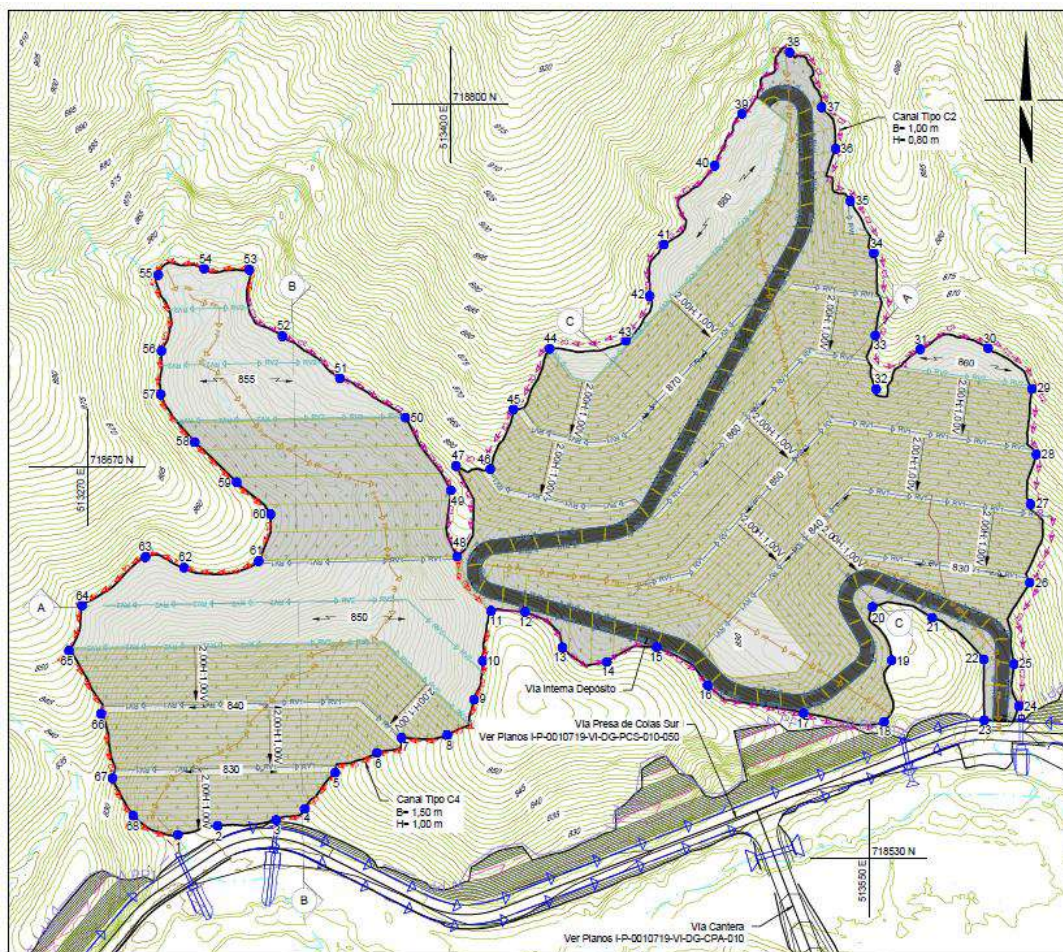


Figura 3.174 Planta depósito G con drenajes proyectados

Fuente: Integral S.A, 2025

c. Depósito K

El depósito K es de gran tamaño y requiere varios tipos de filtros, estos oscilan entre el primario tipo 2 hasta el 5 que es el de mayor tamaño considerado en los diseños, también tiene unos ramales cuyos caudales de infiltración y por nivel freático, son aptos para ser manejados con uno de tipo secundario (la menor sección propuesta), ver plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010 con las especificaciones de cada filtro. En el caso de los drenajes superficiales, se tienen unos canales perimetrales escalonados en concreto reforzado que varían entre C1 (0,60 x 0,50) y el C5 (1,50 x 1,20), siendo este último el de mayor tamaño propuesto, ver plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-020. Siempre en estos depósitos, se consideran varios tipos de sección de filtro, para que tengan la capacidad de conducir el flujo subsuperficial que se va captando durante el recorrido de estos, igualmente sucede con los drenajes superficiales, cuya sección rectangular varía desde un ancho

menor de 0,60 m y una altura de 0,50 hasta llegar a una sección final de 1,50 de base y 1,20 de alto, ya que durante el recorrido de dichos canales la escorrentía captada aumenta. Ver plano I-P-0010719-ZM-DG-DMK-010 y Figura 3.175.

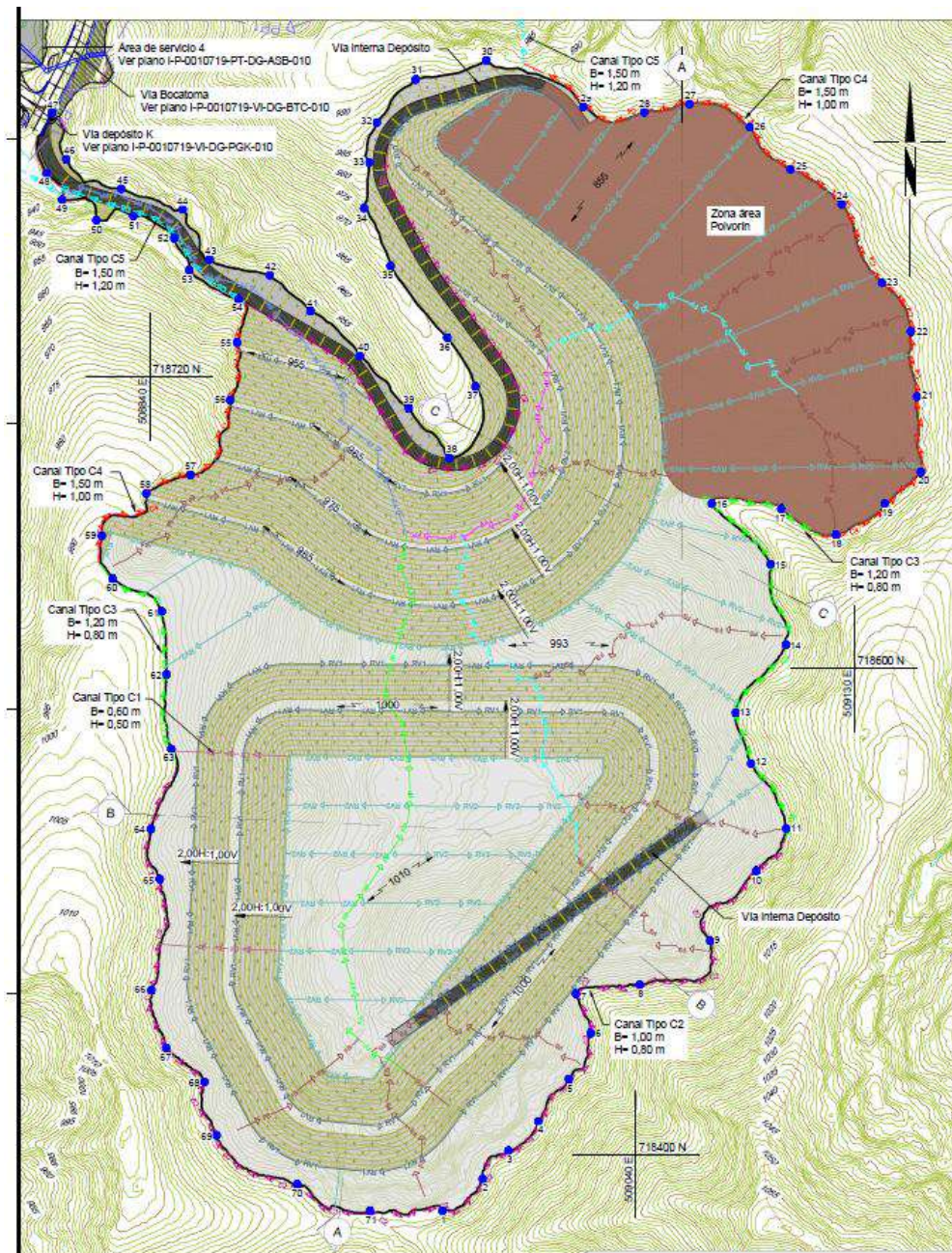


Figura 3.175 Planta depósito K con todos sus drenajes

Fuente: Integral S.A, 2025

d. Depósito L

Es un depósito con una capacidad para disponer material estéril de 1.137.400 m³, lo que implica tener un sistema de drenaje subsuperficial y superficial de las altas especificaciones; la propuesta es usar unos filtros secundarios de menor sección al inicio del drenaje subterráneo en algunos ramales, para después desarrollar unos filtros primarios de mayor tamaño primarios en los ejes principales de la zona de intervención, que van desde el tipo 1 con una sección trapezoidal de ancho 1,50 m en la base y un ancho superficial de 3,00 m y una altura de 1,50 m y finalizar en el tipo 4 de 2,00 m de ancho en la base al igual que su altura, y un ancho superficial de 4,00 m, la sección va variando de acuerdo a la exigencia de drenaje, los filtros llevan un material drenante compuesto por material granular de 2 a 4 pulgadas y complementando con tres tuberías de 6", que van a garantizar la salida y continuidad de esos flujos subterráneos, aguas abajo del depósito, ver detalle del filtro de mayor tamaño propuesto en la Figura 3.176.

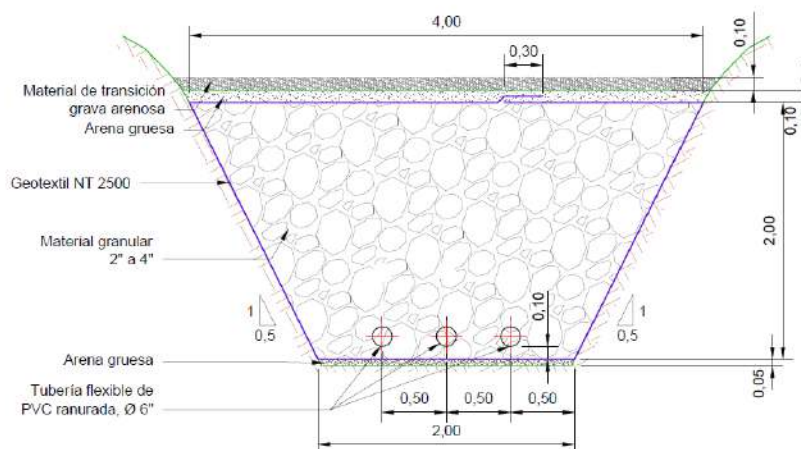


Figura 3.176 Detalle filtro primario tipo 4

Fuente: Integral S.A, 2025

Con respecto al drenaje superficial, se tienen tres tipos de canal en este depósito, todos en concreto reforzado, escalonados para contribuir a la disipación de energía del flujo, pero con sección hidráulica diferente, eso depende de las áreas aferentes y el caudal estimado que llegaría al canal, por esa razón se tiene un C2 de 1,00 m de ancho por 0,80 m de alto en la parte alta del lleno, posteriormente un C3 de 1,20 x 0,80 y finaliza con un canal tipo C4 de 1,50 x 1,00 m (ver Figura 3.177) que descarga finalmente el caudal al drenaje natural de forma disipada por los efectos de los escalones, y no en condición de flujo supercrítico ya que no se trata de una rampa.

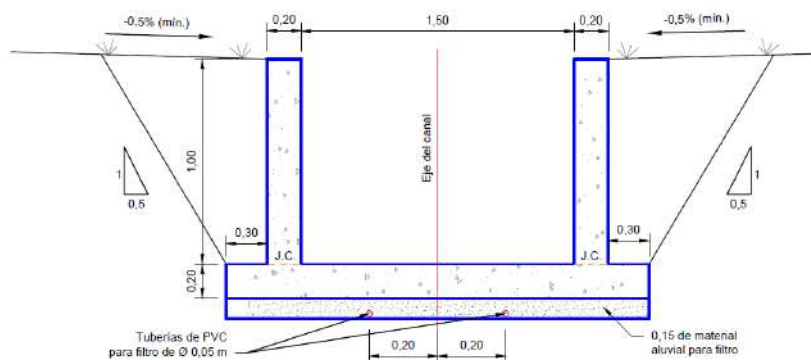


Figura 3.177 Sección canal tipo C4

Fuente: Integral S.A, 2025

Los detalles en planta de cómo se localizan los drenajes del depósito K, se muestran en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DML-010 y la Figura 3.178.

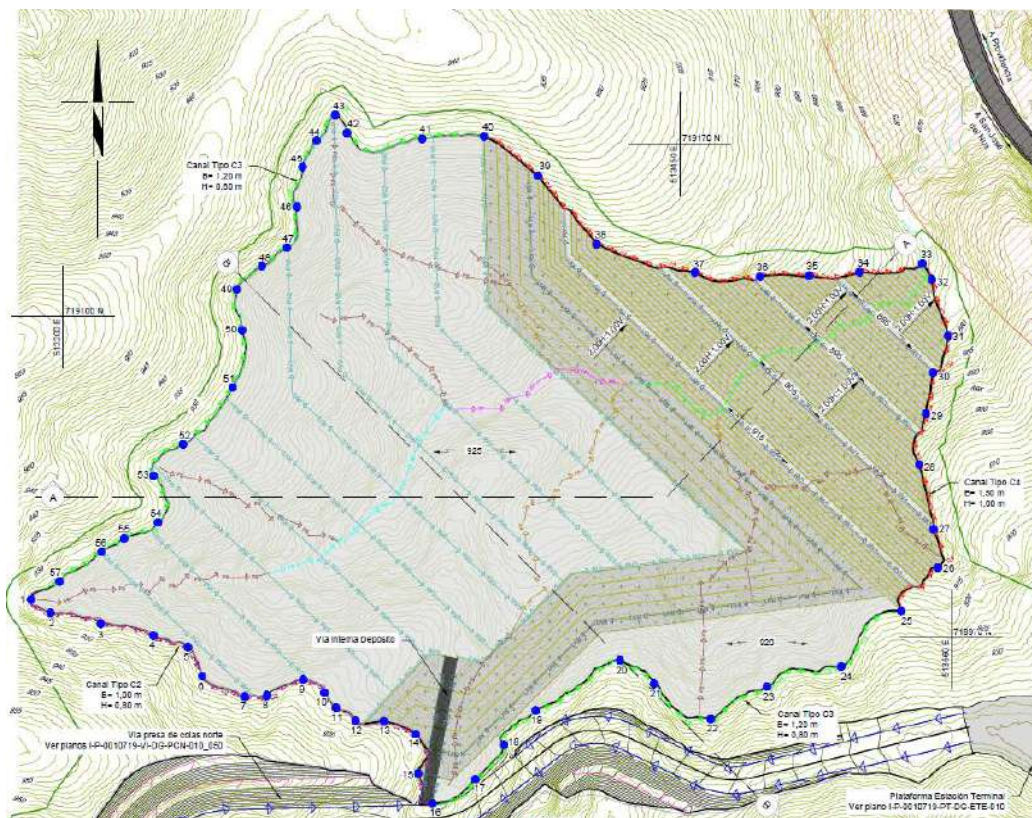


Figura 3.178 Detalles planta drenajes proyectados depósito L

Fuente: Integral S.A, 2025

e. Depósito M

El depósito M se localiza cerca de la que será la vía sustitutiva a Cristales, con una capacidad estimada de 530.920 m³ y un sistema básico de drenaje que comprende los subsuperficiales y unos superficiales que dan continuidad a los drenajes proyectados en la carretera y a los que requiere el depósito. Se tienen unos filtros secundarios para los ramales superiores de la superficie que será llenada, los cuales descargan a una red principal de filtros que va desde el tipo 1 hasta el tipo 3. El tipo 1 tiene un ancho en la base de 1,50 m y una tubería perforada flexible de 6", el tipo 2 un ancho de 2,00 m y dos tuberías perforadas flexibles de 6", para finalmente llegar al filtro tipo 3 con un ancho de 2,00 m y tres tuberías flexibles de 6", con descarga a la zona externa; como se puede observar la capacidad del filtro se va incrementado, ya que durante su recorrido va incorporando más caudal de infiltración y de nivel freático, ver Figura 3.179 con detalle del filtro tipo 2 y el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010 con todos los demás tipos de filtro.

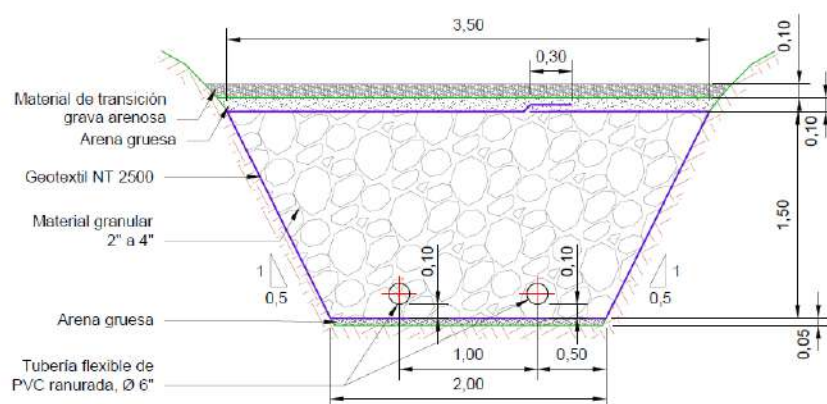


Figura 3.179 Detalle filtro primario tipo 2

Fuente: Integral S.A, 2025

Para el caso del drenaje superficial, se tienen tres tipos de canal escalonado en concreto reforzado, desde el C2 de 1,00 x 0,80, C3 de 1,20 x 0,80 y el último C4 de 1,50 x 1,00 m (ver plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-020), los cuales apoyan en el drenaje de la superficie del lleno y se complementan con los descoles de algunas obras de drenaje propias de la carretera, ya que se debe garantizar su descarga aguas abajo del depósito. Por la geometría y necesidad de disposición de materiales, se forma una terraza amplia en la cota 886 m s.n.m. del lleno, la cual también requiere un sistema de cunetas que permitan que, en caso de precipitaciones, el agua producto de la lluvia pueda drenar hacia los canales perimetrales, mitigando procesos de erosión y arrastre de materiales hacia los drenajes naturales aguas abajo de la superficie del depósito, ver Figura 3.180. Los drenajes completos que se requieren para el depósito M se pueden ver en la Figura 3.181 que muestra una planta y los demás detalles como secciones, notas y coordenadas para el replanteo y la construcción, en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DMM-010.

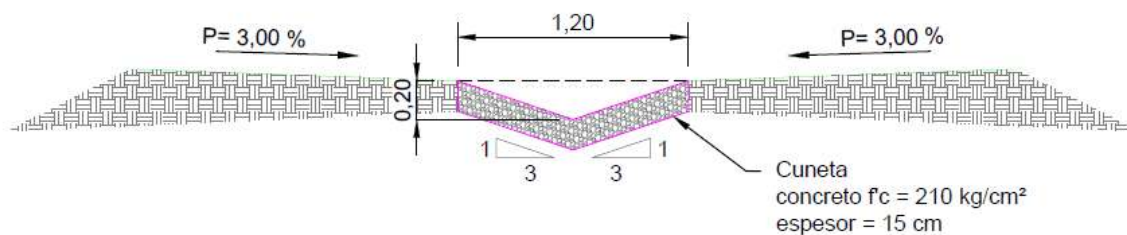


Figura 3.180 Detalle cuneta triangular RV2

Fuente: Integral S.A, 2025

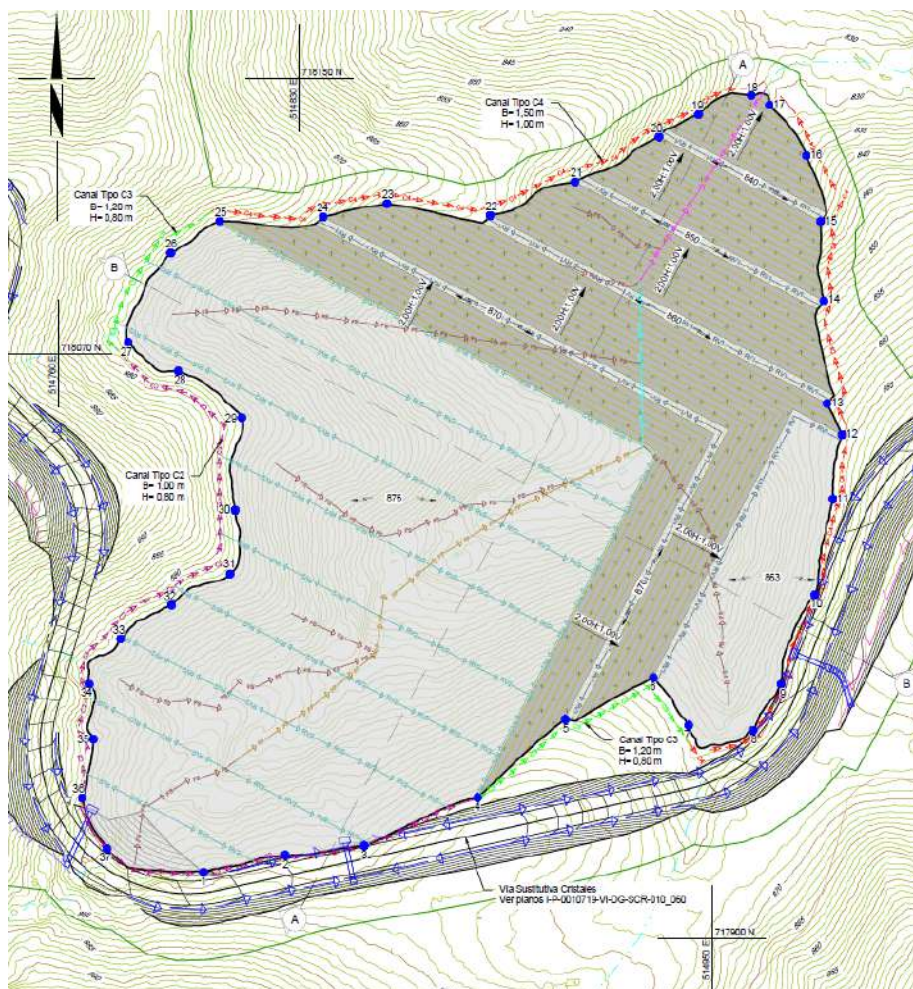


Figura 3.181 Detalles planta drenajes proyectados depósito M

Fuente: Integral S.A, 2025

f. Depósito O

El depósito O tiene una capacidad estimada para disponer material estéril de 320.500 m³, por su tamaño tiene un sistema de subdrenaje más sencillo que los depósitos de gran tamaño, compuesto de unos ramales secundarios y un filtro primario tipo 1 que descarga en la parte externa del lleno, ver detalle del filtro secundario en la Figura 3.182 y el primario en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010.

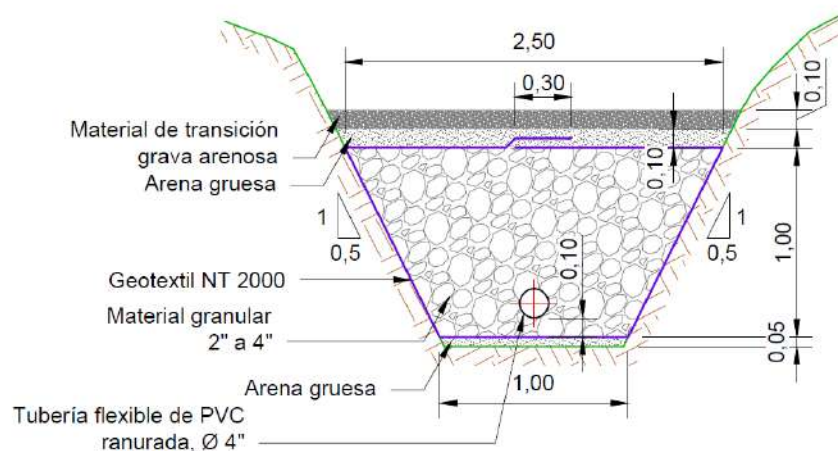


Figura 3.182 Filtro secundario

Fuente: Integral S.A, 2025

Para los drenajes superficiales, se tienen solo dos tipos de canales en concreto reforzado, los cuales se instalan en forma escalonada para contribuir con la disipación de energía del flujo, un canal tipo C1 perimetral al costado norte del depósito, con una sección hidráulica de 0,60 x 0,50 siendo el de menor tamaño propuesto en los diseños, ya que capta escorrentías menores, y hacia el perímetro sur un canal tipo C2 de 1,00 x 0,80, ambos descargan aguas abajo a un drenaje natural existente, de una forma muy controlada, que no se acerca a la condición de flujo supercrítico, ya que por la forma en que se construye el drenaje, la velocidades del flujo son menores y la energía se disipa en los escalones del canal, mitigando procesos erosivos e impactos al drenaje natural aguas abajo. También se tienen unas cunetas triangulares para las bermas y la plazoleta del lleno, ver planta en la Figura 3.183 y todos los detalles complementarios en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DMO-010.

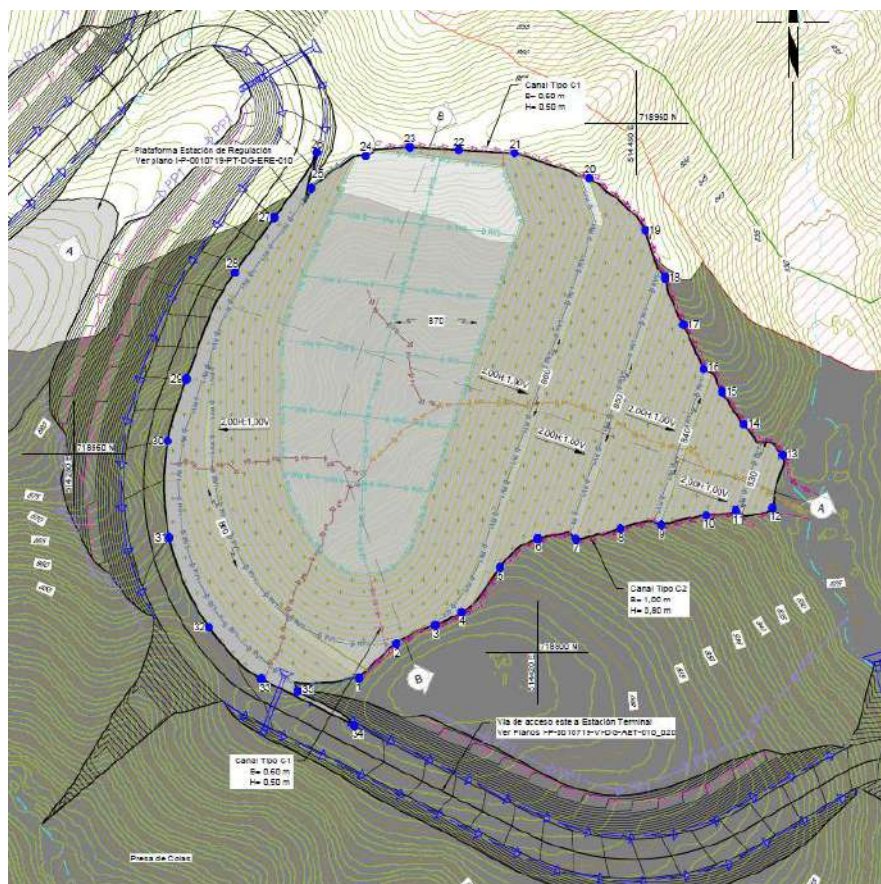


Figura 3.183 Detalles planta drenajes proyectados depósito O

Fuente: Integral S.A, 2025

g. Depósito R

La capacidad de disposición de material estéril es de aproximadamente 470.385 m³ con una plazoleta en la cota 880 m s.n.m., con un filtro secundario en unos ramales de la parte más alta de la zona a llenar y una red de primarios, que implica usar los tipos 1, 2 y 3, cuya sección va variando en la medida que van captando más caudal durante su recorrido, ver los detalles en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010.

En cuanto al drenaje superficial se tienen tres tipos de canal en concreto reforzado, que van desde el C2 al C4, todos se muestran en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-020 y en la Figura 3.184 el C2 específicamente, donde se detalla que tiene una sección hidráulica de 1,00 m de ancho y 0,80 m de alto, con muros y losa de fondo de un espesor de 0,20 m, siempre estos canales se ejecutan garantizando el ingreso de la escorrentía de todas las laterales al canal.

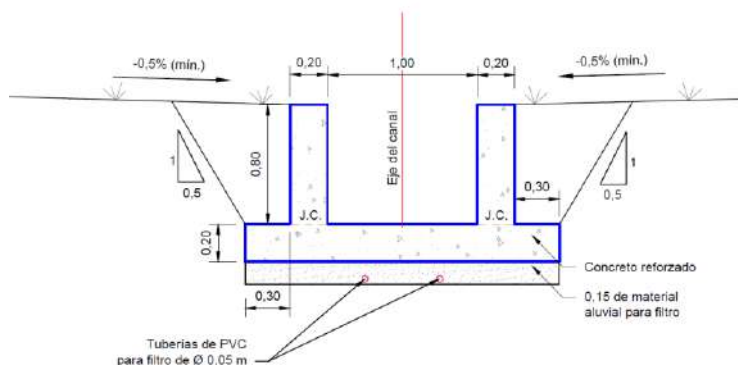


Figura 3.184 Sección canal tipo C2

Fuente: Integral S.A, 2025

En la Figura 3.185 se muestra una planta del depósito R con todos los drenajes que lleva, incluyendo una cuneta triangular para las bermas y la plazoleta amplia superior, ver mayores detalles del diseño en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DMR-010.

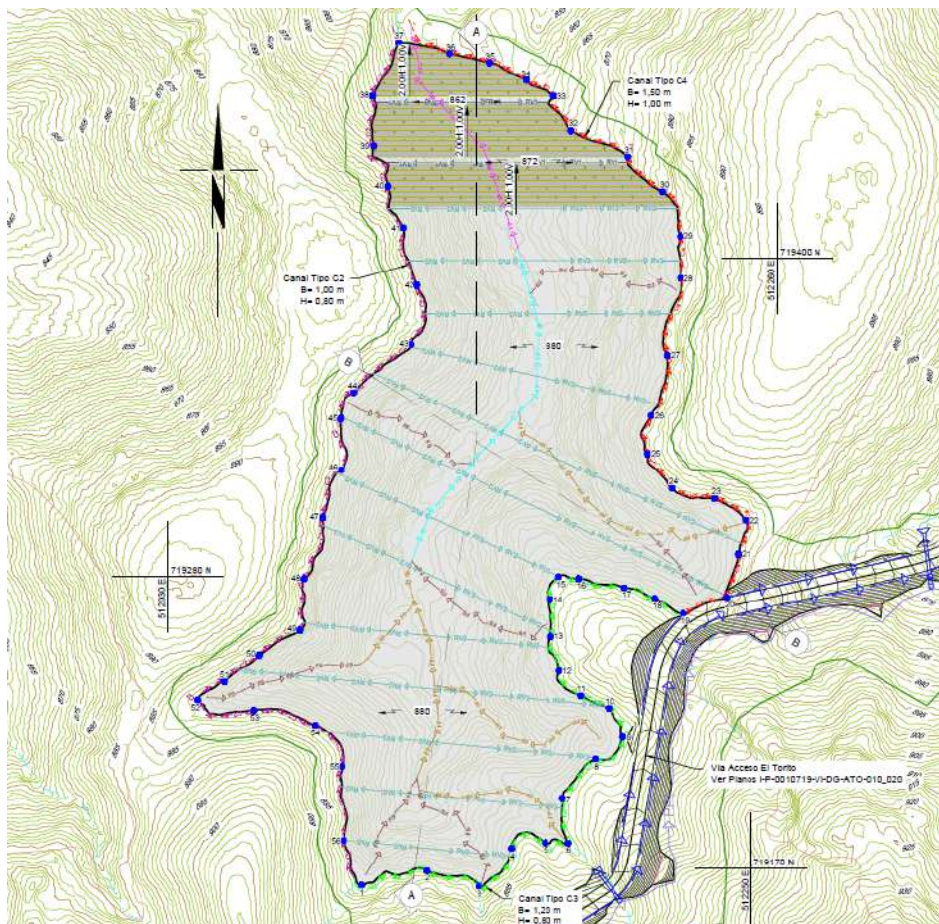


Figura 3.185 Detalles planta drenajes proyectados depósito R

Fuente: Integral S.A, 2025

h. Depósito W

Este depósito de 129.220 m³ de capacidad se ubica al lado de la futura vía minera San Antonio, en ese caso se tiene un filtro secundario y uno principal tipo 1, con características similares a las explicadas en los otros depósitos; para los drenajes superficiales se tiene un canal menor tipo C1 de 0,60 x 0,50 y un C2 cuya sección hidráulica es de 1,00 m en la base y una altura de 0,80 m, las paredes y losas de base en concreto reforzado de estos canales son de 0,20 m, los detalles de estos drenajes se pueden observar en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010 y 020. La planta general de este lleno se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DMW-010, y también se presenta en este informe una figura que ilustra el drenaje general y su acople con la demás infraestructura minera, ver Figura 3.186.

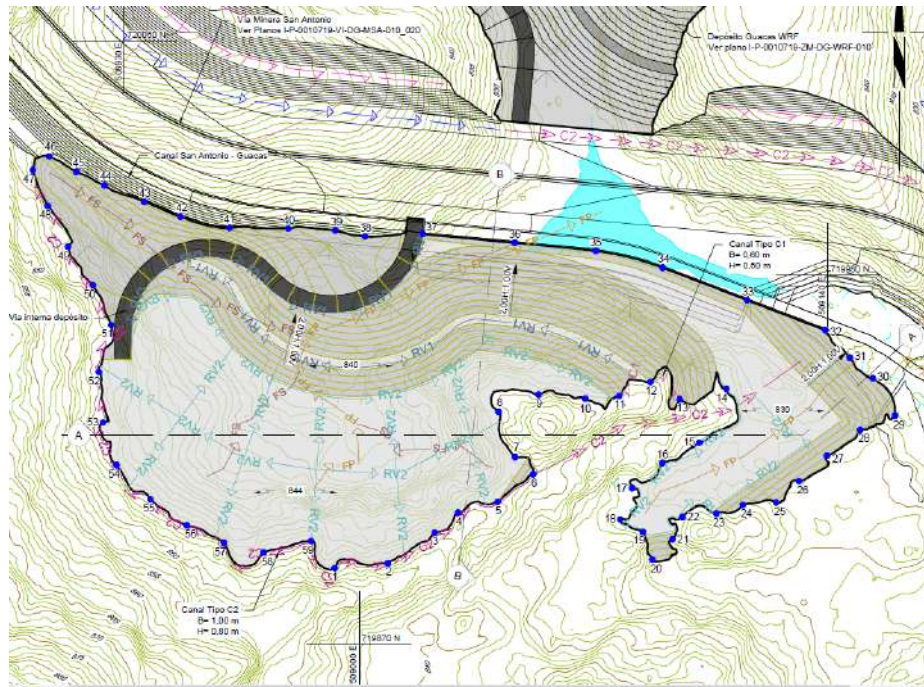


Figura 3.186 Detalles planta drenajes proyectados depósito W

Fuente: Integral S.A, 2025

i. Depósito Guacas WRF

Este es un depósito con una capacidad estimada de 225.440 m³, cerca de la vía minera San Antonio, por su tamaño y área que ocuparía solo requiere de dos tipos de filtros, uno secundario (ver Figura 3.182) y otro principal tipo 1 (ver Figura 3.173). Con respecto al drenaje superficial, lo que se proyecta son dos tipos de canales escalonados en concreto reforzado, el C1 de 0,60 x 0,50 y el C2 de 1,00 x 0,80 (ver Figura 3.184). Este depósito tiene su pata en el contacto con la vía minera, donde se dará la descarga a un canal que continuará por el borde de vía hasta dejar la escorrentía en un drenaje natural, los detalles completos de este depósito, incluyendo geometría, secciones y drenajes se indican en el plano I-P-0010719-ZM-DG-WRF-010.

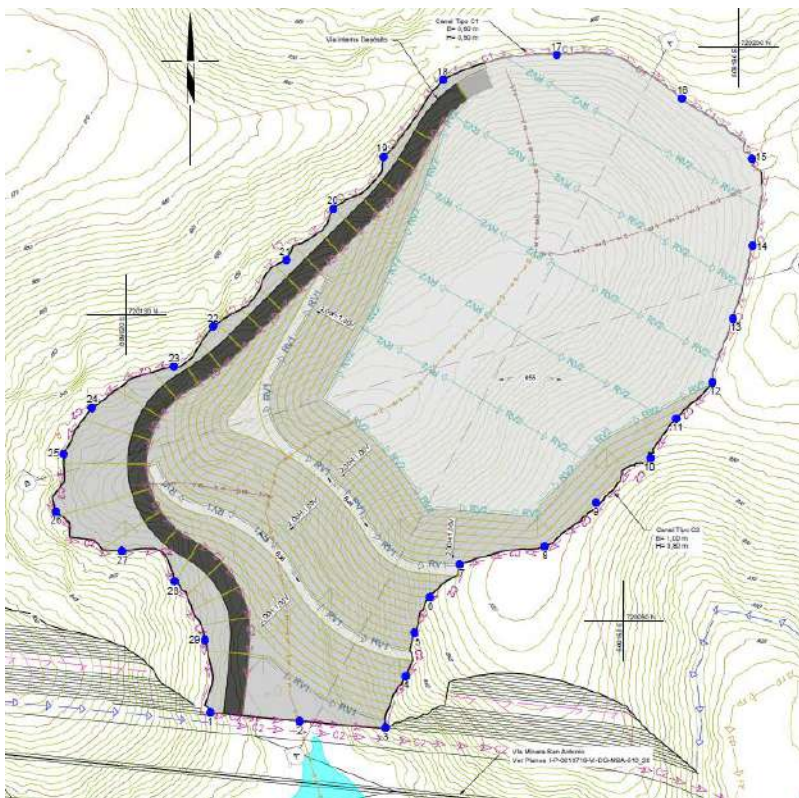


Figura 3.187 Detalles planta drenajes proyectados depósito Guacas WRF

Fuente: Integral S.A, 2025

j. Depósito El Torito

Tiene una capacidad volumétrica de aproximadamente de 456.650 m^3 , se ubica cerca de la vía de acceso El Torito; Debido al área ocupada tiene una red de subdrenajes de cuatro secciones diferentes, iniciando con unos filtros secundarios que son los que tienen la menor sección proyectada en el diseño, los cuales que descargan a una red o eje de filtros principales, iniciando en el tipo 1 y finalizando en el tipo 3 (ver Figura 3.188), el filtro final es de una capacidad superior, ya que recoge todo la infiltración acumulada en el área del lleno y la descarga al drenaje natural, garantizando que se siga desarrollando el escurrimiento normal en la zona de intervención, los detalles de los demás tipos de filtros ya han sido indicados en este capítulo y se pueden observar en el plano I-P-0010719-ZM-DG-GEN-010.

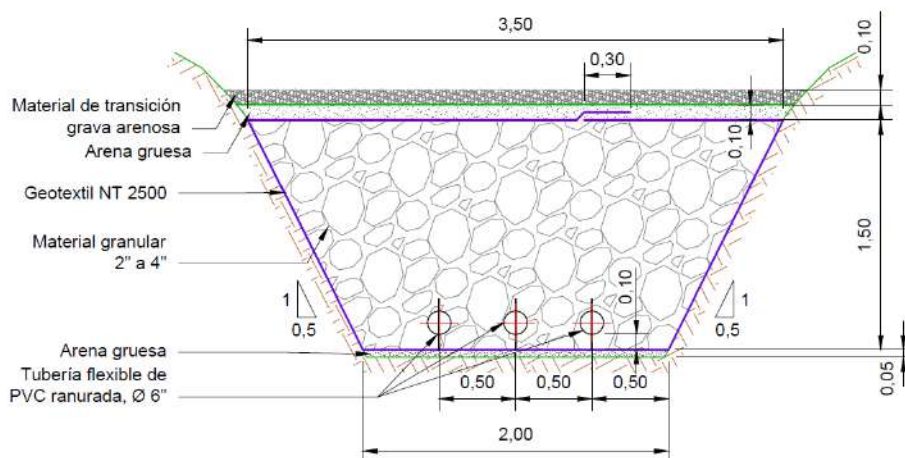


Figura 3.188 Detalle filtro primario tipo 3

Fuente: Integral S.A, 2025

Para el drenaje superficial se tiene un solo tipo de canal, el C2 de 1,00 x 0,80 m (ver Figura 3.184) tanto para el perímetro norte, como el sur del depósito ya que, según la estimación de caudales, es suficiente con esta sección. También debido a la generación de una plazoleta amplia en la cota 855 por el diseño geométrico y las necesidades de disposición del proyecto, se plantea la implementación de una red de cunetas triangulares (ver Figura 3.180), que son en concreto con un ancho de 1,20 m y una profundidad de 0,20 m, que contribuirá a la conducción de la escorrentía de esta zona superior hacia los canales principales perimetrales, igualmente se tiene una para localizar en el contacto entre la berma de cada terraza y el talud, de 1,20 m de ancho y 0,36 m de alto, ambas cunetas se construyen con un espesor de concreto de 15 cm, que da garantías para el direccionamiento de la escorrentía hacia los drenajes principales. En la Figura 3.190 se muestra la localización en planta de los drenajes del depósito y en el plano I-P-0010719-ZM-DG-DMT-010 todos los demás detalles complementarios.

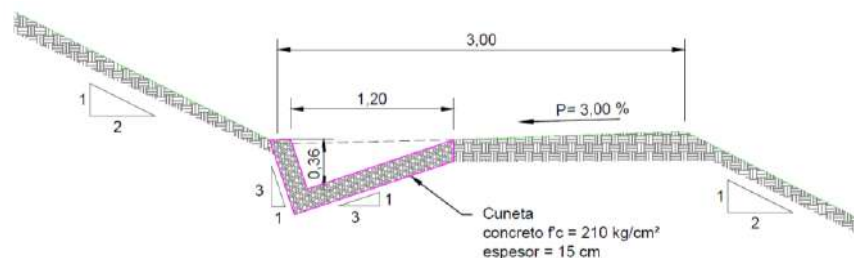


Figura 3.189 Detalle cuneta triangular RV1

Fuente: Integral S.A, 2025

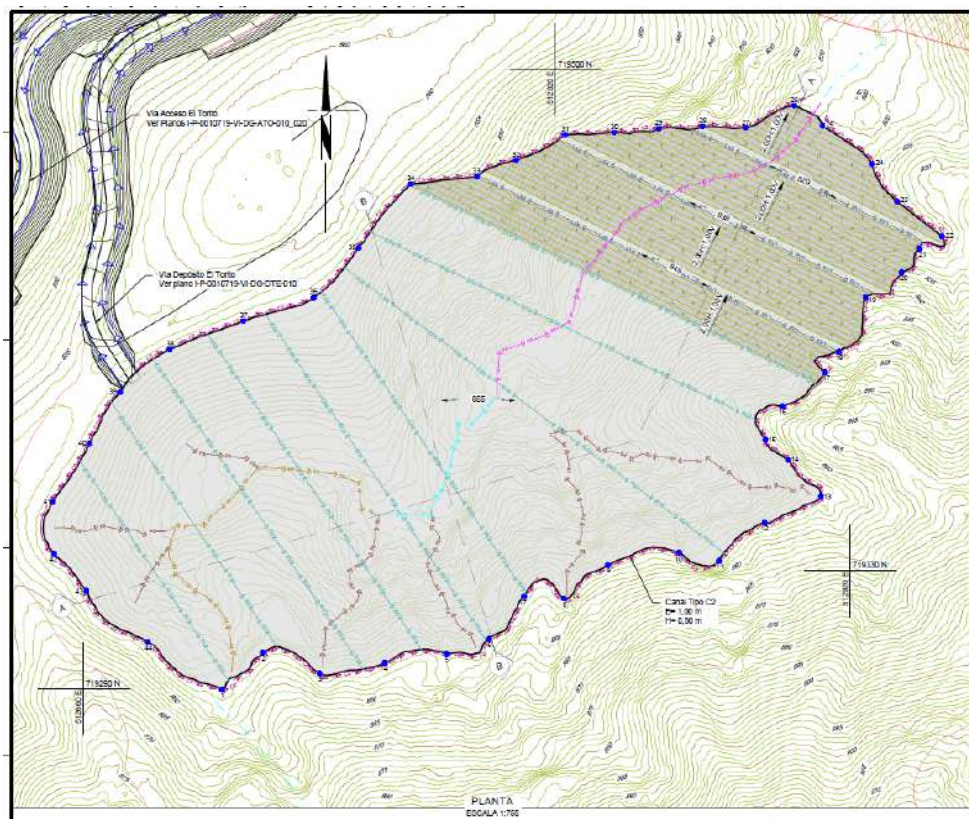


Figura 3.190 Detalles planta drenajes proyectados depósito El Torito

Fuente: Integral S.A, 2025

D. Descarga drenajes

Las áreas proyectadas para los depósitos son aquellas que, por su conformación geomorfológica, permiten la disposición del material estéril de una forma estable y adecuada para el proyecto, dichas zonas que por sus características recogen agua durante los periodos de precipitación y la van drenando aguas abajo, tendrán un adecuado diseño geométrico que genere la estabilidad requerida y un robusto sistema de drenajes.

El sistema de drenaje propuesto en cada depósito tiene: Los filtros que garantizan la continuidad de los caudales que se puedan infiltrar a través de la masa de suelo dispuesta y los drenajes superficiales que van a permitir que la escorrentía aferente al depósito y aquella que escurre en momentos de precipitación de las plazoletas, bermas y taludes de este, llegue al lugar donde normalmente lo hacía si no existiera el depósito.

Los canales en concreto reforzado perimetrales a cada lleno, por su planteamiento en forma escalonada que hace que el agua impacte en la huella, actúan como unos disipadores de la energía, permitiendo un flujo de bajas velocidades, sin que se desarrolle una condición

de flujo supercrítico, por lo tanto, se mitiga el potencial erosivo aguas abajo (ver Figura 3.191).

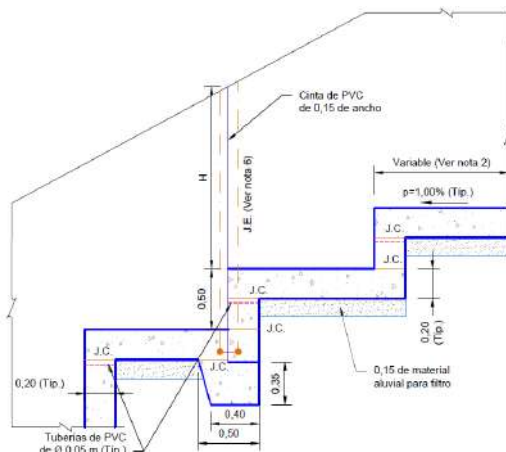


Figura 3.191 Perfil longitudinal típico de un canal perimetral

Fuente: Integral S.A, 2025

Los canales propuestos previos a su descarga rematan con una llave de protección de socavación de la estructura (Figura 3.192).

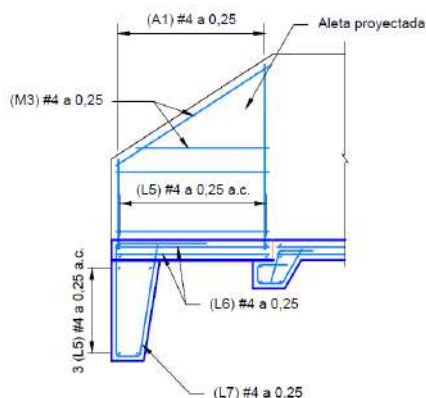


Figura 3.192 Llave protección socavación

Fuente: Integral S.A, 2025

Finalmente, es importante mencionar que el desarrollo de un depósito se hace de una forma técnica rigurosa, que minimiza los impactos al medio natural, con unos subdrenajes instalados previamente para drenar la base de lo que será el depósito y garantizar la continuidad del flujo incluyendo los de infiltración, luego el desarrollo del lleno por terrazas

con todo el sistema de drenaje superficial y la revegetalización, lo que mitiga procesos erosivos y generación de cárcavas en el material dispuesto, ver Figura 3.193.



Figura 3.193 Depósito revegetalizado

Fuente: [Imagen de referencia](#) Integral S.A, 2025

3.6.1.1.4 Consideraciones geotécnicas y de estabilidad

Las consideraciones geotécnicas y de estabilidad parten de las metodologías y criterios de diseño que permiten validar la geometría segura de las ZODMES o depósitos.

Los análisis de estabilidad, en condición estática y pseudoestáticas fueron fundamentales para validar las soluciones de ingeniería requeridas para la conformación de los ZODME (Zonas de Disposición de Materiales de Excavación) o Depósitos. Dichos análisis determinaron que la configuración geométrica propuesta es suficiente para garantizar su estabilidad sin necesidad de soporte mecánico adicional. Específicamente, el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote propone la implantación de diez ZODMES, distribuidos estratégicamente y diseñados para albergar un volumen total de 6.480.840 m³ (ver Tabla 3.150).

La geometría de estos depósitos presenta llenos caracterizados por bancos escalonados con una inclinación de 2H:1V (pendiente del 50 %). La altura máxima de cada banco alcanza los 10 metros. Adicionalmente, se incluyen bermas intermedias de 3 metros de ancho, cuya función es mejorar la estabilidad de los taludes, facilitar el drenaje superficial y reducir el riesgo de deslizamientos. Se recomienda, como medida adicional para algunos depósitos, la construcción de un enrocado en la pata del talud con el fin de mantener la estabilidad en caso de presentarse materiales de baja competencia.

Para sintetizar los resultados de los análisis de estabilidad, la siguiente sección presenta la localización en planta de cada depósito con sus respectivas unidades geológicas, una breve descripción de sus características y los perfiles seleccionados para el análisis.

A. Depósito E

El depósito E fue modelado considerando la presencia de un enrocado en la pata del talud, con una geometría triangular y una altura de 5 metros. Este enrocado reemplaza la parte superficial del depósito de flujo, contribuyendo así a mejorar la estabilidad de la ZODME. Tal y como se observa en el plano I-P-0010719-ZM-GG-DME-010-R00 en la zona de fundación de la ZODME se mapearon algunas cicatrices inactivas. Por lo anterior, se recomienda que dentro de los trabajos de preparación se remueva el material suelto asociado a dichas formaciones. En la Figura 3.194 se muestra la localización en planta del depósito E y la sección de análisis.

En el plano I-P-0010719-ZM-GG-DME-020-R00, denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

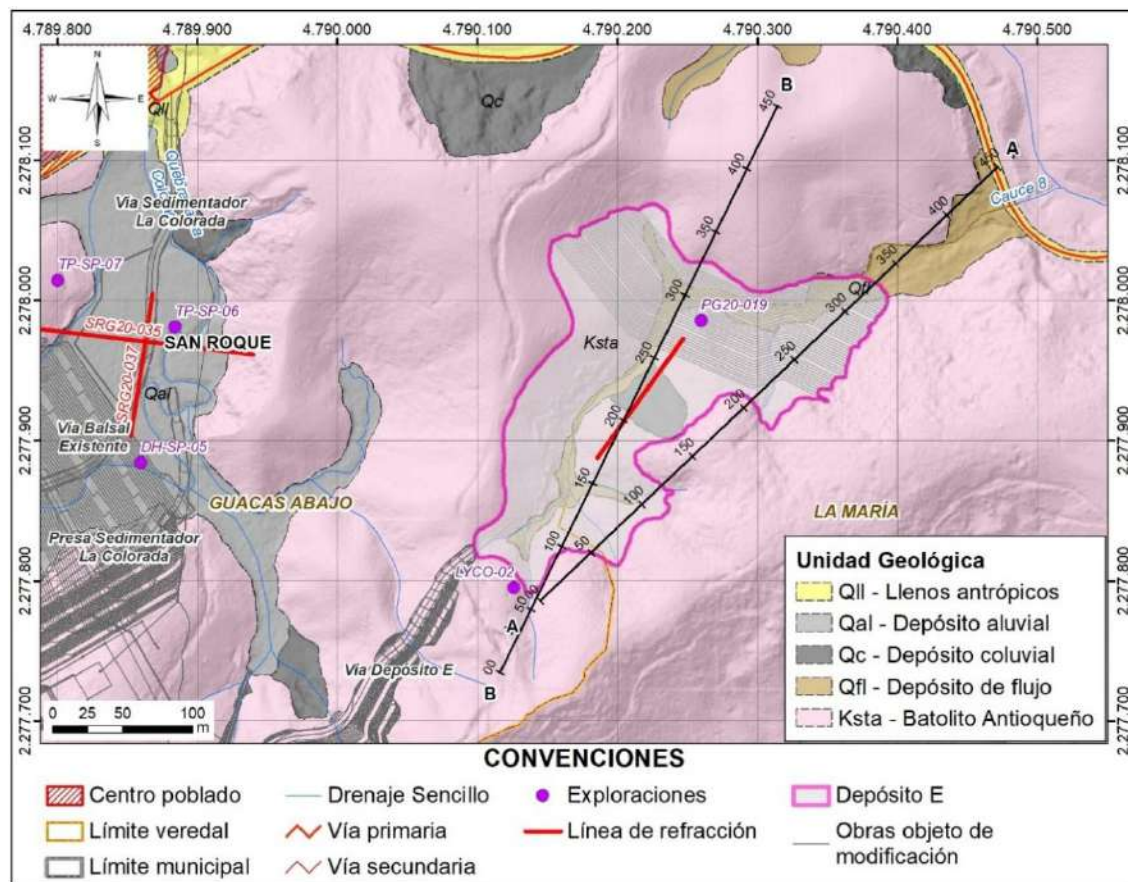


Figura 3.194 Localización en planta de la ZODME (Depósito) E con las secciones de interés para el análisis geotécnico

Fuente: Integral S.A, 2025.

B. Depósito G

La pata de la sección A de la ZODME G se apoya sobre un depósito de flujo, lo que hace necesario realizar un reemplazo de material con una altura de 2 metros desde la superficie del terreno. Este reemplazo se circunscribe sólo a una porción de la pata aguas abajo de dicho depósito, ver la Figura 3.195. Sobre este reemplazo se propone la colocación de un enrocado en la pata del talud, con una altura de 5 metros. Cabe destacar que el material utilizado para el reemplazo corresponde al mismo del enrocado. (Ver plano I-P-0010719-ZM-GG-DMG-010-R00)

En el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMG-020-R00, denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

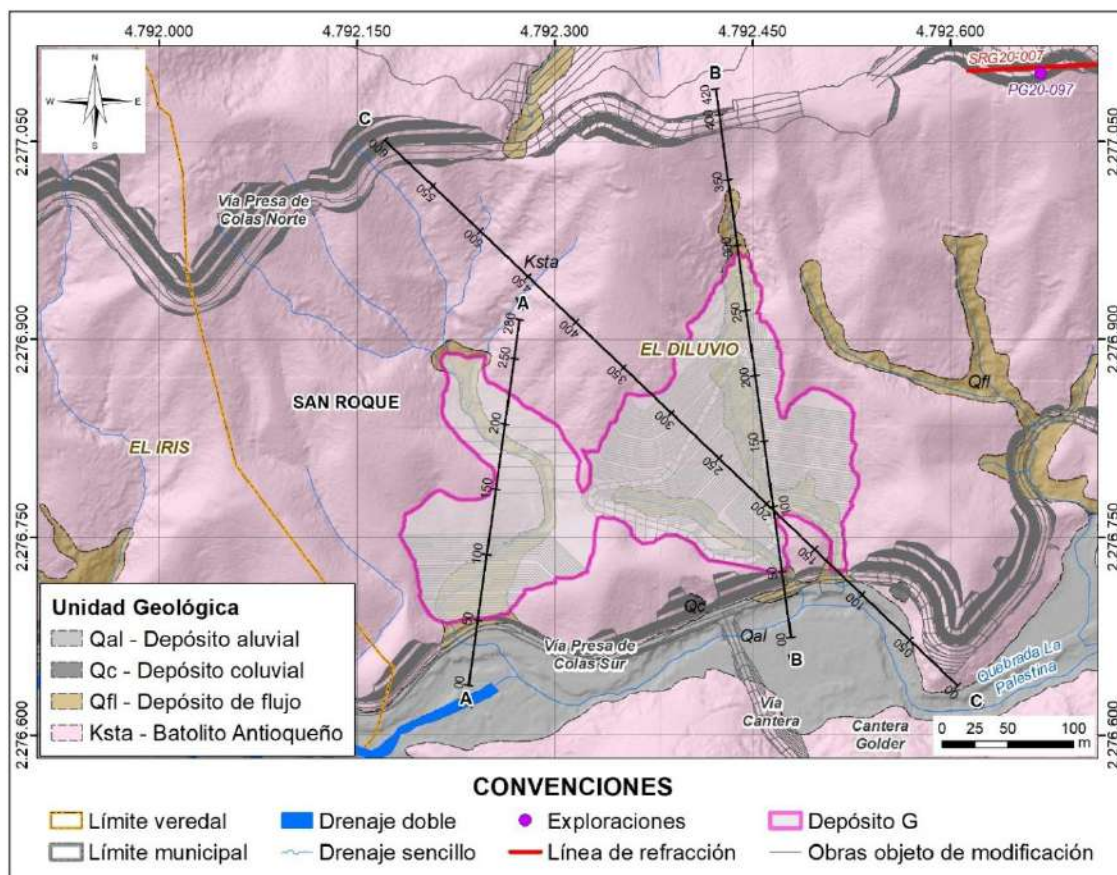


Figura 3.195 Localización en planta de la ZODME (Depósito) G con las secciones de interés para los análisis geotécnicos

Fuente: Integral S.A, 2025.

C. Depósito K

Para el Depósito K se evaluaron tres secciones (ver plano I-P-0010719-ZM-GG-DMK-010 y plano I-P-0010719-ZM-GG-DMK-020, en las cuales se verificó que la topografía natural favorece la estabilidad de la ZODME, ver la Figura 3.196. En consecuencia, no se considera necesaria la incorporación de enrocado en la pata del talud. Tal como se indica en el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMK-010, en la zona de fundación de la ZODME se mapearon cicatrices inactivas. Por lo tanto, se recomienda que, como parte de los trabajos de preparación, se remueva el material suelto asociado a dichas formaciones. Es importante destacar que parte de la terraza del depósito K, será una zona que el proyecto prevé aprovechar y utilizar, la cual se denomina como “Área Polvorín”.

En el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMK-030-R00, denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la

instrumentalización. Adicionalmente el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMK-040 incluye perfiles geotécnicos.

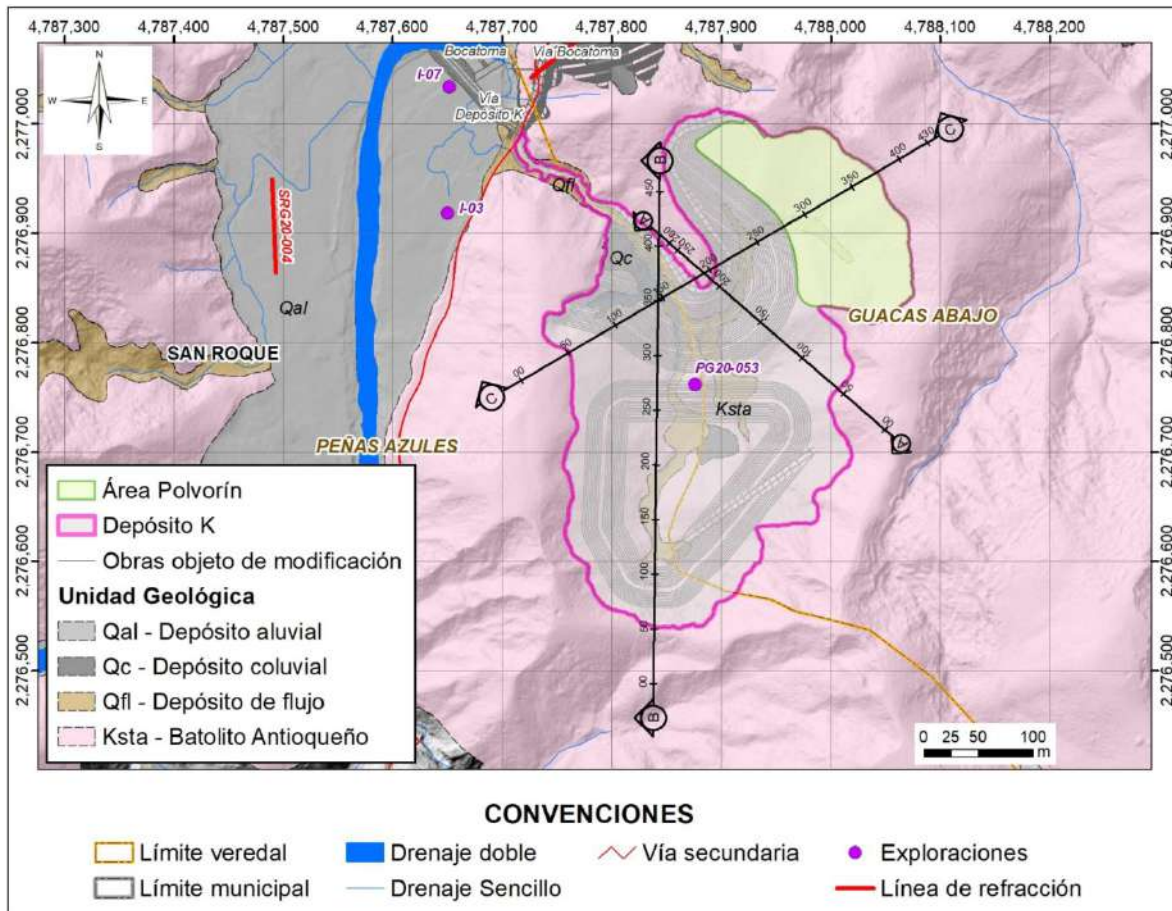


Figura 3.196 Localización en planta de la ZODME (Depósito) K con las secciones de interés para los análisis geotécnicos

Fuente: Integral S.A, 2025.

D. Depósito L

Para el análisis de estabilidad de la ZODME L, se consideró un reemplazo de 2 metros sobre el depósito de flujo ubicado en la zona de la pata del talud. Adicionalmente, se incorporó un enrocado con una altura de 5 metros en dicha área. La Figura 3.197 presenta la localización en planta del depósito L y la sección de análisis. El plano I-P-0010719-ZM-GG-DML-010-R00 presenta la planta – perfil geológica y el plano I-P-0010719-ZM-GG-DML-020-R00 denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

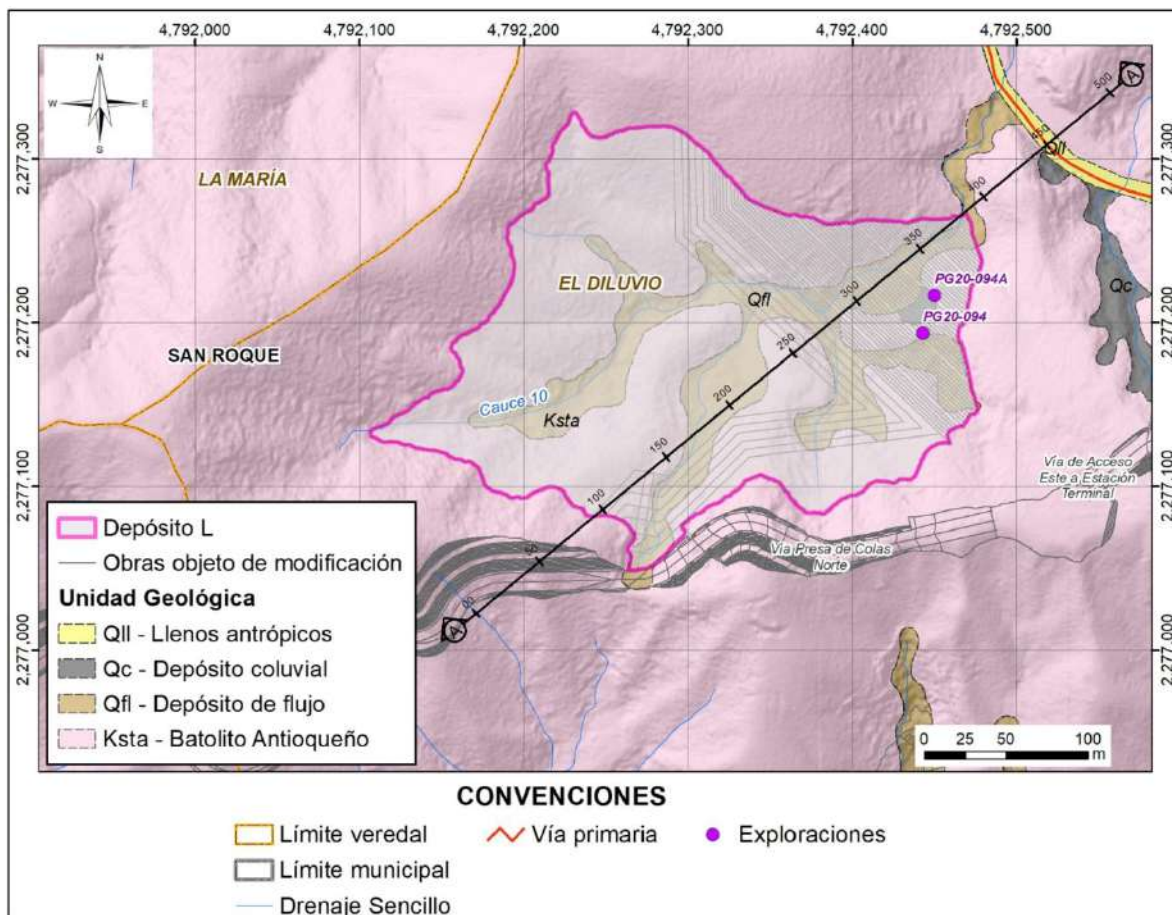


Figura 3.197 Localización en planta de la ZODME (Depósito) L con la sección de interés para el análisis geotécnico

Fuente: Integral S.A, 2025.

E. Depósito M

La ZODME M (Ver Figura 3.198) fue modelada incorporando un enrocado de 5 metros de altura en la pata del talud. Esta se encuentra ubicada sobre un depósito aluvial; sin embargo, el análisis de estabilidad no evidenció la necesidad de realizar su reemplazo. El plano I-P-0010719-ZM-GG-DMM-010-R00 denominado planta – perfil geológica presenta una planta – perfil del depósito. Adicionalmente el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMM-020-R00 denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

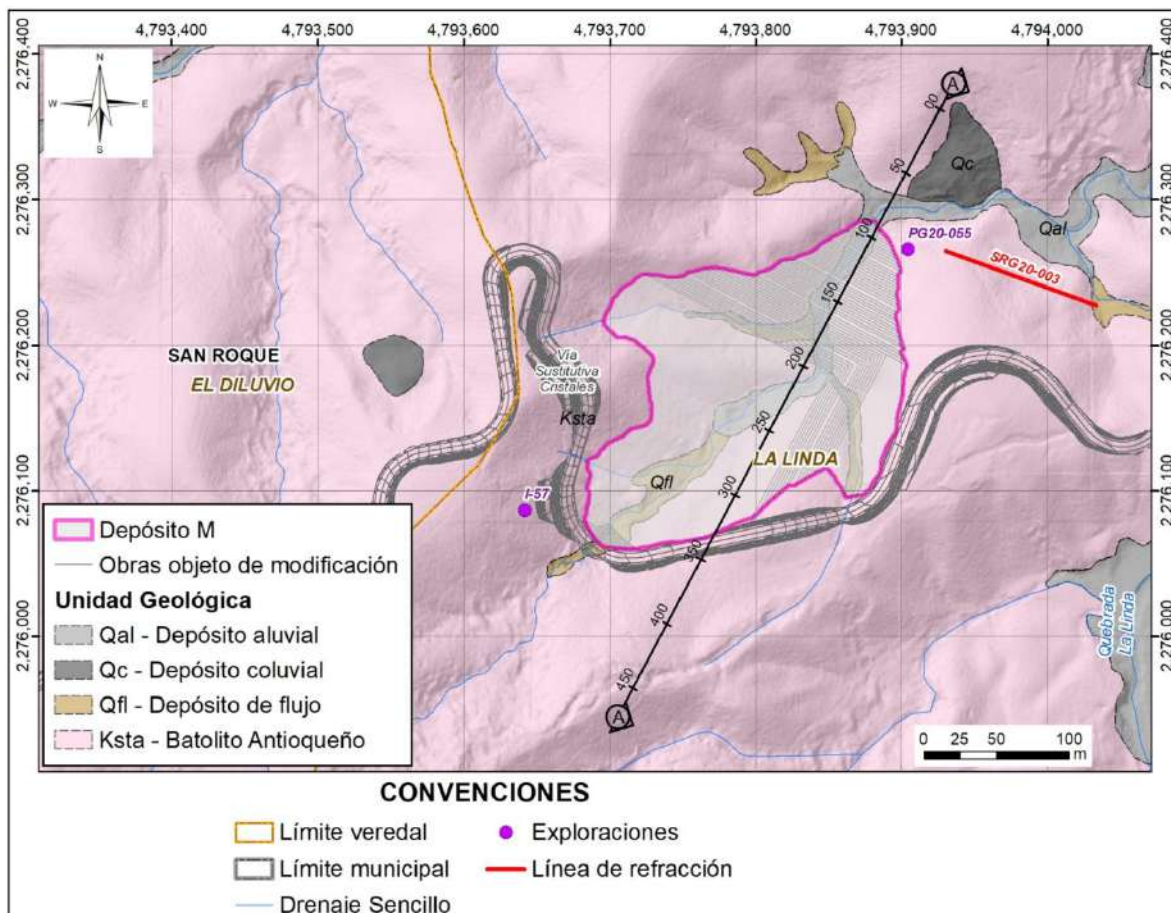


Figura 3.198 Localización en planta de la ZODME (Depósito) M con la sección de interés para el análisis geotécnico

Fuente: Integral S.A, 2025.

F. Depósito O

La sección A del depósito O (ver Figura 3.199) fue analizada incluyendo el enrocado con altura de 5 m en la pata del talud, con el fin de mantener su estabilidad (ver plano I-P-0010719-ZM-GG-DMO-010-R00). Este podrá ajustarse en campo, según las condiciones evidenciadas en el sitio. Dicho análisis presenta una superficie de falla crítica en uno de los taludes de corte proyectados para la vía de acceso este de la estación terminal.

De otro lado, el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMO-020-R00, denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

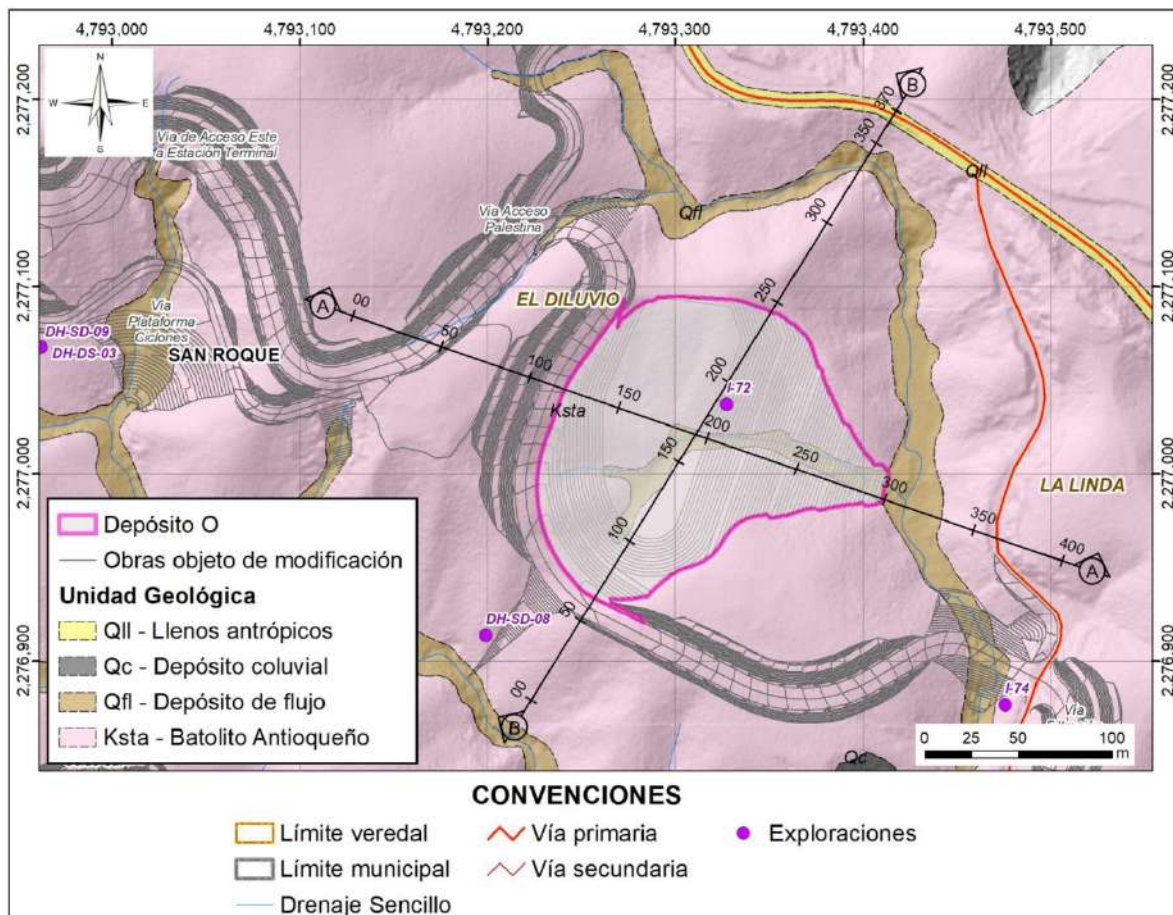


Figura 3.199 Localización en planta de la ZODME (Depósito) O con las secciones de interés para los análisis geotécnicos.

Fuente: Integral S.A, 2025.

G. Depósito R

El área de conformación en planta y la sección analizada del depósito R se muestra en la Figura 3.200; de acuerdo con los análisis la estabilidad sobre dicha sección del lleno está confirmada, pero también se presenta una superficie de falla crítica en el talud de corte correspondiente a la vía de acceso El Torito. Por otro lado, la superficie de falla que define la estabilidad global de la ZODME se localiza hacia la pata del talud, donde se ha considerado un enrocado con una altura de 5 metros. (Ver plano I-P-0010719-ZM-GG-DMR-010-R00)

En el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMR-020-R00, denominado Planta – Perfil Geotécnico se presentan las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

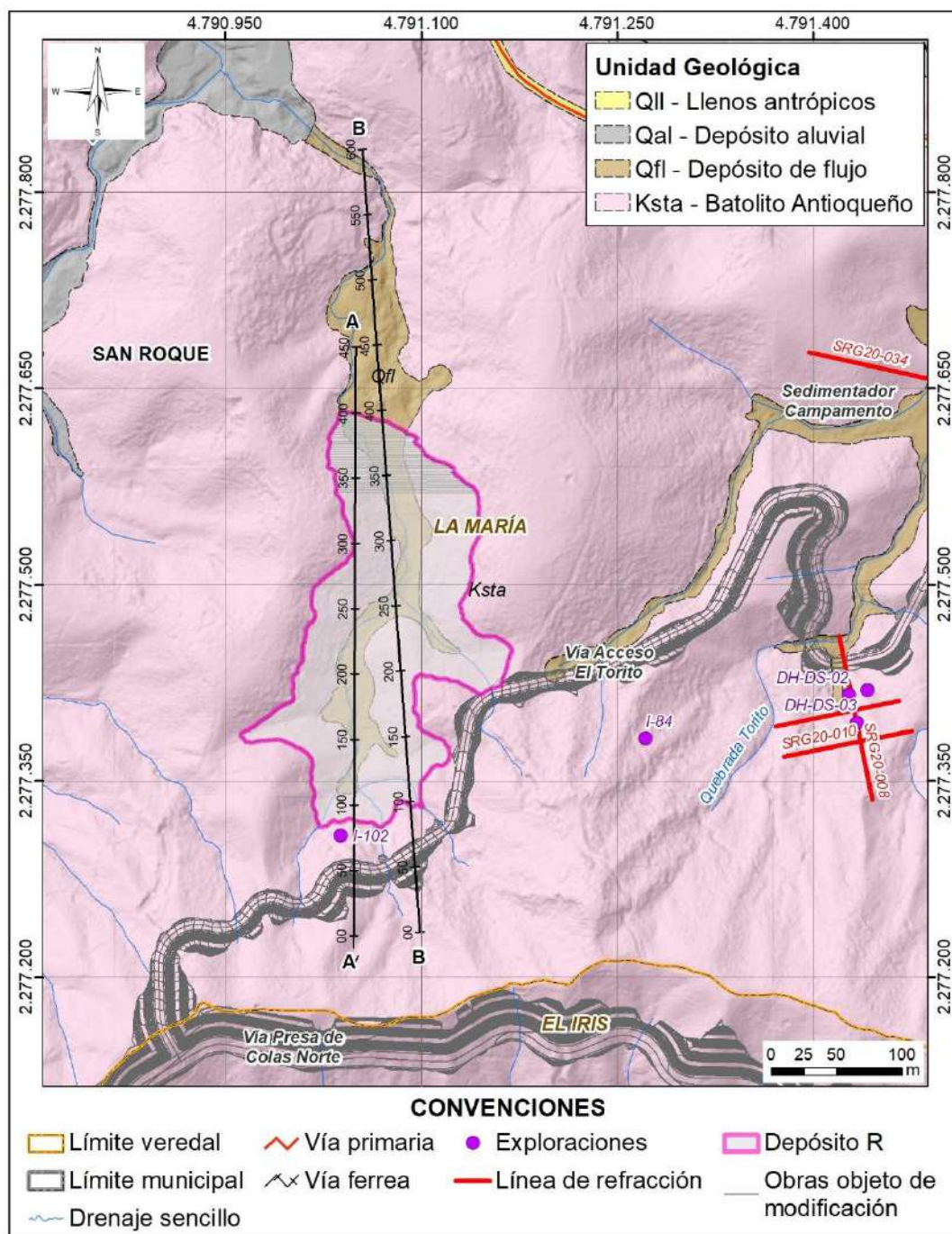


Figura 3.200 Localización en planta de la ZODME (Depósito) R con las secciones de interés para el análisis geotécnico

Fuente: Integral S.A, 2025.

H. Depósito W

Hacia la pata del depósito W se localiza el canal San Antonio – Guacas con sección transversal de 3 m x 3 m, revestido con un espesor de concreto de 0,45 m (ver Figura 3.201). Dicho canal ha sido dimensionado a nivel de factibilidad para soportar los empujes impuestos por el depósito; dentro del proceso constructivo el canal deberá ejecutarse antes o a medida que se van subiendo los llenos; en caso de que, se construya después de que la ZODME sobrepase su cota de cresta; se deberán hacer uso de entibados para la estabilización temporal de dicha excavación (dimensionado para soportar los empujes que actúen al momento de la ejecución de la obra).

La planta – perfil geológica se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMW-010-R00; y la planta – perfil geotécnica se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMW-020-R00; este último incluye las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

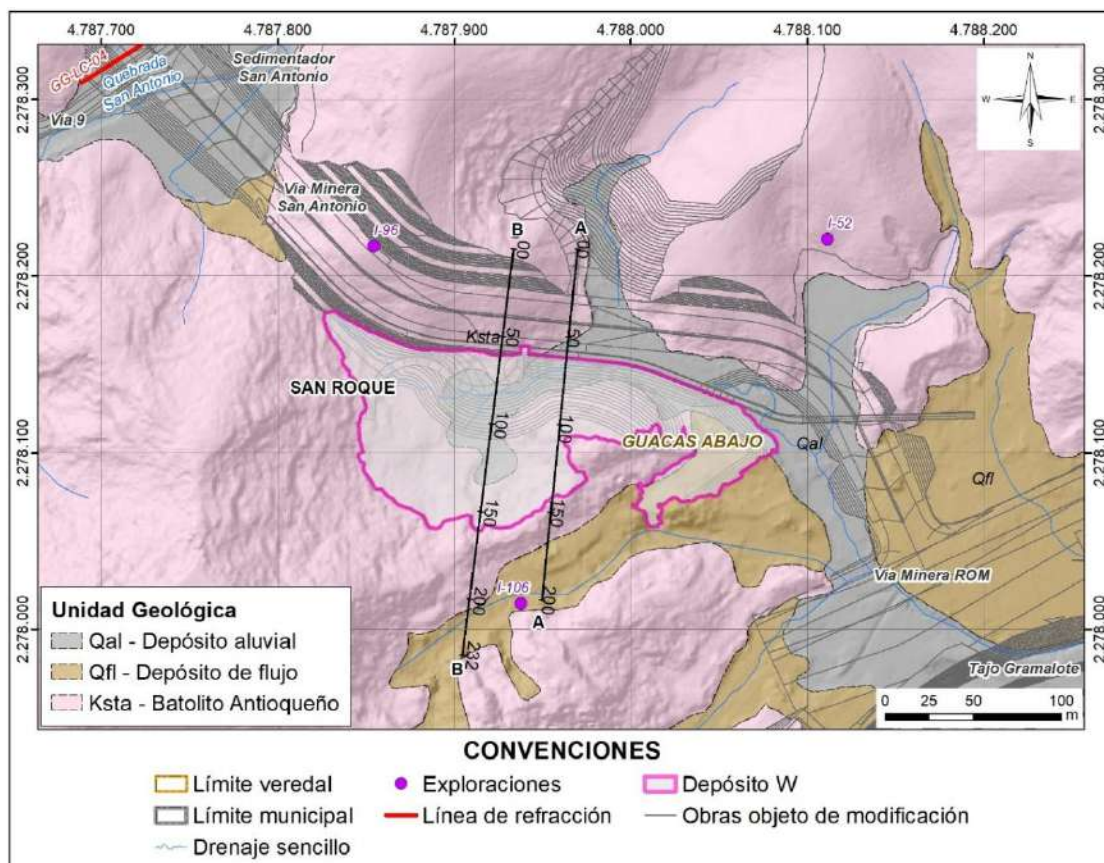


Figura 3.201 Localización en planta de la ZODME (Depósito) W con las secciones de interés para el análisis geotécnico

Fuente: Integral S.A, 2025.

I. Depósito Guacas WRF

De manera análoga a la ZODME W, se llevó a cabo el análisis de estabilidad de la ZODME WRF, considerando la presencia del canal revestido en concreto y la vía Minera Gramalote, ambos ubicados hacia la pata del talud en evaluación, ver Figura 3.202.

Tal como se presenta para cada uno de los otros depósitos, para el depósito Guacas WRF se presenta la planta – perfil geológica en el plano I-P-0010719-ZM-GG-WRF-010-R00; y la planta – perfil geotécnica se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-GG-WRF-020-R00; este último incluye las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

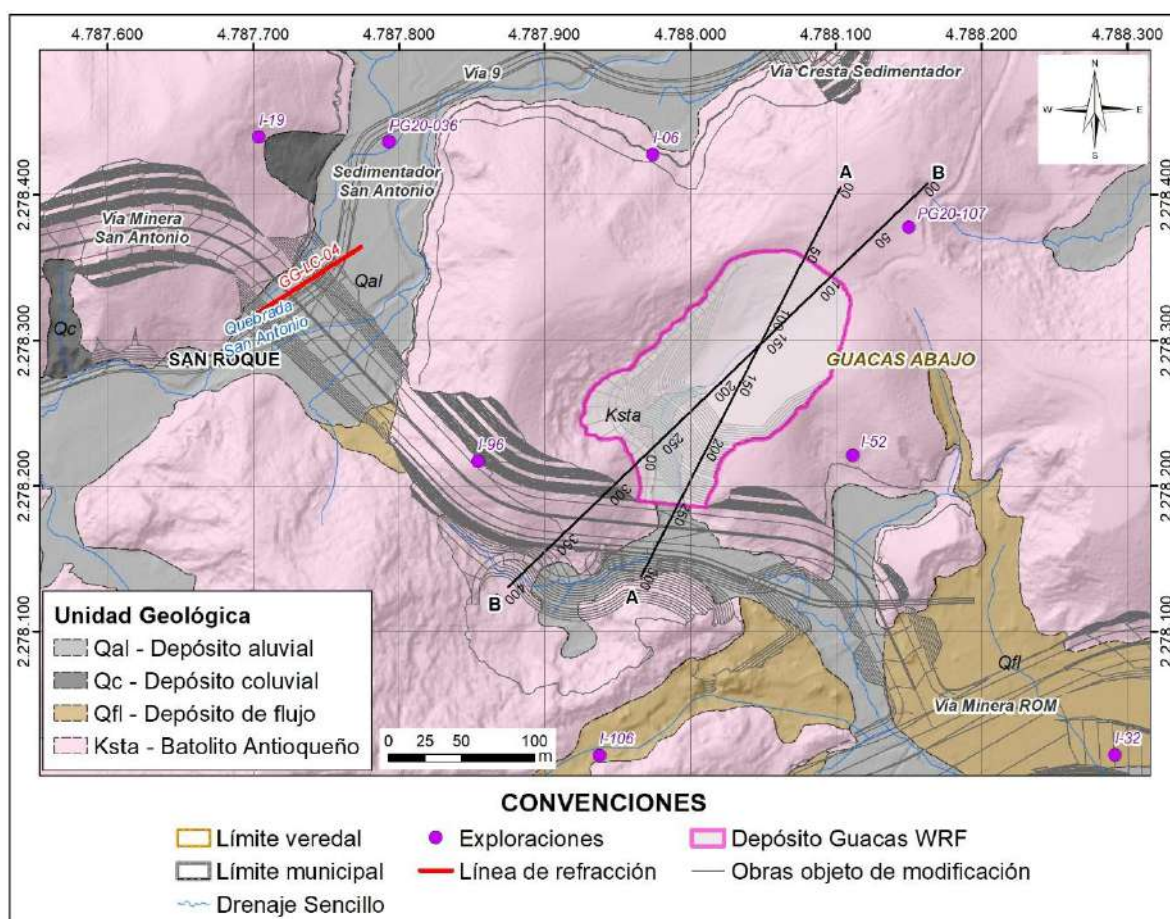


Figura 3.202 Localización en planta de la ZODME (Depósito) Guacas WRF con las secciones de interés para el análisis geotécnico.

Fuente: Integral S.A, 2025.

J. Depósito El Torito

Finalmente, en el análisis de estabilidad para la ZODME El Torito se tuvo en cuenta el enrocado en la pata con altura de 5 m en la pata del talud para aportar a la estabilidad de la obra. Adicionalmente, se propone un reemplazo de 2 m sobre el depósito de flujo localizado hacia la pata del talud, ver Figura 3.203. Este reemplazo se considera solamente en la pata de la ZODME y no sobre todo el depósito de flujo; la extensión final del reemplazo se deberá verificar en campo durante construcción.

La planta – perfil geológica para el depósito El Torito se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMT-010-R00; y la planta – perfil geotécnica se presenta en el plano I-P-0010719-ZM-GG-DMT-020-R00; este último incluye las recomendaciones generales para los tratamientos geotécnicos, obras de drenaje, colocación y compactación de los materiales a disponer, la revegetalización y la instrumentalización.

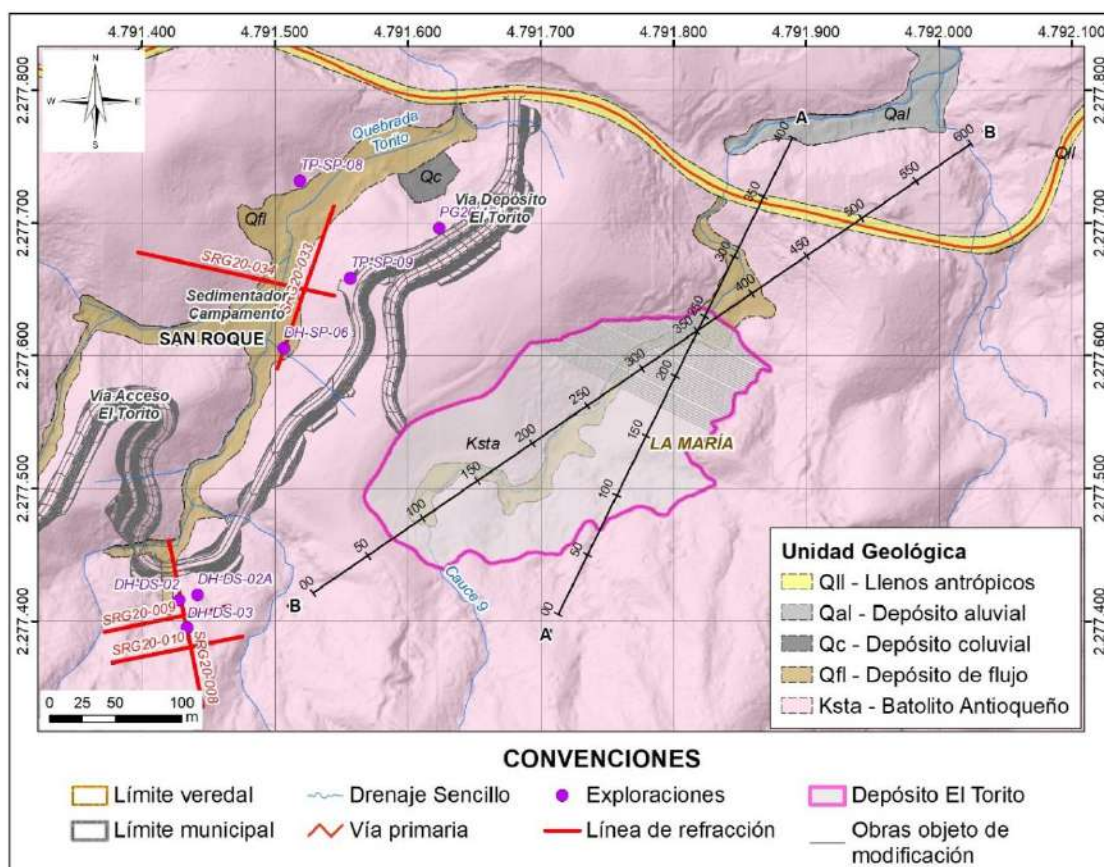


Figura 3.203 Localización en planta de la ZODME (Depósito) El Torito con las secciones de interés para el análisis geotécnico

Fuente: Integral S.A, 2025.

K. Resumen de resultados ZODMES o Depósitos

Con base en las descripciones de los literales anteriores, se presentan los resultados de los análisis de estabilidad realizados para las Zonas de Depósitos de Materiales del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. A continuación, se presentan los resultados de los factores de seguridad correspondientes a todas las secciones analizadas bajo las distintas condiciones evaluadas. Estos valores permiten comparar la estabilidad de las diversas secciones en función de los diferentes escenarios considerados y los requerimientos normativos aplicables.

La Tabla 3.155 resume los resultados de los análisis de estabilidad realizados mediante el método de equilibrio límite para todos las ZODMES, identificando la sección evaluada y la condición de análisis según los términos de referencia. Por último, se informa el menor factor de seguridad local para los bancos que conforman el talud en cuestión. En la siguiente tabla si no se reporta la probabilidad de falla ni el índice de confiabilidad, es porque la superficie de falla local fue tomada en el cuerpo del lleno, pero la crítica (para la cual el software si calcula estos valores) se encuentra por fuera la de la estructura en cuestión.

Tabla 3.155 Resumen de resultados de los factores de seguridad obtenidos para las secciones de análisis representativas de las ZODMES del proyecto Gramalote

Depósito/ Sección	Condición	FS					
		Global	PF (%)	RI NORMAL	RI LOGN	PF CALC	Local
Depósito E Sección A	Terreno natural	1,87	0,00	5,60	7,50	1,07E-08	-
	Nivel freático normal	1,61	0,00	4,68	5,85	1,43E-06	1,61
	Nivel freático extremo	1,54	0,00	3,45	4,20	2,80E-04	2,48
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,52	0,00	4,26	5,19	1,02E-05	1,52
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,11	9,80	1,25	1,28	1,06E-01	1,11
Depósito E Sección B	Terreno natural	1,73	0,00	4,67	6,03	8,20E-10	-
	Nivel freático normal	1,68	0,00	3,97	5,06	2,10E-07	2,18
	Nivel freático extremo	1,68	0,00	3,97	5,06	2,10E-07	2,15
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,60	0,00	3,63	4,51	3,24E-06	2,43
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,18	6,50	1,49	1,57	5,82E-02	1,47
Depósito G Sección A	Terreno natural	1,85	0,00	5,55	7,41	1,43E-08	-
	Nivel freático normal	1,52	0,00	4,95	6,02	3,71E-07	2,47
	Nivel freático extremo	1,50	0,00	4,89	5,92	5,04E-07	2,59
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,44	0,00	4,49	5,32	3,56E-06	2,35
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,07	16,28	0,99	0,99	1,61E-01	1,47
Depósito G Sección B	Terreno natural	1,37	0,00	3,15	3,64	8,16E-04	-
	Nivel freático normal	1,67	0,00	6,33	8,07	1,23E-10	2,42
	Nivel freático extremo	1,45	0,00	2,99	3,53	1,39E-03	2,15
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,59	0,00	5,84	7,26	2,61E-09	2,00
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,17	1,20	2,25	2,40	1,22E-02	1,75

Depósito/ Sección	Condición	FS					
		Global	PF (%)	RI NORMAL	RI LOGN	PF CALC	Local
Depósito G Sección C	Terreno natural	1,67	0,00	4,27	5,42	2,98E-08	-
	Nivel freático normal	1,58	0,00	3,54	4,38	5,93E-06	2,38
	Nivel freático extremo	1,32	0,30	2,39	2,69	3,57E-03	2,38
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,50	0,00	3,22	3,88	5,22E-05	2,69
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,11	14,60	1,00	1,01	1,56E-01	1,55
Depósito K Sección A	Terreno natural	1,38	0,00	3,10	3,59	9,68E-04	-
	Nivel freático normal	1,69	0,00	3,96	5,04	3,75E-05	2,52
	Nivel freático extremo	1,69	0,00	3,96	5,04	3,75E-05	2,52
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,60	0,00	3,60	4,47	1,59E-04	2,19
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,18	6,20	1,50	1,58	6,68E-02	1,88
Depósito K Sección B Derecho	Terreno natural	2,49	0,00	6,95	10,58	1,83E-12	-
	Nivel freático normal	1,83	0,00	4,55	6,03	2,68E-06	2,94
	Nivel freático extremo	1,83	0,00	4,59	6,08	2,22E-06	2,58
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,76	0,00	4,02	5,23	2,91E-05	2,26
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,26	1,40	1,91	2,09	2,81E-02	1,74
Depósito K Sección B Izquierdo	Terreno natural	1,70	0,00	4,13	5,28	1,81E-05	-
	Nivel freático normal	1,84	0,00	4,57	6,06	2,44E-06	2,33
	Nivel freático extremo	1,84	0,00	4,57	6,06	2,44E-06	2,60
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,74	0,00	4,26	5,52	1,02E-05	2,54
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,29	0,30	2,28	2,55	1,13E-02	1,50
Depósito K (terrazza del depósito será	Terreno natural	1,50	0,00	3,41	4,11	3,25E-04	-
	Nivel freático normal	1,72	0,00	4,02	5,17	2,91E-05	2,73
	Nivel freático extremo	1,72	0,00	4,03	5,19	2,79E-05	3,04

Depósito/ Sección	Condición	FS					
		Global	PF (%)	RI NORMAL	RI LOGN	PF CALC	Local
utilizada como área Polvorín) Sección C Derecho	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,63	0,00	3,72	4,66	9,96E-05	2,38
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,20	4,70	1,57	1,67	5,82E-02	1,96
Depósito K (terrazza del depósito será utilizada como área Polvorín) Sección C Izquierdo	Terreno natural	1,58	0,00	4,47	5,55	3,91E-06	-
	Nivel freático normal	1,82	0,00	4,28	5,66	9,34E-06	2,34
	Nivel freático extremo	1,65	0,00	3,71	4,67	1,04E-04	3,38
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,72	0,00	3,97	5,10	3,59E-05	2,83
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,25	1,40	1,86	2,03	3,14E-02	2,12
Depósito L Sección A	Terreno natural	1,99	0,00	6,24	8,61	2,19E-10	-
	Nivel freático normal	1,60	0,00	6,09	7,61	5,65E-10	2,36
	Nivel freático extremo	1,60	0,00	6,09	7,61	5,65E-10	2,36
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,52	0,00	5,64	6,88	8,50E-09	2,25
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,11	4,00	1,65	1,71	4,95E-02	1,76
Depósito M Sección A	Terreno natural	1,89	0,00	5,75	7,75	4,46E-09	-
	Nivel freático normal	1,60	0,00	3,77	4,69	8,16E-05	2,34
	Nivel freático extremo	1,59	0,00	3,81	4,72	6,95E-05	2,05
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,52	0,00	3,40	4,11	3,37E-04	1,97
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,12	13,00	1,08	1,09	1,40E-01	1,48
Depósito O Sección A Derecho	Terreno natural	1,15	6,30	1,43	1,50	7,64E-02	-
	Nivel freático normal	1,60	0,00	3,55	4,41	1,93E-04	2,53
	Nivel freático extremo	1,59	0,00	3,65	4,53	1,31E-04	2,53
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,52	0,00	3,19	3,86	7,11E-04	2,20

Depósito/ Sección	Condición	FS					
		Global	PF (%)	RI NORMAL	RI LOGN	PF CALC	Local
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,12	14,40	1,03	1,04	1,52E-01	1,86
Depósito O Sección A Izquierdo	Terreno natural	1,90	0,00	3,82	5,12	6,67E-05	-
	Nivel freático normal	1,98	0,00	4,86	6,67	5,87E-07	-
	Nivel freático extremo	1,98	0,00	4,86	6,67	5,87E-07	-
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,88	0,00	4,60	6,17	2,11E-06	-
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,41	0,00	2,88	3,37	1,99E-03	-
Depósito O Sección B Derecho	Terreno natural	2,57	0,00	8,20	12,65	1,20E-16	-
	Nivel freático normal	2,58	0,00	6,03	9,31	8,20E-10	2,58
	Nivel freático extremo	2,56	0,00	6,01	9,25	9,28E-10	2,56
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	2,43	0,00	5,78	8,70	3,74E-09	2,43
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,74	0,00	4,17	5,40	1,52E-05	1,74
Depósito O Sección B Izquierdo	Terreno natural	1,41	0,00	3,24	3,78	5,98E-04	-
	Nivel freático normal	1,88	0,00	4,55	6,10	2,68E-06	2,13
	Nivel freático extremo	1,88	0,00	4,55	6,10	2,68E-06	2,85
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,79	0,00	4,25	5,56	1,07E-05	2,71
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,32	0,50	2,35	2,64	9,39E-03	1,79
Depósito R Sección A	Terreno natural	1,39	0,10	2,84	3,29	2,26E-03	-
	Nivel freático normal	1,57	0,00	4,55	5,61	2,68E-06	2,34
	Nivel freático extremo	1,32	0,00	3,19	3,62	7,11E-04	2,20
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,49	0,00	4,11	4,94	1,98E-05	2,09
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,10	13,20	1,07	1,08	1,42E-01	1,64
	Terreno natural	1,59	0,00	3,91	4,86	5,87E-07	

Depósito/ Sección	Condición	FS					
		Global	PF (%)	RI NORMAL	RI LOGN	PF CALC	Local
Depósito R Sección B	Nivel freático normal	1,68	0,00	2,81	3,46	2,70E-04	2,53
	Nivel freático extremo	1,68	0,00	2,81	3,46	2,70E-04	2,07
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,66	0,00	2,58	3,11	9,35E-04	2,43
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,14	7,40	1,47	1,53	6,30E-02	2,06
Depósito W Sección A	Terreno natural	1,54	0,00	4,20	5,14	1,33E-05	-
	Nivel freático normal	1,86	0,00	4,55	6,07	2,68E-06	-
	Nivel freático extremo	1,86	0,00	4,55	6,07	2,68E-06	-
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,77	0,00	4,23	5,52	1,17E-05	1,93
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,31	0,40	2,34	2,63	9,64E-03	1,46
Depósito W Sección B	Terreno natural	1,74	0,00	5,36	6,95	1,83E-12	-
	Nivel freático normal	2,01	0,00	5,49	7,62	1,27E-14	-
	Nivel freático extremo	2,01	0,00	5,49	7,62	1,27E-14	-
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,91	0,00	4,96	6,72	9,09E-12	2,57
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,40	0,00	2,99	3,49	2,42E-04	1,50
Depósito Guacas WRF Sección A	Terreno natural	1,74	0,00	5,40	7,00	3,33E-08	-
	Nivel freático normal	1,74	0,00	4,06	5,25	2,45E-05	2,29
	Nivel freático extremo	1,47	0,00	3,03	3,60	1,22E-03	2,02
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,65	0,00	3,72	4,68	9,96E-05	1,95
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,22	3,70	1,68	1,80	4,65E-02	1,47
Depósito Guacas WRF Sección B	Terreno natural	1,84	0,00	4,76	6,33	1,23E-10	-
	Nivel freático normal	1,76	0,00	4,16	5,41	3,15E-08	3,54
	Nivel freático extremo	1,76	0,00	4,16	5,41	3,15E-08	2,53

Depósito/ Sección	Condición	FS					
		Global	PF (%)	RI NORMAL	RI LOGN	PF CALC	Local
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,67	0,00	3,86	4,90	4,79E-07	2,36
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,23	2,30	1,82	1,97	2,44E-02	2,02
Depósito El Torito Sección A	Terreno natural	2,40	0,00	6,72	10,07	9,09E-12	-
	Nivel freático normal	1,61	0,00	5,48	6,86	2,13E-08	2,03
	Nivel freático extremo	1,58	0,00	4,24	5,24	1,12E-05	2,10
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,52	0,00	5,02	6,13	2,58E-07	1,89
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,12	5,00	1,58	1,64	5,71E-02	1,46
Depósito El Torito Sección B	Terreno natural	2,12	0,00	6,98	9,92	1,70E-23	-
	Nivel freático normal	1,66	0,00	4,70	5,97	1,19E-09	2,16
	Nivel freático extremo	1,66	0,00	4,70	5,97	1,19E-09	2,16
	Nivel freático normal y sismo Tr 50 años	1,56	0,00	4,26	5,25	7,60E-08	2,05
	Nivel freático normal y sismo Tr 475	1,12	9,80	1,26	1,30	9,68E-02	1,69

PF= Probabilidad de falla; RI=Índice de confiabilidad; FS= Factor de seguridad

Fuente: Integral S.A, 2025.

Si bien con la geometría, altura de bancos y anchos de bermas de diseño planteadas para las ZODMES se logra la estabilidad global y local de dichas estructuras, con el objetivo de proteger las obras de la erosión superficial, se deberán revegetalizar las caras de los taludes de estos llenos, utilizando especies nativas o con potencial de crecimiento en la zona (combinando pastos, especies rastreras y arbustos).

3.6.1.1.5 Clausura de las ZODME

Las ZODME son llenos que se hacen para darle una disposición final y definitiva al material estéril, resultante de los diferentes procesos que se desarrollan durante la construcción y operación del proyecto minero; dicha disposición de material se ejecuta por terrazas o niveles y una vez se alcance la cota planteada en el diseño, con la debida compactación, y conformación geométrica, con las pendientes establecidas, se procede con las labores de revegetalización, que se verá favorecida con la extensión de materia orgánica en la superficie y que trabajando en forma conjunta con el sistema de drenaje propio de cada ZODME, favorecerán procesos para disminuir la infiltración de escorrentía en la masa de suelo y mitigar los procesos erosivos. Surtida esta etapa se da por clausurada la ZODME, no sin antes mencionar que pueden desarrollarse revisiones posteriores a la clausura, donde se verifique asentamientos, condiciones del lleno y estado de los drenajes superficiales, para desarrollar las actividades que se requieran y seguir favoreciendo la consolidación final del material, el cual se mimetiza finalmente dentro del paisaje, ver Figura 3.204.



Figura 3.204 Depósito clausurado

Fuente: Integral S.A, 2025

3.6.1.1.6 Balance de masas

Los 10 depósitos para material de obras civiles, más los 2 depósitos para material minero diseñados para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote permiten disponer allí el material resultante de los procesos de excavación y adecuación de la infraestructura que se requiere para el proyecto. Es importante indicar que para el cálculo del balance de masas se tomaron unos parámetros geotécnicos relevantes, los cuales se presentan en la Tabla 3.156.

Tabla 3.156 Parámetros geotécnicos

Parámetros		Valor
Espesor capa orgánica (m)	Vías	0,20
	Plataformas	0,20
	Otras obras	0,20
	ZODMES	0,20
Porcentaje de derrumbes (%)	Vías	20%
	Plataformas	10%
	Otras obras	10%
	Túnel, portales y Canal de desviación Guacas	20%
	ZODMES	0%
Porcentaje aprovechable de corte en lleno (%)	General	60%
	Mineras	60%
	Túnel, portales y Canal de desviación Guacas	60%
Porcentaje de material (%)	Material común en vías, plataformas y otras obras	70%
	Material roca en vías, plataformas y otras obras	30%
	Material común en depósitos	100%
	Material roca en depósitos	0%
Porcentaje resultante de expansión y compactación de material en ZODMEs (%)	Material orgánico	20%
	Material común	15%
	Material roca	35%

Fuente: Integral S.A., 2026

Cuando se relaciona el material común, desde una perspectiva geotécnica, se refiere al conjunto de depósitos, tales como, Depósito aluvial (Qal), Depósito de flujo (Qfl), Depósito coluvial (Qc), Lleno antrópico (Qll), así como, materiales no transportados o residuales con todos sus horizontes de suelo, tales como y según suelos residuales (Horizonte VI) y saprolito (Horizonte V), además, de los de transición de suelo a roca (Horizonte IV). Por último, los materiales tipo roca considerados en el balance de masas, corresponden al horizonte III.

Teniendo los volúmenes a conformar de las diferentes obras civiles del proyecto, se genera el balance de masas, considerando la localización de los 10 depósitos para material de obras civiles, más los 2 depósitos para material minero. En la Tabla 3.157 se presenta la distribución del material a depositar de cada obra civil a cada depósito, encontrando que la capacidad volumétrica es suficiente para el volumen a depositar de todo el proyecto.

Para el tipo de material es importante tener presente lo siguiente:

- El material común, desde una perspectiva geotécnica, se refiere al conjunto de depósitos, tales como, Depósito aluvial (Qal), Depósito de flujo (Qfl), Depósito coluvial (Qc), Lleno antrópico (Qll), así como, materiales no transportados o residuales con todos sus horizontes de suelo, tales como y según suelos residuales (Horizonte VI) y saprolito (Horizonte V), además, de los de transición de suelo a roca (Horizonte IV).
- El material tipo roca considerados en el balance de masas, corresponden al horizonte III.

Tabla 3.157 Disposición de material sobrante obra civil

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
1	Vías	Vía Sustitutiva Cristales	15.254	171.553	73.523	Depósito M	Depósito M
2		Vía Acceso Palestina	994	11.774	5.046	Depósito O	Depósito O
3		Vía Filtración	3.317	45.366	19.442	Depósito O	Depósito O
4		Vía Presa de Colas Sur	12.038	80.828	34.641	Depósito G	Depósito G
			8.026	53.885	23.094	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito Balsal - Material Obras civiles
5		Vía Decantación	204	2.714	1.163	Depósito G	Depósito G
6		Vía Cantera	461	107	46	Depósito G	Depósito G
7		Vía de acceso este a Estación Terminal	10.123	210.148	90.063	Depósito L	Depósito L
8		Vía Plataforma Ciclones	3.221	9.598	4.113	Depósito L	Depósito L
9		Vía Ciclones Baja	1.320	32.947	14.120	Depósito L	Depósito L
10		Vía Presa de Colas Norte	16.167	197.395	84.598	Depósito R	Depósito R
			10.778	131.597	56.399	Depósito L	Depósito L
11		Vía Acceso El Torito	2.034	16.746	7.177	Depósito El Torito	Depósito El Torito
			4.746	39.074	16.746	Depósito R	Depósito R
12		Vía Depósito El Torito	1.030	6.755	2.895	Depósito El Torito	Depósito El Torito
13	Vía Depósito E	2.234	18.685	8.008	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito Balsal - Material Obras civiles	
14	Vía 27 (Licenciada)	1.140	3.740	1.603	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
15	Vías	Carriles cambio de velocidad vía Acceso	173	81	35	Depósito El Torito	Depósito El Torito
16		Vía Acceso Principal	3.926	45.051	19.308	Depósito El Torito	Depósito El Torito
17		Vía 7 (Licenciada)	523	41	17	Depósito El Torito	Depósito El Torito

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca	
18		Vía Bocatoma	3.475	25.432	10.900	Depósito E	Depósito E	
19		Vía 23 (Licenciada)	1.632	11.785	5.051	Depósito K	Depósito K	
20		Vía Depósito K	451	20	9	Depósito K	Depósito K	
21		Vía Sedimentador La Colorada	514	11	5	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
22		Vía Balsal Existente	5.904	18.371	7.873	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
23		Vía La Bateña	1.118	249	107	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
24		Vía Sedimentador San Antonio	751	7	3	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
25		Vía 9 (Licenciada)	4.910	15.374	6.589	Depósito Guacas WRF	Depósito Guacas WRF	
26		Vía Cresta Sedimentador San Antonio	406	3.045	1.305	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
27		Vía Sedimentador El Banco	238	91	39	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
28		Vía Cresta Sedimentador El Banco	271	63	27	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
29		Vías	Vía Minera San Antonio	5.148	78.307	33.560	Depósito Guacas WRF	Depósito Guacas WRF
				4.290	65.255	27.967	Depósito W	Depósito W
				7.722	117.460	50.340	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	Depósito San Antonio - Material Obras civiles
30			Vía Minera ROM	8.985	72.328	30.998	Depósito E	Depósito E
				16.687	134.324	57.567	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito Balsal - Material Obras civiles
31	Plataformas		Plataforma La Mayoría	4.212	64	27	Depósito El Torito	Depósito El Torito
32			Plataforma La Mayoría Construcción	1.634	80	34	Depósito El Torito	Depósito El Torito
33		Plataforma La Perla (Licenciada)	24.977	42.539	18.231	Depósito El Torito	Depósito El Torito	
34		Plataforma Campamento y Oficinas	5.723	117.279	50.262	Depósito E	Depósito E	
	13.354		273.651	117.279	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito Balsal - Material Obras civiles		

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
35		Plataforma Planta	54.943	614.742	263.461	Depósito K	Depósito K
36		Plataforma Zona de Servicio	28.709	78.159	33.497	Depósito K	Depósito K
37		Plataforma Trituración	10.368	299.465	128.342	Depósito K	Depósito K
38	Plataformas	Plataforma Polvorín	437	1.133	486	Depósito K	Depósito K
39		Plataforma EBAR	115	506	217	Depósito E	Depósito E
40		Plataforma PTAR	336	0	0	Depósito E	---
41		Plataforma PTAP	420	0	0	Depósito E	---
42		Plataforma Estación Terminal	602	5.421	2.323	Depósito L	Depósito L
43		Plataforma Estación de Regulación	749	12.155	5.209	Depósito L	Depósito L
44		Plataforma Ciclones	1.807	44.707	19.160	Depósito L	Depósito L
45		Plataforma Pozo recolección (Licenciada)	3.960	36.523	15.653	Depósito O	Depósito O
46		Área de Servicio 1	941	2.258	968	Depósito El Torito	Depósito El Torito
47		Área de Servicio 2	878	4	2	Depósito Guacas WRF	Depósito Guacas WRF
48		Área de Servicio 3	463	256	110	Depósito El Torito	Depósito El Torito
49		Área de Servicio 4	353	0	0	Depósito K	---
50		Área de Servicio 5	125	523	224	Depósito K	Depósito K
51		Área de Servicio 6	826	615	264	Depósito El Torito	Depósito El Torito
52		Área de Servicio 7	82	458	196	Depósito R	Depósito R
53		Área de Servicio 8	166	55	24	Depósito O	Depósito O
54		Área de Servicio 9	802	64	28	Depósito O	Depósito O
55		Área de Servicio 10	379	898	385	Depósito G	Depósito G
56	Plataformas	Área de Servicio 11	278	1.265	542	Depósito G	Depósito G
57		Área de Servicio 12	1.836	123	53	Depósito O	Depósito O
58	Otras obras	Presa Guacas (Licenciada)	0	0	0	---	---

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
59		Ataguía de desviación Guacas (Licenciada)	0	0	0	---	---
60		Túnel de desviación de Guacas (Incluye Portales - Licenciada)	734	39.941	17.118	Depósito K	Depósito K
61		Canal de desviación Guacas (Licenciada)	2.757	25.012	10.719	Depósito Guacas WRF	Depósito Guacas WRF
			1.003	9.095	3.898	Depósito W	Depósito W
			21.308	193.272	82.831	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	Depósito San Antonio - Material Obras civiles
62		Cantera Golder (Licenciada)	60.000	59.837	25.644	Depósito G	Depósito G
63		Ataguía de Arranque (Licenciada)	4.200	762	327	Depósito G	Depósito G
64		Presa de Arranque (Licenciada)	7.392	26.740	11.460	Depósito O	Depósito O
65		Presa de colas (Licenciada)	Ver numeral 3.4.11				
66		Portal entrada túnel decantación (Sur - Licenciada)	1.320	17.795	7.627	Depósito G	Depósito G
67	Otras obras	Portal salida túnel decantación (Norte - Licenciada)	854	5.760	2.468	Depósito R	Depósito R
68		Túnel de decantación presa de relaves (Licenciada)	0	4.696	2.012	---	Depósito R
			0	3.131	1.342	---	Depósito G
69		Canal Decantación Depósito de Relaves (Licenciada)	6.864	43.892	18.811	Depósito L	Depósito L
70		PIT Gramalote	Ver numeral 3.3.1				
71	Presa sedimentador El Banco	5.138	8.770	3.759	Depósito El Torito	Depósito El Torito	

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
72		Vertedero de emergencia sedimentador El Banco	1.290	811	348	Depósito El Torito	Depósito El Torito
73		Presa sedimentador San Antonio	3.080	15.276	6.547	Depósito El Torito	Depósito El Torito
74		Vertedero de emergencia sedimentador San Antonio	1.616	7.407	3.174	Depósito El Torito	Depósito El Torito
75		Presa/Vertedero sedimentador El Torito (Licenciada)	5.880	11.096	4.755	Depósito El Torito	Depósito El Torito
76		Presa/Vertedero sedimentador Palestina (Licenciada)	6.360	22.174	9.503	Depósito El Torito	Depósito El Torito
77	Otras obras	Presa sedimentador La Colorada	6.518	17	7	Depósito El Torito	Depósito El Torito
78		Excavación estribo derecho Presa La Colorada	2.126	30.157	12.924	Depósito E	Depósito E
79		Excavación estribo izquierdo Presa La Colorada	528	936	401	Depósito E	Depósito E
80		Vertedero de emergencia sedimentador La Colorada	130	0	0	Depósito E	---
81		Canal en tierra Vertedero La Colorada	122	139	60	Depósito E	Depósito E
82		Canal La Colorada	3.432	7.593	3.254	Depósito E	Depósito E
83		Canal perimetral La Colorada	1.697	5.118	2.194	Depósito E	Depósito E
84		Canal Vía Bocatoma	3.168	29.260	12.540	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito K
85		Canal Vía San Antonio - Guacas	1.231	5.935	2.544	Depósito Guacas WRF	Depósito Guacas WRF

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
86		El Balsal 2029-2032 - Canales aguas de no contacto El Balsal	45.294	22.710	9.733	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito K
87	Otras obras	El Balsal 2029-2032 - Canales aguas de contacto El Balsal	8.476	0	0	Depósito Balsal - Material Obras civiles	---
88		El Balsal 2033-2037 - Canales aguas de no contacto El Balsal	41.133	15.485	6.636	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito Balsal - Material Obras civiles
89		El Balsal 2033-2037 - Canales aguas de contacto El Balsal	2.647	0	0	Depósito Balsal - Material Obras civiles	---
90		El Balsal 2038-2041 - Canales aguas de no contacto El Balsal	0	41.874	17.946	---	Depósito Balsal - Material Obras civiles
91		El Balsal 2038-2041 - Canales aguas de contacto El Balsal	346	0	0	Depósito Balsal - Material Obras civiles	---
92		San Antonio 2029-2032 - Canales aguas de no contacto San Antonio	116.487	98.053	42.023	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	Depósito San Antonio - Material Obras civiles
93		San Antonio 2029-2032 - Canales aguas de contacto San Antonio	34.150	0	0	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	---
94	Otras obras	San Antonio 2033-2035 - Canales aguas de no contacto San Antonio	70.768	90.813	38.920	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	Depósito San Antonio - Material Obras civiles

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
95		San Antonio 2033-2035 - Canales aguas de contacto San Antonio	12.903	0	0	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	---
96		San Antonio 2036-2038 - Canales aguas de no contacto San Antonio	80.689	208.112	89.191	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	Depósito San Antonio - Material Obras civiles
97		San Antonio 2036-2038 - Canales aguas de contacto San Antonio	0	0	0	---	---
98		Tubería PVC Aguas Lluvias (D=VBLE)	0	5.188	2.223	---	Depósito E
99		Tubería PVC Colector Aguas Residuales Domestica (D=VBLE)	0	2.600	1.114	---	Depósito E
100	Otras obras	Tubería PEAD Conducción Aguas Residuales (D=100 mm)	0	134	57	---	Depósito E
101		Tubería PEAD Conducción Agua Cruda (D=150 mm)	0	3.947	1.692	---	Depósito E
102		Tubería PEAD de la Colorada ARND (D= 300 mm)	0	415	178	---	Depósito E
103		Tubería PEAD Agua Potable (D= 50 mm)	0	303	130	---	Depósito E
104		Tubería Canal San Antonio (D=1500mm)	0	3.011	1.290	---	Depósito W
105	Depósitos	Depósito E	9.557	3.450	0	Depósito E	Depósito E
106		Depósito G	11.893	9.562	0	Depósito G	Depósito G
107		Depósito K	25.421	11.960	0	Depósito K	Depósito K
108		Depósito L	14.828	10.201	0	Depósito L	Depósito L
109		Depósito M	8.616	3.105	0	Depósito M	Depósito M
110		Depósito O	5.254	1.380	0	Depósito O	Depósito O

No	Tipo de obra	Obra	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Depósito receptor material orgánico	Depósito receptor material común y roca
111		Depósito R	8.519	4.600	0	Depósito R	Depósito R
112		Depósito W	4.468	1.840	0	Depósito W	Depósito W
113		Depósito Guacas WRF	4.747	2.070	0	Depósito Guacas WRF	Depósito Guacas WRF
114		Depósito El Torito	9.002	5.767	0	Depósito El Torito	Depósito El Torito
115		Depósito San Antonio - Material Obras civiles	427.783	0	0	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	Depósito San Antonio - Material Obras civiles
116		Depósito Balsal - Material Obras civiles	113.214	0	0	Depósito Balsal - Material Obras civiles	Depósito Balsal - Material Obras civiles
Total			1.524.633	4.274.353	1.808.750		
			7.607.736				

Fuente: Integral S.A., 2026

Las Tabla 3.158 y Tabla 3.159 presentan el material depositado en cada depósito año por año.

Tabla 3.158 Depósitos obras civiles y material depositado de obras civiles año por año

No	Nombre	Capacidad volumétrica (m³)	Volumen material depositado (m³)							
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5 al 8	Año 9 al 10	Año 11 al 15	Total
1	Depósito E	434.510	428.777	0	0	0	0	0	0	428.777
2	Depósito G	348.955	160.268	142.751	36.370	0	0	0	0	339.390
3	Depósito K	2.426.860	1.556.219	33.471	70.405	43.236	0	0	0	1.703.331
4	Depósito L	1.137.400	676.678	84.477	0	0	0	0	0	761.155
5	Depósito M	530.920	0	0	272.051	0	0	0	0	272.051
6	Depósito O	320.500	151.856	30.394	15.197	0	0	0	0	197.448
7	Depósito R	470.385	310.478	77.894	0	0	0	0	0	388.372
8	Depósito W	129.220	108.122	0	7.998	5.998	0	0	0	122.117
9	Depósito Guacas WRF	225.440	134.426	0	48.866	16.495	0	0	0	199.787
10	Depósito El Torito	456.650	382.985	0	6.483	0	0	0	0	389.469
Total		6.480.840	3.909.809	368.987	457.371	65.730	0	0	0	4.801.896

Fuente: Integral S.A, 2026

Tabla 3.159 Depósitos mineros y material depositado de obras civiles año por año

No	Nombre	Volumen material depositado (m³)							
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5 al 8	Año 9 al 10	Año 11 al 15	Total
1	Depósito San Antonio - Material Obras civiles	603.305	290.713	169.949	127.462	213.404	377.991	0	1.782.824
2	Depósito Balsal - Material Obras civiles	826.176	70.771	0	0	65.901	0	60.166	1.023.015
Total		1.429.481	361.485	169.949	127.462	279.306	377.991	60.166	2.805.839

Fuente: Integral S.A, 2026



En ANEXOS_DESCRIPCION_BALANCE_MASAS_OBRAS_CIVILES se presenta por cada una de las obras civiles (vías, plataformas, depósitos y otras obras del proyecto) cuales son los volúmenes de corte, lleno, volumen de material aprovechado en la misma obra o en otras y el volumen de material sobrante a depositar y a que depósito es llevado; todo esto presentado año por año.

La Tabla 3.160 presenta un resumen del balance de masas obtenido en el proyecto en donde, la longitud promedio de acarreo de material orgánico, común y roca a los diferentes puntos de disposición es menor de 1,15 km. Es importante resaltar que para la construcción de llenos de las diferentes obras civiles, el proyecto no requiere traer material de una fuente externa, no obstante, si se requiere un volumen proveniente de las excavaciones iniciales del túnel/canal de desviación.

Tabla 3.160 Resumen balance de masas material obra civil

Obras	Material en banco			Corte material orgánico (m³)	Corte material común (m³)	Corte material roca (m³)
	Corte (m³)	Lleno (m³)	Neto (m³)			
Vías	2.902.899	982.409	1.920.490	133.510	1.938.572	830.817
Plataformas	3.619.726	2.782.760	836.966	132.896	2.440.781	1.046.049
Otras Obras	2.921.615	1.132.371	1.789.244	468.037	1.717.504	736.073
Depósitos	582.984	0	582.984	536.084	46.900	0
Total	10.027.224	4.897.540	5.129.684	1.270.527	6.143.758	2.612.939
Obras	Volumen material disponible para llenos (m³)	Volumen material utilizado en llenos (m³)	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Volumen total a depositar (m³)
Vías	1.661.634	1.410.389	160.212	1.620.208	694.375	2.474.794
Plataformas	2.092.098	2.025.663	159.475	1.532.943	656.975	2.349.393
Otras Obras	1.676.435	1.461.488	561.645	1.067.267	457.400	2.086.312
Depósitos	0	0	643.301	53.935	0	697.236
Total	5.430.166	4.897.540	1.524.633	4.274.353	1.808.750	7.607.736

Fuente: Integral S.A, 2026

Entre las Tabla 3.161 a la Tabla 3.165 se presenta un resumen del balance de masas obtenido en el proyecto por años.

Tabla 3.161 Resumen balance de masas año 1 material obras civiles

Obras	Material en banco			Corte material orgánico (m³)	Corte material común (m³)	Corte material roca (m³)
	Corte (m³)	Lleno (m³)	Neto (m³)			
Vías	2.420.307	962.988	1.457.320	105.055	1.620.677	694.576
Plataformas	3.618.206	2.782.205	836.001	132.714	2.439.844	1.045.648
Otras Obras	468.242	564.693	-96.451	39.937	299.814	128.492
Depósitos	541.520	0	541.520	507.720	33.800	0
Total	7.048.275	4.309.886	2.738.390	785.426	4.394.135	1.868.715
Obras	Volumen material disponible para llenos (m³)	Volumen material utilizado en llenos (m³)	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Volumen total a depositar (m³)
Vías	1.389.152	1.233.488	126.065	1.308.458	560.768	1.995.292
Plataformas	2.091.295	2.024.860	159.257	1.532.376	656.733	2.348.366
Otras Obras	256.983	223.554	47.924	209.702	89.872	347.498
Depósitos	0	0	609.264	38.870	0	648.134
Total	3.737.430	3.481.902	942.511	3.089.406	1.307.373	5.339.289

Fuente: Integral S.A., 2026

Tabla 3.162 Resumen balance de masas año 2 material obras civiles

Obras	Material en banco			Corte material orgánico (m³)	Corte material común (m³)	Corte material roca (m³)
	Corte (m³)	Lleno (m³)	Neto (m³)			
Vías	224.409	3.993	220.417	9.342	150.547	64.520
Plataformas	1.520	555	965	182	937	401
Otras Obras	958.150	359.870	598.280	218.306	517.890	221.953
Depósitos	0	0	0	0	0	0
Total	1.184.079	364.417	819.662	227.830	669.374	286.875
Obras	Volumen material disponible para llenos (m³)	Volumen material utilizado en llenos (m³)	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Volumen total a depositar (m³)
Vías	129.041	129.041	11.210	109.297	46.842	167.349
Plataformas	803	803	218	567	243	1.028
Otras Obras	597.122	565.789	261.968	210.089	90.038	562.095
Depósitos	0	0	0	0	0	0
Total	726.965	695.632	273.396	319.953	137.123	730.472

Fuente: Integral S.A, 2026

Tabla 3.163 Resumen balance de masas año 3 material obras civiles

Obras	Material en banco			Corte material orgánico (m³)	Corte material común (m³)	Corte material roca (m³)
	Corte (m³)	Lleno (m³)	Neto (m³)			
Vías	233.633	15.349	218.284	17.754	151.115	64.764
Plataformas	0	0	0	0	0	0
Otras Obras	344.377	174.088	170.289	26.840	222.276	95.261
Depósitos	41.464	0	41.464	28.364	13.100	0
Total	619.474	189.438	430.037	72.958	386.491	160.025
Obras	Volumen material disponible para llenos (m³)	Volumen material utilizado en llenos (m³)	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Volumen total a depositar (m³)
Vías	129.528	33.947	21.305	190.667	81.714	293.686
Plataformas	0	0	0	0	0	0
Otras Obras	241.594	153.677	32.208	176.627	75.697	284.532
Depósitos	0	0	34.037	15.065	0	49.102
Total	371.122	187.624	87.550	382.358	157.411	627.320

Fuente: Integral S.A, 2026

Tabla 3.164 Resumen balance de masas año 4 material obras civiles

Obras	Material en banco			Corte material orgánico (m³)	Corte material común (m³)	Corte material roca (m³)
	Corte (m³)	Lleno (m³)	Neto (m³)			
Vías	24.550	80	24.470	1.360	16.233	6.957
Plataformas	0	0	0	0	0	0
Otras Obras	135.823	33.720	102.103	9.215	88.625	37.982
Depósitos	0	0	0	0	0	0
Total	160.373	33.800	126.573	10.575	104.858	44.939
Obras	Volumen material disponible para llenos (m³)	Volumen material utilizado en llenos (m³)	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Volumen total a depositar (m³)
Vías	13.914	13.914	1.632	11.785	5.051	18.468
Plataformas	0	0	0	0	0	0
Otras Obras	75.965	13.697	11.058	114.566	49.100	174.723
Depósitos	0	0	0	0	0	0
Total	89.879	27.611	12.690	126.351	54.150	193.191

Fuente: Integral S.A, 2026

Tabla 3.165 Resumen balance de masas año 5 al año 15 material obras civiles

Obras	Material en banco			Corte material orgánico (m³)	Corte material común (m³)	Corte material roca (m³)
	Corte (m³)	Lleno (m³)	Neto (m³)			
Vías	0	0	0	0	0	0
Plataformas	0	0	0	0	0	0
Otras Obras	1.015.023	0	1.015.023	173.739	588.899	252.385
Depósitos	0	0	0	0	0	0
Total	1.015.023	0	1.015.023	173.739	588.899	252.385
Obras	Volumen material disponible para llenos (m³)	Volumen material utilizado en llenos (m³)	Volumen material orgánico a depositar (m³)	Volumen material común a depositar (m³)	Volumen material roca a depositar (m³)	Volumen total a depositar (m³)
Vías	0	0	0	0	0	0
Plataformas	0	0	0	0	0	0
Otras Obras	504.771	504.771	208.486	356.284	152.693	717.463
Depósitos	0	0	0	0	0	0
Total	504.771	504.771	208.486	356.284	152.693	717.463

Fuente: Integral S.A, 2026

Respecto a la diferenciación de material por análisis geoquímico, es impórtate tener presente que los antecedentes de la caracterización geoquímica utilizados para evaluar el potencial de generación de drenaje ácido de roca (DAR) corresponden al programa histórico desarrollado por pHase Geochemistry para Gramalote, iniciado en 2011 y ampliado durante 2012, cuyos resultados sirvieron de base para la evaluación ambiental del Proyecto. Para la actual solicitud de modificación, estos antecedentes se reinterpretan en conjunto con el plan minero y el diseño actualizados, evitando extrapolar directamente las frecuencias de clasificación de las muestras a porcentajes de tonelaje o volumen.

El programa de pHase Geochemistry evaluó el potencial de generación de acidez, la capacidad de neutralización, la lixiviación de metales y el comportamiento frente al intemperismo de roca estéril, mineral de baja ley, paredes del tajo y distintas corrientes de relaves. La interpretación integrada de los ensayos ABA, NAG y pruebas cinéticas permite establecer las siguientes conclusiones para su consideración en la actual modificación.

- El depósito Gramalote presenta, en términos generales, un potencial de generación de DAR relativamente bajo, asociado al bajo contenido de azufre esperado en gran parte de la roca estéril. Sin embargo, este comportamiento no permite clasificar automáticamente todo el estéril como no generador de acidez.
- Los ensayos ABA indican un potencial ácido (AP) bajo, pero también un potencial de neutralización (NP) generalmente bajo. Por esta razón, la clasificación debe

considerar conjuntamente ambos componentes y verificarse con resultados NAG y cinéticos.

- Una fracción de las muestras de roca estéril puede clasificarse como PAG (potencialmente generador de ácido) o de potencial incierto aún con contenidos de azufre relativamente bajos, debido a la limitada capacidad de neutralización. Para efectos del estudio actual, la proporción real de material a manejar debe definirse espacialmente en el modelo de bloques y no a partir del porcentaje de muestras ensayadas.
- Las pruebas cinéticas realizadas muestran, hasta la fecha, lixiviados con pH cercano a neutro y tasas generalmente bajas de liberación de sulfato y metales de interés, incluyendo Mo y, potencialmente, F, As y Se.
- Las corrientes de relaves presentan comportamientos diferentes y deben mantenerse diferenciadas: los relaves de flotación se clasifican como no-PAG; los relaves de mineral intacto presentan una clasificación menos concluyente; y los relaves de lixiviación de concentrado con cianuro se clasifican como PAG en el estudio de pHase.
- Durante la operación, la calidad del agua asociada al depósito de relaves estará influenciada principalmente por la química de las soluciones de proceso y de detoxificación, además del comportamiento geoquímico de los sólidos.
- Durante el cierre y poscierre, el comportamiento geoquímico estará controlado principalmente por la oxidación e intemperismo de los materiales que queden expuestos y por la eficacia de las medidas de cobertura y manejo de aguas.
- El manejo de las corrientes con potencial de generación de acidez deberá minimizar su exposición al oxígeno y al agua mediante las medidas de disposición, cobertura, control de aguas y seguimiento definidas para el diseño final del proyecto.

Resultados de los ensayos NAG

Las pruebas NAG realizadas sobre muestras representativas del programa de caracterización confirman como PAG la muestra con mayor contenido de sulfuro (aproximadamente 1,3% S). A su vez, los resultados muestran que incluso algunas muestras con contenidos de azufre cercanos a 1,0% pueden presentar comportamiento no-PAG, evidenciando que el contenido de azufre, por sí solo, no es suficiente para clasificar el material.

Asimismo, determinadas muestras clasificadas como de potencial incierto mediante ABA pueden presentar comportamiento no-PAG en la prueba NAG. Estas diferencias reflejan la disponibilidad efectiva de los sulfuros para oxidarse y de los minerales neutralizantes para reaccionar, por lo que las clasificaciones inciertas deben verificarse mediante pruebas cinéticas y control operacional.

La evaluación combinada ABA-NAG-cinética mejora la confiabilidad de la clasificación geoquímica y permite definir criterios operacionales de segregación con mayor sustento que una clasificación basada únicamente en litología o contenido total de azufre.

Relaves/colas: diferenciación por corriente de proceso

- **Colas de flotación.** Se clasifican como no-PAG y las pruebas cinéticas no evidencian lixiviación significativa de los parámetros de interés, salvo concentraciones bajas de Mo y posible F.
- **Colas de mineral intacto.** La clasificación histórica es menos concluyente: ABA indica potencial bajo o incierto, NAG sugiere comportamiento no-PAG y las proyecciones cinéticas justifican mantener verificación periódica.
- **Colas de lixiviación de concentrado con cianuro.** El estudio de pHase las clasifica como PAG; por tanto, requieren manejo preventivo específico y control de la química asociada a las soluciones de proceso.

Litología, mineralización y correlación con el potencial de DAR

Los resultados de pHase Geochemistry indican que no existe una relación litológica evidente entre el tipo de roca y el potencial de generación de DAR, observándose una dispersión de las clasificaciones dentro de los distintos tipos litológicos. En consecuencia, la litología no debe utilizarse como único criterio de segregación.

El contenido de azufre se correlaciona con la mineralización de oro y plata. La presencia de sulfuros está asociada principalmente a vetillas y estructuras mineralizadas, por lo que los sectores con mayores contenidos de azufre tienden a corresponder a mineral destinado a procesamiento en planta. Esta relación es relevante para el plan de manejo, puesto que, una parte importante del material con mayor contenido de sulfuros sale del circuito de estériles al ser clasificado como mineral. Así, la evaluación ambiental debe concentrarse, por tanto, en la fracción que permanece bajo la ley de corte y que pueda presentar potencial de generación de acidez.

Para los destinos San Antonio y El Balsal deberá identificarse específicamente la fracción de material que, aun clasificándose como estéril o marginal según el plan minero, presente características de bajo potencial de DAR, potencial incierto o PAG.

La clasificación definitiva deberá sustentarse en la integración del modelo de bloques, contenido de azufre, potencial ácido y de neutralización, resultados ABA/NAG, distribución de vetillas y destino minero del material, permitiendo cuantificar espacialmente las categorías geoquímicas y reconciliarlas con los tonelajes efectivamente dispuestos.

Interpretación de porcentajes y relación con el plan minero

La clasificación general del potencial de generación de DMA a partir de la determinación del Potencial Neto de Neutralización (NNP), que de acuerdo con los términos de referencia (ANLA, 2016), reporta porcentajes de aproximadamente el 57% de las muestras analizadas en el estudio de pHase como no-PAG ($NNP > 3$), 35% de potencial incierto ($1 < NNP < 3$) y 8% PAG ($NNP < 1$), representan frecuencias dentro del conjunto de muestras analizadas. No corresponden a porcentajes máscicos o volumétricos del estéril de mina y, por tanto, no deben trasladarse directamente al balance de materiales del EIA.

Es importante mencionar, que en el plan minero actualizado se destinan 39,3 Mt de material marginal a San Antonio sobre un total de 240,9 Mt de estéril, equivalente a

aproximadamente 16,3 % (≈ 17 %). Este porcentaje corresponde a una categoría/destino del plan minero y no constituye, por sí mismo, el porcentaje de material PAG o generador de DAR.

La proporción geoquímica que requiera manejo especial deberá obtenerse mediante cuantificación espacial en el modelo de bloques, aplicando criterios de azufre, AP/NP, ABA/NAG y distribución de vetillas, y reconciliarse después con los tonelajes efectivamente enviados a cada destino.

El material que requiera manejo diferenciado se dispondrá en sectores definidos y bajo medidas específicas de segregación, encapsulamiento, control de aguas y monitoreo, con verificación durante operación, cierre y poscierre.

Este enfoque permite separar la clasificación geoquímica de la clasificación puramente litológica o económica y, al mismo tiempo, mantener un criterio conservador para los sectores donde persista incertidumbre.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta un resumen del potencial de generación de drenaje ácido de roca o mina.

Tabla 3.166 Resultados del monitoreo predictivo del potencial de generación de drenaje ácido de roca (DAR)

Operación / material evaluado	Conclusión / criterio de manejo
Material estéril convencional (Material No Generador de Ácido) destinado a depósitos	Sin potencial relevante de DAR, sujeto a verificación operacional
Paredes de los tajos	Bajo potencial general; seguimiento geoquímico durante operación y cierre
Colas de flotación (Obras y/o Actividades No Objeto de Modificación)	No-PAG / sin potencial de generación de DAR. Manejo y especificaciones de acuerdo con las consideraciones estipuladas en la licencia vigente
Colas de lixiviación (Detox) (Obras y/o Actividades No Objeto de Modificación)	Bajo potencial de DAR, con manejo conservador y trazabilidad respecto de la corriente caracterizada. Manejo y especificaciones de acuerdo con las consideraciones estipuladas en la licencia vigente
Material marginal asociado al halo de mineralización, dispuesto en San Antonio	Bajo potencial de DAR; manejo diferenciado y encapsulamiento preventivo
Mineral remanente en El Balsal (839 kt)	Bajo potencial de DAR; manejo conservador mientras permanezca almacenado
Vías	Material No Generador de Ácido / sin potencial de generación de DAR
Plataformas	Material No Generador de Ácido / sin potencial de generación de DAR

Fuente: Elaboración para el Complemento del EIA, 2026; con base en los resultados reportados por Gramalote y el estudio de pHase Geochemistry

Plan minero

La siguiente tabla se presenta el detalle de separación y manejo de los materiales enviados a los depósitos mineros de acuerdo con el plan minero y los principales destinos de mineral y estéril utilizados para la evaluación de manejo geoquímico.

Para evitar confusiones, las categorías del plan minero (mineral, estéril, marginal y destino) se utilizarán como base de trazabilidad, pero la condición geoquímica se asignará mediante criterios independientes. En particular, el material marginal destinado a San Antonio representa aproximadamente 16,3% del estéril total del plan y no equivale automáticamente a material PAG.

Tabla 3.167 Principales destinos de mineral y estéril

			Construcción			Operación (Mina / Planta)										Operación (Solo Planta)		
PLAN DE EXTRACCIÓN MINERA	Unidad	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	
Mineral Minado																		
Muy Baja Ley	kt	27,357		869	2,050	3,826	4,016	2,081	2,221	2,162	2,073	2,368	3,650	2,040				
	Au g/t	0.49		0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49				
	Ag g/t	0.67		1.00	0.80	0.67	0.63	0.58	0.56	0.56	0.55	0.61	0.72	0.93				
Baja Ley	kt	36,171		1,239	2,605	5,077	6,402	3,360	2,095	2,132	2,297	2,626	5,490	2,849				
	Au g/t	0.87		0.92	0.86	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.86	0.88	0.88	0.87				
	Ag g/t	1.00		1.33	1.13	0.97	0.92	0.91	0.81	0.87	0.88	0.93	1.04	1.33				
Media Ley	kt	9,437		353	509	967	2,263	1,029	425	471	581	870	1,381	587				
	Au g/t	1.60		1.53	1.60	1.60	1.61	1.59	1.61	1.69	1.59	1.61	1.60	1.61				
	Ag g/t	1.55		1.55	1.69	1.56	1.48	1.47	1.34	1.26	1.37	1.48	1.69	2.04				
Alta Ley	kt	4,575		69	222	753	1,400	378	102	235	144	452	610	209				
	Au g/t	3.00		2.68	3.01	3.25	3.15	2.89	2.53	2.63	2.43	2.82	2.95	2.89				
	Ag g/t	2.33		1.98	2.72	2.79	2.28	2.15	1.81	1.79	2.23	2.05	2.33	2.45				
Total Mineral	t	77,539		2,530	5,387	10,622	14,081	6,848	4,843	5,000	5,095	6,316	11,131	5,685				
	Au g/t	0.95		0.90	0.88	0.97	1.12	0.99	0.79	0.84	0.84	0.97	0.95	0.89				
	Ag g/t	1.03		1.26	1.12	1.04	1.06	0.96	0.76	0.82	0.84	0.97	1.09	1.30				
Estéril Minado																		
Oxido	kt	19,934		5,673	2,899	374	4,437	3,754	2,700	97								
Sulfuro	kt	221,009		4,796	13,514	24,307	16,982	24,424	26,951	27,907	27,905	25,684	18,867	9,673				
Total Estéril	kt	240,943		10,468	16,413	24,681	21,419	28,177	29,651	28,004	27,905	25,684	18,867	9,673				
Mineral + Estéril	kt	318,482		12,998	21,800	35,303	35,500	35,025	34,495	33,004	33,000	32,000	29,998	15,358				
Relación Estéril / Mineral	Kt	3.1		4.1	3.0	2.3	1.5	4.1	6.1	5.6	5.5	4.1	1.7	1.7				

Material enviado anualmente por tipo/por destino

Estéril Oxido a El Balzal	kt	1,685		1,685													
Estéril Sulfuro a El Balzal	kt																
Estéril Oxido a San Antonio	kt	18,248		3,987	2,899	374	4,437	3,754	2,700	97							
Estéril Sulfuro a San Antonio	kt	181,642		3,718	10,881	18,983	12,584	21,003	23,646	24,301	24,029	21,416	14,134	6,947			
Marginal a San Antonio	kt	39,367		1,077	2,634	5,324	4,398	3,421	3,306	3,606	3,876	4,268	4,732	2,726			
Total Estéril - todos los destinos		240,943		10,468	16,413	24,681	21,419	28,177	29,651	28,004	27,905	25,684	18,867	9,673			

Stock en El Balzal (EB)

Mineral a El Balzal (stock)	kt	-		2,530	4,684	9,946	12,479	5,502	5,527	3,606	3,876	4,585	9,864	3,893			
Mineral de El Balzal a Planta	kt	-			1,364			1,233	3,378	1,000	905			1,481	6,000	6,000	6,000
Mineral remanente en EB	kt	-		2,530	3,217	7,839	15,920	16,768	15,611	14,612	13,706	14,023	19,154	18,839	12,839	6,839	839

La tabla siguiente muestra el mineral enviado a proceso, clasificado según su contenido metálico de oro, expresado en gramos de oro por tonelada de roca (g/t Au). La planta de proceso finaliza su operación al término del año 15, quedando un stock remanente de aproximadamente 839 kt en el depósito El Balzal. Dado el bajo potencial de drenaje ácido de roca (DAR) de este material, se propone implementar un plan preventivo de manejo operacional para asegurar su adecuada disposición y estabilidad ambiental.

Mineral enviado a Planta por tipo/destino			Construcción		Operación (Mina / Planta)										Operación (Solo Planta)		
Mineral por tipo	Unidad	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Muy baja ley	kt									2,614	2,979	2,052		873	6,000	6,000	6,000
Baja ley	kt				3,547	4,280	3,401	4,183	4,818	2,680	2,297	2,626	4,009	4,331			
Media ley	kt				863	967	2,263	1,029	425	471	581	870	1,381	587			
Alta Ley	kt				291	753	336	788	757	235	144	452	610	209			
Total Mineral Procesado	kt	76,700			4,700	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000

La tabla siguiente presenta el balance de masas entre la planta de proceso y la presa de colas. Las colas de flotación, que no presentan potencial DAR, serán dispuestas de manera segregada según su granulometría a partir del eje central de la presa. Las fracciones más finas se depositarán hacia el interior de la presa, mientras que las fracciones más gruesas se dispondrán hacia el sector aguas abajo, contribuyendo a incrementar la capacidad y estabilidad del depósito.

Por su parte, las colas provenientes de la lixiviación, clasificadas como de bajo potencial DAR, serán depositadas en forma subacuática dentro de la poza de la presa y se mantendrán permanentemente bajo agua. Esta condición limita el contacto del material con el oxígeno atmosférico y constituye una medida eficiente de control para prevenir la eventual generación de drenaje ácido.

Generación anual de colas de proceso			Construcción		Operación (Mina / Planta)										Operación (Solo Planta)		
Balance de masa: planta y colas	Unidad	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Mineral procesado	kt	76,700			4,700	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Colas flotación	kt	74,399			4,559	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820
Colas ALCIP	kt	2,301			141	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Total Colas - Acumulado	kt				4,700	10,700	16,700	22,700	28,700	34,700	40,700	46,700	52,700	58,700	64,700	70,700	76,700

Lineamientos para el manejo ambiental

A partir de la caracterización geoquímica y de la interpretación integrada de los ensayos ABA, NAG y pruebas cinéticas, el manejo ambiental de los materiales deberá considerar los siguientes lineamientos:

Clasificación	Criterio de manejo	Aplicación
No-PAG / sin potencial de DAR	Manejo operacional convencional con verificación periódica.	Controles de erosión, escorrentía y calidad de agua orientados a confirmar el comportamiento previsto.
Potencial incierto / bajo potencial	Manejo conservador, segregación y seguimiento reforzado.	Caracterización adicional, trazabilidad, destino controlado y criterios de contingencia ante cambios en el comportamiento geoquímico.
PAG confirmado	Prevención, control y mitigación específicos.	Aislamiento, encapsulamiento o manejo selectivo según el diseño; control de aguas y verificación de desempeño.
Bajo potencial de DAR - categoría de gestión para la actual modificación	Encapsulamiento preventivo y verificación operacional.	Aplicable al material marginal de San Antonio y, según corresponda, al mineral remanente en El Balsal y a corrientes de proceso definidas en el diseño de la actual modificación.

En términos generales, la caracterización disponible indica un potencial de DAR relativamente bajo para el Proyecto Gramalote, pero no sustenta una clasificación única para todos los materiales. Los relaves de flotación presentan comportamiento no-PAG, mientras que la roca estéril, las paredes del tajo y las corrientes asociadas a lixiviación requieren una clasificación basada en su comportamiento geoquímico específico y en su destino dentro del diseño 2026.

La evidencia muestra que la mineralización sulfurada se concentra principalmente en vetillas y que el azufre se correlaciona con oro y plata; por ello, los sectores con mayor contenido de azufre tienden a ser clasificados como mineral y enviados a planta. Para el estéril remanente, la clasificación se realizará mediante la integración del contenido de azufre, los parámetros ABA/NAG, la distribución espacial de vetillas y el modelo de bloques, con segregación y manejo diferenciado de las categorías de bajo potencial, inciertas o PAG.

El monitoreo geoquímico y la conciliación mina-destino durante la operación permitirán verificar el comportamiento previsto, actualizar la clasificación cuando corresponda y activar

medidas correctivas antes de que se produzca un deterioro significativo de la calidad de agua.

De acuerdo con lo expuesto, se revisa y ajusta el Sub_8_Subprograma de manejo de drenaje ácido del PMA_ABIO_03_Programa de manejo del recurso hídrico y obras para control de erosión, para las acciones específicas para el manejo de este material en los depósitos mineros.

3.6.2 Residuos peligrosos y no peligrosos

La gestión de los residuos peligrosos y no peligrosos generados durante las diferentes fases del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se rige por el marco normativo ambiental colombiano vigente, el cual establece los lineamientos para su clasificación, manejo, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y disposición final, con el fin de prevenir riesgos a la salud humana y minimizar los impactos sobre los medios abióticos, bióticos y socioeconómicos.

En el caso de los residuos peligrosos, tales como aceites usados, lubricantes, combustibles, envases contaminados y demás residuos con características de peligrosidad, se aplica lo dispuesto en el Capítulo 1, Título 6, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, donde se establece la gestión de los residuos peligrosos. El Decreto 1609 de 2002 establece las medidas para el transporte de mercancías peligrosas. Por su parte, la gestión de los residuos no peligrosos se desarrolla conforme a lo establecido en el Decreto 2981 de 2013, compilado en el Decreto 1077 de 2015, el cual define su clasificación en residuos ordinarios, aprovechables y especiales, y orienta su manejo integral en concordancia con los principios de prevención, minimización en la fuente y aprovechamiento.

La Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote también contempla la generación de residuos sólidos no peligrosos, los cuales se agrupan en residuos aprovechables (tales como papel, cartón, plásticos, metales y vidrio), residuos no aprovechables y orgánicos, durante las diferentes etapas del proyecto. Adicionalmente, también se espera la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) asociados a las actividades de adecuación de áreas, obras civiles, montaje de infraestructura y mantenimiento de vías internas. Así mismo, residuos especiales (RAEE) como llantas, restos de bandas transportadoras, piezas metálicas, entre otros, estos principalmente durante la etapa constructiva.

Adicionalmente, el proyecto prevé la generación de residuos peligrosos, principalmente asociados al mantenimiento de maquinaria y equipos, uso de combustibles, lubricantes, sustancias químicas, insumos industriales y actividades de operación. Estos residuos incluyen, entre otros, aceites usados, filtros contaminados, envases de sustancias peligrosas, absorbentes impregnados y residuos especiales, los cuales presentan características de peligrosidad conforme a la normativa vigente y, por tanto, requieren un manejo diferenciado.

3.6.2.1 Generación de residuos

La generación de residuos también se define como la información tanto cualitativa como cuantitativa de los residuos producidos por cada área generadora; los residuos se identifican por tipo, peso, volumen y procedencia determinada. Esta generación de residuos está dada por la realización de diferentes actividades de los empleados, por los procesos industriales o dentro del funcionamiento de las operaciones diarias en las instalaciones.

Durante las actividades relacionadas con el reasentamiento, construcción y montaje, operación y cierre y abandono del Proyecto, se generarán diferentes tipos de residuos, que según sus características, pueden ser manejados de tal manera que se logre su aprovechamiento o se garantice su adecuada disposición final, pretendiendo minimizar los impactos generados sobre las personas y el ambiente.

De acuerdo con la clasificación de residuos a continuación se presentan los residuos que serán generados por el proyecto, ver Tabla 3.168.

Tabla 3.168 Clasificación de residuos no peligrosos y peligrosos por tipo de residuo.

Tipo	Clasificación	Subclasificación	Residuo
No peligrosos	Aprovechables	Papel y cartón	Residuos de oficina
			Cajas
		Plástico	PET
			Bolsas limpias
		Metales y Latas	Recipientes de alimentos
			Láminas de zinc
			Hojalata
			Repuestos y autopartes
		Vidrio	Botellas
			Recipientes
	No aprovechables		Papeles de baño (Papel higiénico, papel toalla, paños húmedos)
			Papel encerado, plastificado o metalizado
			Cerámica, Vidrio plano
			Icopor, espumas
			Material barrido, colillas de cigarrillo
			Material de empaque y embalaje sucios
	Orgánico		Residuos de comida
			Hojarasca
			Residuos de jardín
	RAEE		Llantas, restos de bandas transportadoras, piezas metálicas, entre otros,
	RCD		Escombros, residuos de construcción, fragmentos de ladrillos, agregados.
Peligrosos			Pilas, lámparas fluorescentes, residuos eléctricos y electrónicos.
			Productos químicos y sus empaques, aerosoles, solventes, pinturas, aceites, combustibles, baterías de automotores,
			Biosanitarios como: vendas, gasas, aplicadores, jeringas, catéter; contaminados con fluidos corporales, Químicos como medicamentos vencidos o usados, y cortopunzantes como agujas bisturí, entre otros.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

3.6.2.2 Generación de residuos en campamentos

La estimación de los volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos en las diferentes etapas del proyecto se realizó mediante la aplicación de factores de generación, considerando el tipo de actividades proyectadas, la duración de cada fase y los insumos estimados. Dado que estos cálculos se realizan en una etapa previa a la operación, los valores corresponden a estimaciones y rangos de generación, los cuales serán ajustados durante la fase operativa a partir de los registros reales de generación. Ver Tabla 3.169.

Tabla 3.169 Estimación de volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos que el proyecto generará en sus diferentes etapas

Tipo de Residuos	Porcentaje (%)	Etapas reasentamiento	Etapas construcción y montaje	Etapas operación	Abandono y cierre
		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
Orgánicos	59,79	26,91	2.004,76	2.847,80	388,64
Reciclables	25,45	11,45	853,34	1.212,18	165,43
Inertes	9,45	4,25	316,86	450,10	61,43
Peligrosos	5,31	2,39	178,04	252,92	34,52
Total	100,00	45,00	3.353,00	4.763,00	650,02

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Los residuos peligrosos que se generan en el campamento están relacionados con los generados en el puesto de enfermería (residuos hospitalarios y similares) y otros provenientes a las actividades diarias como presurizados, lámparas y bombillas, pilas usadas y baterías, entre otros. A los residuos hospitalarios, antes de disponerlos, siempre que sea posible, se les realizará una inactivación de baja eficiencia con el fin de evitar accidentes laborales durante su manipulación.

El mayor porcentaje a generar dentro de los campamentos serían residuos orgánicos, teniendo en cuenta que en este sitio es donde se prestará el servicio de alimentación al personal.

3.6.2.3 Generación de residuos en la planta de procesos o zona de beneficio

Durante la operación de la planta de procesamiento, se generarán residuos no peligrosos reciclables que incluyen principalmente chatarra, cartón y plásticos, igualmente residuos especiales como llantas y embalajes de partes o materias primas, entre otros.

En la Tabla 3.170 se muestran los tipos potenciales de residuos no peligrosos que se espera sean generados en el proyecto en la planta de proceso o zona de beneficio.

Es de anotar que las cantidades generadas en Gramalote no se pueden calcular con precisión en este nivel de ingeniería, pero las columnas muestran un rango probable de referencia estimado con base en cantidades declaradas de dos proyectos con

características de procesamiento similares⁵. Debido a que no existe otra mina de oro en funcionamiento de complejidad similar a la de Gramalote en Colombia, los dos proyectos de referencia están ubicados en Chile.

Tabla 3.170 Proyección de generación de residuos no peligrosos en la planta de proceso o beneficio

Residuos	Rango estimado (m³/año)	Rango estimado (m³/mes)	Rango estimado (m³/día)
Bandas transportadora	1290 a 2600	107 a 217	4 a 7
Chatarra			
Residuos de equipo de protección personal			
Paletas dañadas			
Material aislante			
Papel y cartón			
Plásticos			
Residuos de soldadura			

Fuente: Proyectos de referencia: (1) Cerro Casale – Barrick. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 160 ktpd. Producto: Oro (2) Lobo Marte – Kinross. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 47 ktpd. Producto: Oro.

Para los procesos que se realizarán en la planta de beneficio se usarán sustancias químicas (reactivos), estos reactivos principalmente son:

- Cal: la cal se recibirá en camiones y se trasladará de manera neumática o manual al silo de almacenamiento, se espera un consumo anual de 1.722 toneladas.
- Cianuro de Sodio: el cianuro de sodio será entregado en isotanques y bombeado al estanque de cianuro de sodio, se espera un consumo anual de 1.065 toneladas.
- Hidróxido de Sodio (Soda Cáustica): el hidróxido de sodio será entregado en forma de pellets en sacos a granel y se agregará al estanque de mezcla del hidróxido de sodio, se espera un consumo anual de 109 toneladas.
- Colector (Amil Xantato de Potasio – PAX): el colector se recibirá en un contenedor y se agrega al tanque de preparación usando una bomba, se espera un consumo anual de 180 toneladas.
- Espumante (Metil Isobutil Carbinol): el espumante se recibirá en un camión y se agrega al primer tanque de espumante a través de una bomba, se espera un consumo anual de 105 toneladas.

⁵ Proyectos de referencia: (1) Cerro Casale – Barrick. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 160 ktpd. Producto: Oro (2) Lobo Marte – Kinross. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 47 ktpd. Producto: Oro.

- Metabisulfito de Sodio – SMBS: el SMBS se recibirá en seco en canecas selladas o bolsas a granel selladas de una tonelada, se espera un consumo anual de 1,988 toneladas.
- Floculante (Magnafloc): el floculante se recibirá en seco en canecas selladas o bolsas a granel selladas de una tonelada, se espera un consumo anual de 135 toneladas.
- Ácido Clorhídrico: el ácido clorhídrico se recibirá en camiones a granel como solución premezclada de calidad industrial al 30% w/w y se descargará desde el camión a granel hacia el tanque de almacenamiento, se espera un consumo anual de 177 toneladas.
- Sulfato de cobre: este producto se transporta normalmente en sacos de 25kg, que facilitan su manejo. Se estima un consumo anual de 20 toneladas.
- Nitrato de plomo: se transporta exclusivamente en contenedores marítimos cerrados de 20 pies o camiones rampla cerrados con tolva sellada. Un contenedor estándar de 20 pies transporta un máximo técnico de 20 a 24 maxisacos (20-24 toneladas). Se estima un consumo de 180 toneladas.
- Carbón activado: se transporta en camiones en sacos de 25 a 50kg. Se estima un consumo anual de 5 toneladas.
- Bórax: se transporta en sacos de 25 kg. Se estima un consumo anual de 2.1 toneladas.
- Carbonato de sodio: se transporta en sacos de 25 kg. Se estima un consumo anual de 2.1 toneladas.
- Nitrato de sodio: se transporta en sacos de 25 kg. Se estima un consumo anual de 0.7 toneladas.
- Arena de sílice: se transporta en sacos de 25 kg. Se estima un consumo anual de 2.1 toneladas.
- Ayuda de lixiviación: se transporta en sacos o bidones de 25 kg. Se estima un consumo anual de 0.8 toneladas.
- Antiescalante: se transporta en contenedores tipo IBC, de 1.1 a 1.2 toneladas de capacidad. Se estima un consumo anual de 31 toneladas.

En la Tabla 3.171 se relaciona una estimación de los empaques o embalajes que generarán los reactivos de acuerdo con su posible presentación.

Tabla 3.171 Proyección de generación anual de embalaje contaminado

Tipo de empaque	Material contenido	Unidades
A granel en camiones	Cal	No genera embalaje
Isotankers	Cianuro de Sodio	No genera embalaje
Pellets en sacos a granel de 50 Kg	Hidróxido de Sodio (Soda Cáustica)	2180

Tipo de empaque	Material contenido	Unidades
Bolsa de PE de 1 tonelada	Colector (Amil Xantato de Potasio – PAX	180
Camiones a granel	Espumante (Metil Isobutil Carbinol)	No genera embalaje
Bolsa de PE o caneca de 1 tonelada	Metabisulfito de Sodio – SMBS	1271,998
Bolsa de PE o caneca de 1 tonelada	Floculante (Magnaflow)	135
Camiones a granel	Ácido Clorhídrico	No genera embalaje
Camiones sellados con sacos de 1 tonelada.	Nitrato de plomo	180
Sacos de 25 o 50 kg	Carbón activado	100 a 200
Sacos de 25 kg	Bórax	84
Sacos de 25 kg	Carbonato de sodio	84
Sacos de 25kg	Nitrato de sodio	28
Sacos de 25 kg	Arena de sílice	84
Sacos de 25 kg o Tambores/Bidones plásticos	Ayuda de lixiviación	32 sacos o bidones
Contenedores IBC	Antiescalante	No genera embalaje
Sacos de 25 kg	Sulfato de cobre	800 sacos

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Los datos anteriores son una proyección, puede existir alguna variación en los embalajes que presenten las sustancias, ya sea por contingencia o por cambios dentro del mercado. De igual manera en caso de generarse otro tipo de embalaje se le dará la disposición establecida en el plan de manejo de residuos sólidos.

3.6.2.4 Generación de residuos en la plataforma de facilidades mineras

En la plataforma para facilidades mineras se instalará toda la infraestructura requerida para el mantenimiento programado y el mantenimiento correctivo a menor escala, de la flota de vehículos para la operación de la mina. El mantenimiento programado se realizará siempre en la zona de los talleres, mientras que el mantenimiento correctivo podrá realizarse tanto en campo como en los talleres, dependiendo del tipo de daño o del tamaño de los componentes que deban cambiarse.

Los residuos no peligrosos generados estarán compuestos principalmente por cartón, madera, bolsas, plásticos, material de empaque o embalaje, latas o metales (chatarra).

La generación de residuos peligrosos está relacionada con el mantenimiento de vehículos y maquinaria como combustibles, lubricantes, aceites, baterías, líquidos para frenos, filtros, trapos y recipientes impregnados de grasa, pintura, etc. El volumen de generación de estos residuos está directamente relacionado con los requerimientos de mantenimiento de los vehículos y de la maquinaria.

En el área de mantenimiento, las actividades que se espera generen mayor cantidad de residuos peligrosos son: el cambio de aceite al parque automotor, cambio de baterías, cambio de piezas y cambio de llantas. En la Figura 3.205 se muestra el flujo de generación de residuos en el área de mantenimiento de vehículos.

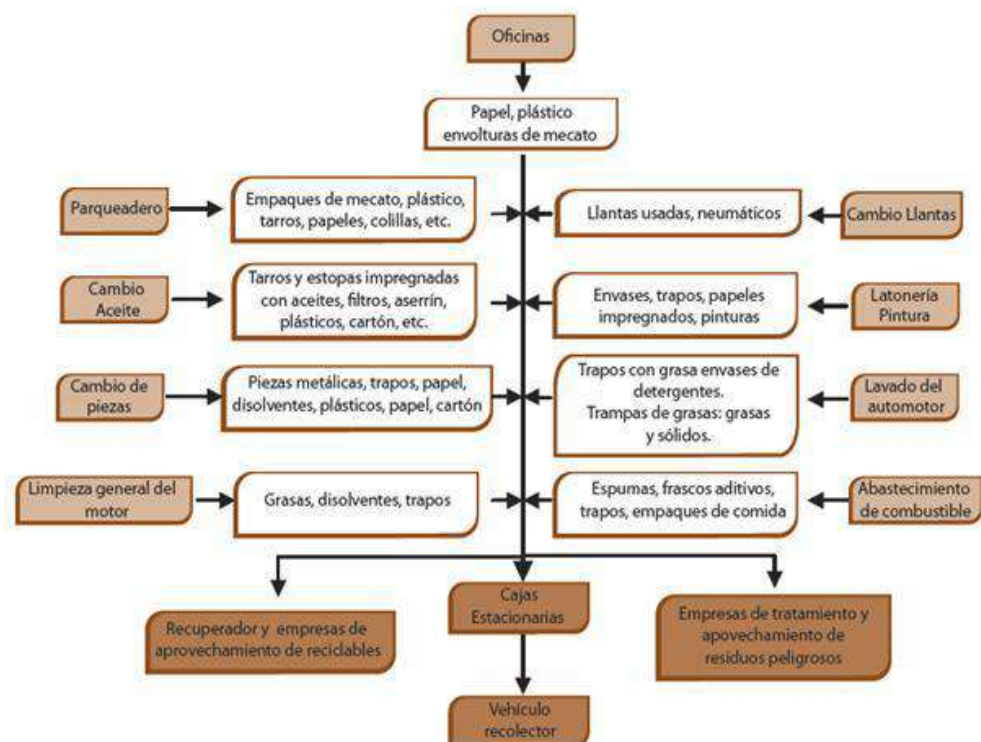


Figura 3.205 Generación de residuos área de mantenimiento de vehículos

Fuente Integral S.A., 2013.

Para estimar la generación de llantas usadas se tuvo en cuenta la información contenida en el capítulo 2 Descripción del Proyecto, donde se relaciona la flota minera principal que podrá utilizarse en el Proyecto durante la operación del mismo. (Véase Tabla 3.172).

Teniendo en cuenta la información contenida en la Tabla 3.172, se toma el año donde se requerirá mayor número de vehículos, es decir 41 vehículos, considerando que la vida útil de un tendido de llantas, sea aproximadamente de un año, se espera una producción de llantas usadas aproximadamente de 328 llantas anuales.

Tabla 3.172 Flota minera principal a utilizar en el Proyecto

Tamaño de la flota minera principal															
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Camión Minero de 100 t	-	10	15	24	29	32	25	25	27	27	29	18	3	3	3
Excavadoras 200-230t/Cargadores	-	3	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	1	1	1
Tractores sobre llantas	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Motoniveladoras	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Camión de riego de 100 t	-	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
Total	-	19	26	37	41	44	38	38	40	39	41	29	7	7	7

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026.

Para la estimación de la generación de los residuos peligrosos en la plataforma de facilidades mineras, se tomó un rango probable de referencia estimado con base en cantidades declaradas de dos proyectos con características de procesamiento similares⁶ (véase Tabla 3.173).

Tabla 3.173 Tipos de residuos peligrosos generados en la plataforma de facilidades mineras

Residuo	Rango estimado m³/año	Rango estimado m³/mes
Aceite usado	225	18.7
Baterías de plomo-ácido (vida útil de 3 años)	86 u	7.2 u
Bombillas, tubos fluorescentes	0,7 – 55,0	0,1 - 4,6
Recipientes metálicos contaminados con materiales peligrosos (aceite, grasa, pintura, etc.)	22,0 – 34,8	1,8 – 2,9
Recipientes de plástico contaminados con sustancias peligrosas	11,0 – 11,5	0,9 – 1,0
Equipo de protección personal o ropa contaminados	24	2
Envases contaminados	38	3.2
Filtros descartados	28	2.3
Trapos contaminados con aceite, grasa, pintura, etc.	5,6 – 33,0	0,5 – 2,8
Partes metálicas contaminadas con plomo, incluyendo papel de lija, herramientas generales, etc.	64	5.3

Fuente: Proyectos de referencia: (1) Cerro Casale – Barrick. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 160 ktpd. Producto: Oro (2) Lobo Marte – Kinross. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 47 ktpd. Producto: Oro.

⁶ Proyectos de referencia: (1) Cerro Casale – Barrick. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 160 ktpd. Producto: Oro (2) Lobo Marte – Kinross. Ubicación: Chile. Tasa de alimentación de mineral: 47 ktpd. Producto: Oro.

3.6.2.5 Generación de residuos en la planta de explosivos y polvorín

Se generarán residuos especiales como: llantas, restos de bandas transportadoras, piezas metálicas, entre otros tal como se muestra en la Tabla 3.174. El resto de los residuos se encuentra asumido dentro de la producción de los campamentos debido a que las personas que laboran en la planta se alojarán en los campamentos.

Tabla 3.174 Cantidad generada de residuos especiales

Material	Cantidad	Peso mes kg
Llantas	8 al año	70
Piezas metálicas	1 al mes	200

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Los residuos peligrosos que se generarán son los provenientes de sustancias químicas como: embalaje contaminado, bolsones Big Bag de polipropileno contaminados con nitrato de amonio poroso, bolsas plásticas contaminados con nitrato de amonio poroso, sacos de polipropileno contaminados con nitrito de sodio, canecas plásticas contaminadas con aceite de motor tal como se muestra en la Tabla 3.175.

Tabla 3.175 Residuos peligrosos generados por sustancias químicas

Material	Cantidad al mes	Peso mes kg
Bolsones Big Bag de 1000kg	366	182,8
Bolsa plásticas	366	38,1
Plástico envoltorio emulsión	391	39,1
Cajas cartón emulsión encartuchada	391	164,4
Mangueras contaminadas con emulsiones:	1	90

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

Igualmente se generan otros residuos peligrosos en la planta de explosivos y polvorín como: pilas, lámparas fluorescentes, productos químicos y sus empaques, aerosoles, solventes, pinturas, aceites, combustibles, baterías de automotores tal como se relacionan en la Tabla 3.176.

Tabla 3.176 Otros residuos generados en la planta de explosivos y polvorín

Material	Cantidad	Peso mes kg
Lámparas fluorescentes	2 al mes	Peso no especificado
Productos químicos	No aplica	Peso no especificado
Aerosoles-solventes:	No aplica	Peso no especificado
Aceites	80 galones al mes	240
Pilas	No aplica	Peso no especificado
Baterías de automotores	4 al año	7

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.6.2.6 Minimización y separación en la fuente

La minimización se centra en la adopción de medidas tendientes a reducir las generaciones de residuos sólidos de forma viables para el proyecto.

Las principales actividades en las cuales se centra la minimización de residuos son:

- La reducción en la fuente o en el origen.
- Reutilización, recuperación o regeneración.
- Cambios tecnológicos: corresponde a la adecuación de los equipos existentes o compra de nuevos equipos con el fin de disminuir la generación de residuos.
- Cambio de materias primas e insumos: consiste en el cambio de insumos o materias primas que contengan sustancias peligrosas por otras materias primas o insumos.
- Reciclaje de los residuos: consiste en acondicionar los residuos a través de tratamientos para incorporarlos nuevamente al proceso o ser una materia prima para gestores o personas externas.

La separación en la fuente se fundamenta en la clasificación selectiva de los residuos generados, su objetivo es separar los residuos reciclables, de los ordinarios, orgánicos, especiales y peligrosos, para que no se contamine el material aprovechable y se pueda determinar la manera adecuada de tratamiento y disposición final para cada uno de ellos.

En cada una de las áreas del proyecto, campamentos, planta de proceso o beneficio y planta de explosivos o polvorín, se dispondrán de recipientes suficientes que estarán rotulados, dependiendo del tipo de residuo y cumplirán con las características contempladas en la resolución 2184 de 2019. (Ver la Figura 3.206).



Figura 3.206 Código de colores establecido en la resolución 2184 de 2019

Fuente: Resolución 2184 de 2019

Es importante aclarar que en los puntos de separación no es necesaria la ubicación de todos los recipientes acorde al código de colores, ya que su ubicación y cantidad debe obedecer a los residuos generados en cada sección, su volumen y posibles requerimientos especiales para su almacenamiento temporal en cada zona generadora. También se debe tener en cuenta que los residuos reciclables, deben estar limpios y secos para que puedan ser aprovechables.

Los recipientes donde deberán ser depositados los residuos peligrosos, estarán rotulados dependiendo de las características de los residuos generados. La Tabla 3.177 ilustra los pictogramas según la peligrosidad de los residuos.

Tabla 3.177 Clasificación de sustancias peligrosas

Clase	Definición	Pictograma
Explosivo	Son sustancias sólidas o líquidas, o mezclas de ellas, que por sí mismas son capaces de reaccionar químicamente produciendo gases a tales temperaturas, presiones y velocidades que pueden ocasionar daños graves en los alrededores. También incluye objetos que contienen sustancias explosivas y existen 6 subclases o Divisiones de acuerdo con la forma como pueden explotar.	

Clase	Definición	Pictograma
Gases	Son sustancias que se encuentran totalmente en estado gaseoso a 20°C y una presión estándar de 101.3 kPa.	
Líquidos inflamables y líquidos combustibles	Son líquidos o mezclas de ellos, que pueden contener sólidos en suspensión o solución, y que liberan vapores inflamables por debajo de 60°C (punto de inflamación). Por lo general son sustancias que se transportan a temperaturas superiores a su punto de inflamación, o que siendo explosivas se estabilizan diluyéndolas o suspendiéndolas en agua o en otro líquido. Ej. Gasolina, benceno y nitroglicerina en alcohol.	
Sólidos inflamables	Son sólidos o sustancias que por su inestabilidad térmica, o alta reactividad, ofrecen peligro de incendio.	
Oxidantes y peróxidos orgánicos	Sustancias comburentes: generalmente contienen o liberan oxígeno y causan la combustión de otros materiales o contribuyen a ella. Ej. Agua oxigenada (peróxido de hidrógeno); Nitrato de potasio. Peróxidos orgánicos. Sustancias de naturaleza orgánica que contienen estructuras bivalentes -O-O-, que generalmente son inestables y pueden favorecer una descomposición explosiva, quemarse rápidamente, ser sensibles al impacto o la fricción o ser altamente reactivas con otras sustancias. Ej. Peróxido de benzoílo, Metiletilcetona peróxido.	
Sustancias tóxicas (venenosas)	El riesgo de estas sustancias se relaciona directamente con los efectos adversos que generan en la salud humana.	
Sustancias radiactivas	Son materiales que contienen radionúclidos y su peligrosidad depende de la cantidad de radiación que genere así como la clase de descomposición atómica que sufra.	
Sustancias corrosivas	Corrosiva es cualquier sustancia que por su acción química, puede causar daño severo o destrucción a toda superficie con la que entre en contacto incluyendo la piel, los tejidos, metales, textiles, etc.	

Clase	Definición	Pictograma
Sustancias peligrosas varias	Sustancias no cubiertas dentro de las otras clases pero que ofrecen riesgo, incluyendo por ejemplo, material modificado genéticamente, sustancias que se transportan a temperatura elevada y sustancias peligrosas para el ambiente no aplicable a otras clases.	

Fuente: NTC 1692 – Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC).

Los residuos hospitalarios y similares, generados en el área de enfermería, serán almacenados según su clasificación tal como se muestra en la Tabla 3.178.

Tabla 3.178 Almacenamiento de residuos hospitalarios

 <p>Rojo</p>	<p>Biosanitario Gasas, algodón, guantes de látex, materiales de curación, elementos infectados con fluidos biológicos, pañales, ropa desechable. Papel higiénico de habitaciones y baños públicos de pacientes. Serán almacenados en recipientes de fácil limpieza y desinfección con tapa tipo pedal y en su interior con bolsa desechable color rojo</p> <p>Para la manipulación de estos residuos se propone, siempre que sea posible, realizar una inactivación de baja eficiencia, con el fin de prevenir accidentes ocupacionales.</p>
 <p>Rojo Recipiente Rígido</p>	<p>Cortopunzantes Los residuos cortopunzantes deben depositarse en un Guardián de Seguridad con las siguientes características: recipiente rígido, resistente a ruptura y perforación por este tipo de elementos, con tapa ajustable o de rosca, de boca angosta, de tal forma que al cerrarse quede completamente hermético.</p> <p>En este se depositarán: Aguja, lancetas, cuchillas, hojas de bisturí entre otros. No requiere inactivación de baja eficiencia debido a que este cierra herméticamente y no genera riesgos ocupacionales su manipulación.</p>
 <p>Rojo</p>	<p>Medicamentos vencidos, parcialmente consumidos y/o averiados Ampolletas, frasco ampolla, frascos medicamento. Bolsas de suero impregnadas de antibiótico o medicamento y elementos impregnados de antibiótico, etc.</p> <p>Los residuos farmacéuticos parcialmente consumidos, vencidos y/o deteriorados o usados, incluyendo sus empaques y presentaciones, deben tener manejo adecuado y responsable de conformidad con la normatividad vigente y los procedimientos establecidos en el anexo 2 del Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares, Resolución 1164 de 2002 del Ministerio de salud y Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible.</p>

Fuente: Guía de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares Ministerio de Salud D.S.S.A

A los residuos hospitalarios y similares, siempre que sea posible, se les realizara inactivación de baja eficiencia. En la Tabla 3.179 se presentan algunos de los desinfectantes químicos más comunes los cuales pueden ser usados para la desactivación de baja eficiencia, indicando las ventajas y desventajas de cada producto, así como las recomendaciones dadas para su utilización.

Tabla 3.179 Desinfectantes químicos para inactivación de baja eficiencia

Clase	Ventajas	Desventaja	Concentración
Aldehídos – Glutaraldehído, Formaldehído	Bactericida, virucida, fungicida, esporicida; elimina mico bacteria causante de tuberculosis. No presenta interferencia por material orgánica. Generalmente no es corrosivo. Nivel de desinfección: alto	Irritante, vida útil limitado: 14 días luego de su preparación.	Glutaraldehído: 2-5 % con activador. Bicarbonato de sodio al 0.3 %. Formaldehído (formol): 30-56%
Cloro – Hipoclorito de Sodio	Bactericida, virucida, fungicida: elimina mico bacteria causante de tuberculosis.	Requiere exposición prolongada para la eliminación de esporas. Es corrosivo y actúa como blanqueador. Vida útil: 24 horas en contacto con la luz y aire; 6 meses sellado y protegido de la luz.	1000 ppm (contaminación baja) 5000 ppm (contaminación alta)
Peróxido de hidrogeno	Virucida, bactericida, fungicida, esporicida; elimina micobacterias causantes de tuberculosis. Nivel de desinfección: alto	Es corrosivo Vida útil: 24 horas diluido; 2 años sellado	10% (contaminación baja) 20% - 30 % (contaminación alta)

Fuente: Guía de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares Ministerio de Salud D.S.S.A

Para los residuos de manejo especial se dispondrá de recipientes tipo contenedores, donde se puedan almacenar los residuos provenientes de demoliciones. Cualquier otro residuo que por su gran volumen no pueda almacenarse en contenedores debe ser transportado de inmediato a su acopio temporal. Ej.: Escombros, madera, llantas, etc.

3.6.2.7 Recolección interna

La recolección corresponde al traslado interno de los residuos sólidos almacenados en los recipientes ubicados en cada centro generador hasta su posterior almacenamiento en el sitio de acopio, para la entrega del gestor autorizado. Esta recolección interna se puede realizar de muchas formas (manual, en coches, vehículos como camión estaca, volqueta, vehículo recolector, etc.) según el tipo de residuos y la etapa en la que se encuentre el proyecto.

3.6.2.8 Almacenamiento temporal

Debido a que el proyecto ocupa una amplia extensión y que entre cada una de sus áreas existen distancias considerables, se optó por disponer de unos centros de acopio de residuos en cada una de ellas para el almacenamiento temporal.

Cada centro de acopio contará con cuatro compartimientos a saber: para residuos biodegradables, reciclables, peligrosos y especiales.

Dependiendo del área donde esté ubicado el centro de acopio, el tamaño de los compartimientos variará, esto dependerá de la cantidad y tipo de los residuos generados por cada una de ellas. Por ejemplo: en el área de mantenimiento, de la planta de proceso o zona de beneficio, el compartimiento de los residuos peligrosos será mucho más grande, ya que es esta área donde más se espera generar este tipo de residuos.

En el área de campamentos, el compartimiento de los residuos biodegradables será mucho más grande comparado con el resto de otras áreas, debido a que en esta área se generaran más del 90 % de este tipo de residuos.

A continuación, se muestra un modelo típico del centro de acopio para el almacenamiento temporal de residuos Figura 3.207.



Figura 3.207 Centro de acopio de residuos

Fuente: Integral S.A., 2013

El almacenamiento de residuos peligrosos debe realizarse según su clase de peligrosidad y volumen y teniendo en cuenta la matriz de compatibilidades. (Véase Figura 3.208).

Clase de Riesgo ONU	1.	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6	7	8	9
1. Explosivo														
2.1. Gas Inflamable														
2.2. Gas Comprimido no inflamable, no venenoso														
2.3. Gas venenoso por la inhalación														
3. Líquidos Inflamables y Líquidos combustibles														
4.1 Sólido inflamable														
4.2 Sustancia espontáneamente combustible														
4.3 Sustancia peligrosa cuando esta mojado														
5.1 Oxidante														
5.2 Peróxido Orgánico														
6 Sustancias Tóxicas														
7 Sustancias Radiactivas														
8 Sustancias Corrosivas														
9 Sustancias Peligrosas Varias														
Convenciones														
	Pueden almacenarse juntos													
	Precaución. Revisar incompatibilidades individuales													
	Pueden requerirse almacenes separados. Son incompatibles.													

Figura 3.208 Matriz de compatibilidad para el almacenamiento de los residuos peligrosos

Fuente: Gestión Integral de residuos o desechos peligrosos. Bases conceptuales.2007

3.6.2.9 Aprovechamiento y tratamiento

El aprovechamiento de los residuos hace referencia a la búsqueda de alternativas que permitan reutilizar o incluir de nuevo dentro de un ciclo los residuos generados, para obtener beneficios económicos y ecológicos. Para el proyecto Gramalote el aprovechamiento se realizará para los residuos biodegradables y los residuos reciclables como se describe a continuación:

- Residuos biodegradables

Para el aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradables es utilizado el compostaje. Este tipo de residuos en su ciclo aeróbico de descomposición se transforman en abono. El

compostaje será utilizado para recuperación de los suelos al interior del proyecto. En la Figura 3.209 se establece el modelo de compostera a ser construido.

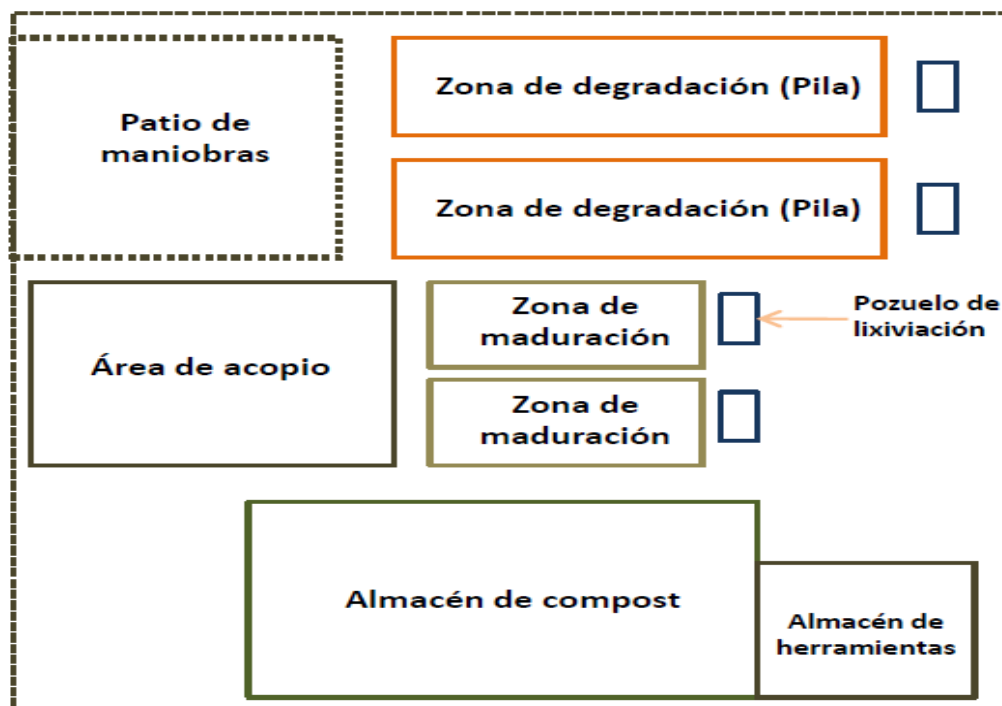


Figura 3.209 Modelo de compostera

Fuente: Integral S.A., 2013

- Residuos reciclables

Según el decreto 1713 de 2002, el reciclaje es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Los residuos reciclables se generarán en todas las áreas del proyecto, especialmente, en almacenes, oficinas y campamentos. Para la recolección de estos residuos se establecerán rutas internas y luego serán transportados al sitio que se dispondrá para su respectivo almacenamiento, según su clasificación (papel, cartón, plástico, vidrio).

El material recolectado y clasificado será entregado a una entidad del sector o sus zonas aledañas que se encargue de recolectarlo y comercializarlo e igualmente que cumpla con todos los requisitos normativos para este tipo de actividad.

3.6.2.10 Disposición final

- Residuos no peligrosos

Los residuos biodegradables que no sean utilizados en el proceso de compostaje, al igual que los residuos no reciclables o inertes que se generen durante todas las etapas del proyecto serán recolectados y transportados hasta un relleno sanitario el cual cumplirá con todos los requisitos legales vigentes en materia sanitaria y ambiental. En la Tabla 3.180 se presentan los tratamientos más comunes que pueden aplicarse a los residuos no peligrosos:

Tabla 3.180 Técnicas de tratamiento o disposición para residuos no peligrosos

Residuos no peligrosos	Tratamiento o disposición final
Ordinarios e Inertes	Relleno Sanitario municipal o privado.
Orgánicos	Compostaje, lombricultura o relleno sanitario
Reciclables: Plástico, Vidrio, Cartón, papel, Chatarra, aluminio.	Empresas o microempresas dedicadas al reciclaje ya sea como donación o comercialización. Reutilización y aprovechamiento interno.
Escombros	Escombreras autorizadas por la autoridad competente o para rellenos de obras o nivelaciones topográficas siempre y cuando así lo permitan las disposiciones regionales y locales, o llevarlos a depósitos de estériles.
Madera	Donación a la comunidad o cualquier otro aprovechamiento interno.

Fuente: Integral, 2014 con base en la guía para el manejo integral de residuos. Área Metropolitana del Valle del Aburrá.

- Residuos sólidos peligrosos

Tanto para el transporte externo como para la disposición final de estos residuos, se contratará con empresas que cumplan con todos los requisitos legales vigentes en materia sanitaria y ambiental. Además, se hará la gestión de algunos de estos para que ingresen a la cadena de posconsumo.

- Residuos especiales

En caso tal que el residuo generado no se pueda reciclar, los residuos almacenados serán recolectados y transportados hasta un relleno sanitario, el cual cumplirá con todos los requisitos legales vigentes en materia sanitaria y ambiental para ser dispuestos en una celda especial para estos. Las llantas serán entregadas al proveedor dentro de la cadena de posconsumo, a cualquier otro proveedor que realice un procesamiento para su aprovechamiento o se realizará aprovechamiento interno por parte de la Compañía o como programa para la comunidad.

3.6.3 Producción y costos del proyecto

De acuerdo con la optimización del proyecto Gramalote, se estima que la producción estará en el orden de 2,26 millones de onzas (Moz) de oro y 1,01 Moz de plata.

3.6.3.1 Costos de capital

Los costos de capital incluyen la minería y la infraestructura relacionada, la construcción de áreas para depósito de estéril y pilas de almacenamiento de mineral, la planta de beneficio, y la infraestructura general del sitio. Se estima un costo de capital de construcción de alrededor de 2,6 billones de pesos moneda colombiana, antes de la producción comercial.

No obstante, en la siguiente tabla se presentan los costos de capital asociados a las obras objeto de esta modificación.

Tabla 3.181 Costos de capital asociados a las obras objeto de modificación

Ítem presupuestal – Obras objeto de modificación	Costos de capital (Millones-COP\$)
Infraestructura minera y relacionada	\$ 477.300.000.000,00
Planta de beneficio	\$ 950.650.984.484,00
Infraestructura general del sitio	\$ 714.699.400.000,00
Total costos de capital, asociado a las obras objeto de modificación	\$ 2.142.650.384.484,00

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.6.3.2 Costos operacionales

Los costos directos de operación incluyen los costos de minería y metalurgia. Minería incluye: perforación y voladura, el cargue y transporte, los servicios auxiliares geología y costos de mantenimiento de todos los equipos mina. Metalurgia incluye todos los costos asociados a la transformación de la roca hasta el producto final: doré.

Los costos de minería (costos de equipos, proveedores, y operaciones mineras) promediarán aproximadamente COP\$42mil p./t de mineral procesado, los costos de proceso (consumibles/suministros y costos de energía, así como en mantenimiento y otras asignaciones) promediarán alrededor de COP\$30mil p./t de mineral procesado y los costos generales del sitio (administrativos, de mano de obra y suministros, costos de campamentos, servicios de tecnología de la información, transporte de personal, salud y seguridad, medio ambiente, social, seguridad, cadena de suministro, almacenes, servicios en el sitio y costos financieros del sitio) promediarán COP\$13mil p./t de mineral procesado, para un costo total de procesamiento de mineral de COP\$85mil p./t.

3.6.4 Cronograma del proyecto

La etapa o fase de construcción y montaje se sigue estimando para ser desarrollada durante 2,5 años; la operación (explotación y beneficio) se amplía a 13 años; y el abandono, cierre y post cierre se mantiene en 7,5 años.



A continuación, se presenta el cronograma del proyecto, de acuerdo con los cambios o modificaciones presentadas en el estudio, así como en el ANEXOS_DESCRIPCION_CRONOGRAMA_MEIA2:

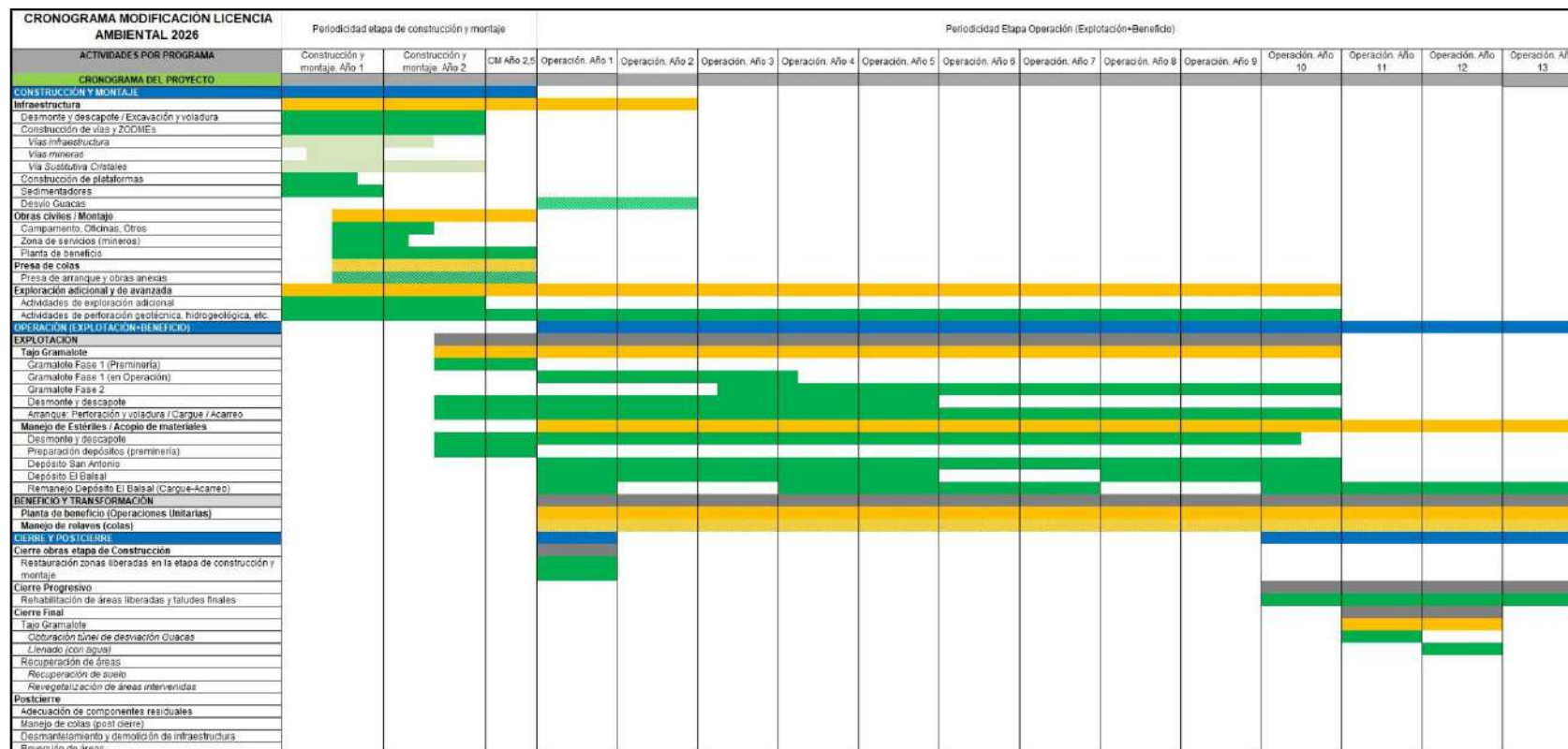


Figura 3.210 Cronograma general del Proyecto Gramalote Construcción y Montaje y Operación

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

CRONOGRAMA MODIFICACIÓN LICENCIA AMBIENTAL 2026	Periodicidad Etapa de Cierre - Post-cierre							
	Cierre. Año 1	Cierre - Postcierre. Año 2	Cierre. Año 3	Cierre. Año 4	Cierre. Año 5	Post-cierre. Año 6	Post-cierre. Año 7	PC. Año 7,5
ACTIVIDADES POR PROGRAMA								
CRONOGRAMA DEL PROYECTO								
CIERRE Y POSTCIERRE								
Cierre obras etapa de Construcción								
Restauración zonas liberadas en la etapa de construcción y montaje								
Cierre Progresivo								
Rehabilitación de áreas liberadas y taludes finales								
Cierre Final								
Tajo Gramalote								
Obtención túnel de desviación Guacas								
Llenado (con agua)								
Recuperación de áreas								
Recuperación de suelo								
Revegetalización de áreas intervenidas								
Postcierre								
Adecuación de componentes residuales								
Manejo de colas (post cierre)								
Desmantelamiento y demolición de infraestructura								
Reversión de áreas								

Figura 3.211 Cronograma general del Proyecto Gramalote Cierre

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2026

3.6.5 Organización del proyecto

3.6.5.1 Marco General de Gestión y Cumplimiento

El Proyecto Minero se desarrollará bajo un esquema organizacional diseñado para garantizar el cumplimiento integral de la normativa ambiental vigente en la República de Colombia, de las obligaciones que se deriven del acto administrativo de otorgamiento de la Licencia Ambiental y de los instrumentos de manejo y control que formen parte del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

La estructura organizacional asegurará la asignación expresa de responsabilidades, la disponibilidad de recursos técnicos y financieros suficientes, la trazabilidad documental y la implementación de mecanismos internos de seguimiento y control que permitan dar cumplimiento oportuno a las obligaciones establecidas por la ANLA, así como atender los requerimientos derivados de visitas de seguimiento, actos administrativos, autos de control y eventuales procesos sancionatorios. En términos generales, la modificación no implica cambios en la estructura organizacional del proyecto.

En el nivel estratégico, el Proyecto contará con una instancia corporativa superior responsable de la supervisión integral del desempeño técnico, ambiental y social, la cual recibirá reportes periódicos sobre el estado de cumplimiento de la Licencia Ambiental, la ejecución del Plan de Manejo Ambiental (PMA) y del Plan de Gestión Social, así como sobre la gestión de riesgos críticos.

La ejecución del Proyecto estará a cargo de una Gerencia General, responsable ante la alta dirección por el cumplimiento de las obligaciones ambientales, sociales y técnicas. Esta Gerencia garantizará la asignación de los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios para la implementación efectiva del PMA y demás instrumentos aprobados por la Autoridad Ambiental.

3.6.5.2 Estructura Técnica y Operativa

Bajo la Gerencia General operará la Dirección del Proyecto, que coordinará las áreas de Ingeniería, Construcción, Planta de Procesamiento, Gestión de Relaves, Abastecimiento y Oficina de Gestión del Proyecto (PMO).

Las áreas técnicas serán responsables de incorporar en sus diseños, especificaciones y actividades constructivas las medidas de manejo ambiental establecidas en el PMA, asegurando que los diseños definitivos reflejen los compromisos adquiridos en el EIA y en el acto administrativo de licenciamiento.

La Dirección de Gestión de Relaves será responsable del diseño, construcción, operación y monitoreo de la presa de colas y estructuras asociadas, garantizando la estabilidad física, química e hidráulica de la instalación durante todas las fases del Proyecto. Esta Dirección implementará sistemas de monitoreo geotécnico, hidrogeológico y estructural, cuyos resultados harán parte de los informes periódicos de cumplimiento ambiental.

La PMO consolidará la información relacionada con cronograma, costos, gestión de riesgos, control documental y cumplimiento de obligaciones, asegurando la trazabilidad de los compromisos adquiridos ante la ANLA.

3.6.5.3 Dirección Ambiental y Social

La gestión ambiental y social del Proyecto estará a cargo de una Dirección Ambiental y Social con dependencia directa de la Gerencia General del Proyecto, lo cual garantiza autonomía técnica y capacidad de control preventivo frente a decisiones constructivas u operativas que puedan generar impactos no previstos o incumplimientos normativos.

Esta Dirección será la instancia formalmente responsable ante la ANLA por:

La implementación integral del Plan de Manejo Ambiental.

La ejecución del Plan de Gestión Social.

El seguimiento a las obligaciones establecidas en la Licencia Ambiental.

La elaboración y radicación de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA).

La atención de visitas de seguimiento, requerimientos y actos administrativos.

La actualización permanente de la matriz de obligaciones ambientales y sociales.

La coordinación de auditorías internas de cumplimiento.

La Dirección Ambiental y Social contará con equipos técnicos especializados en los componentes físico, biótico y socioeconómico, quienes serán responsables de ejecutar los programas de manejo, monitoreo y seguimiento definidos en el PMA, incluyendo, entre otros, manejo de aguas superficiales y subterráneas, control de sedimentos, gestión de residuos, conservación y compensación de biodiversidad, restauración progresiva, gestión del recurso suelo y seguimiento a indicadores sociales.

En materia social, el equipo será responsable del relacionamiento con comunidades del área de influencia, la implementación de mecanismos de participación y comunicación, la gestión de peticiones, quejas, reclamos y sugerencias (PQRS), el seguimiento a compromisos sociales y la gestión predial asociada al Proyecto.

3.6.5.4 Organización por Fases

Durante la fase de construcción, la Dirección Ambiental y Social ejercerá supervisión ambiental permanente en campo, verificando la correcta implementación de las medidas de manejo, realizando monitoreos ambientales conforme a las frecuencias establecidas y reportando oportunamente desviaciones o no conformidades.

En la fase de operación, la estructura organizacional evolucionará hacia un esquema permanente de gestión ambiental y social, garantizando el monitoreo continuo de variables ambientales, el cumplimiento de límites y estándares aplicables, la ejecución de compensaciones ambientales y la consolidación de reportes periódicos ante la ANLA.

Desde la etapa de diseño se integrarán criterios de cierre progresivo, y durante la fase de cierre y abandono se implementará el Plan de Cierre aprobado, incluyendo medidas de estabilización física y química, restauración ecológica, desmantelamiento de infraestructura y seguimiento post-cierre, conforme a lo establecido en la Licencia Ambiental.

3.6.5.5 Mecanismos de Seguimiento y Control

El Proyecto implementará un sistema interno de seguimiento y control que incluirá:

- 1) Matriz de obligaciones ambientales y sociales.
- 2) Indicadores de desempeño ambiental y social.
- 3) Auditorías internas periódicas.
- 4) Sistema de gestión documental para soportar la trazabilidad de cumplimiento.
- 5) Reportes periódicos a la alta dirección y a la ANLA.

Este sistema permitirá identificar oportunamente riesgos de incumplimiento, adoptar medidas correctivas y garantizar la mejora continua en la gestión ambiental y social del Proyecto.

En consecuencia, la organización propuesta asegura que el Proyecto contará con una estructura técnica y administrativa idónea, con asignación clara de responsabilidades y autonomía funcional en materia ambiental y social, garantizando el cumplimiento riguroso de las obligaciones establecidas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales durante las fases de construcción, operación, cierre y abandono.



BIBLIOGRAFÍA

Gramalote, (2025). Programa de Trabajo y Obras Gramalote 2025. Gramalote Colombia Limited.