Anddes Argentina SA
info.argentina@anddes.com
www.anddes.com
Vicente Gil 330
Mendoza, Argentina
T +54 261 696 3989

Ingeniería de Prefactibilidad

Proyecto San Jorge

Análisis de estabilidad PIT

2201.20.01-12-330-21-ITE-002

Revisión 0

Octubre 2024



Preparado para:

Proyecto San Jorge

Rev.	Fecha	Descripción	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Firma del aprobador	Gerente de proyecto
0	03-10-24	Documento final	M.León	E.Alvarez	M.Toledo		M.Corvalán
						IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA	

CUELLO BORIOLO Mario Alberto

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 ALCANCE 1
3.0 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 1
4.0 MARCO GEOLÓGICO 2
4.1 Geología Regional 2
4.2 Geología Local 3
5.0 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS 7
6.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES 7
6.1 Modelos Geotécnicos 7
6.2 Criterios geotécnicos 10
6.3 Criterios sísmicos 11
6.4 Criterios de análisis 11
6.5 Resultados obtenidos 12
7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 14

Figuras

Figura 3.1 Cerro San Jorge 2
Figura 4.1 Geología del sector pit de San Jorge 4
Figura 4.2 Falla en el contacto del cerro 5
Figura 6.1 Vista en Planta – Pit Enriquecido y Pit Sulfuros 8
Figura 6.2 Sección 1 – Pit Enriquecido y Pit Sulfuros 9
Figura 6.3 Sección 2 – Pit Enriquecido y Pit Sulfuros 10

Tablas

Tabla 2.1 Información disponible 1
Tabla 5.1 Parámetros geotécnicos recomendados 7
Tabla 6.1 Parámetros geotécnicos adoptados 10
Tabla 6.2 Criterio de análisis – Factores de seguridad mínimos recomendados 12
Tabla 6.3 Factores de seguridad típicos y criterio de aceptación 12
Tabla 6.4 Análisis de Estabilidad – Factores de seguridad obtenidos 13

Anexo

Anexo A – Análisis de Estabilidad del Pit

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

1.0 INTRODUCCIÓN

Proyecto San Jorge (en adelante PSJ), encargó a Anddes Argentina S.A. (en adelante Anddes) la realización de la Ingeniería de Prefactibilidad del Proyecto Minero San Jorge ubicado en Uspallata, provincia de Mendoza.

2.0 ALCANCE

El presente informe tiene como objetivo mostrar los resultados obtenidos del análisis de estabilidad del Pit del Proyecto Minero San Jorge, en el mismo se tuvieron en cuenta dos superficies, denominadas Superficie Rajo y Superficie Pit Enriquecido.

Para la realización del análisis de estabilidad se realizó una revisión general de la información existente, principalmente de los documentos que se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1
Información disponible

N°	Documento	Autor	Fecha
1	Revisión geotécnica conceptual y recomendaciones de diseño - Proyecto rajo San Jorge	E-Mining Technology SA	Mayo 2008
2	Estudio Estructural del Depósito San Jorge	Gloria Arancibia	Junio 2007
3	Informe Proyecto Concentrador de cobre San Jorge – Reporte técnico de evaluación preliminar	NCL Ingeniería y Construcción S.A.	Junio 2008
4	2201.20.01-12-330-21-ITE-001_R1-Informe Geotécnico	Anddes Argentina S.A.	Junio 2023
5	2201.20.01-12-410-21-ITE-001_R1 - Interpretación sísmica	Anddes Argentina S.A.	Junio 2023

Fuente:
Elaboración Propia

3.0 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto San Jorge se ubica en la Provincia de Mendoza (Argentina), a 110 km al noroeste de la ciudad de Mendoza y 50 km al norte de la localidad de Uspallata.

La topografía del sector del proyecto es plana y suave, con cotas variable entre los 2590 msnm y 2680 msnm correspondiente a la cota superior del cerro San Jorge (Figura 3.1). Las alternativas de rajo propuestas son básicamente tres: Proyecto Enriquecido; Rajo Óxidos y Rajo Sulfuros.

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Figura 3.1
Cerro San Jorge



Fuente:
NCL Ingeniería y Construcción S.A.

4.0 MARCO GEOLÓGICO

Se transcribe a continuación la descripción geológica del Informe Proyecto Concentrador de cobre San Jorge – Reporte técnico de evaluación preliminar, preparada por NCL Ingeniería y Construcción SA (Geol. Brito Mello), para GRD Minproc Limited.y GRD Minproc Ingeniería y Construcción Limitada, junio de 2008.

4.1 Geología Regional

La Propiedad de San Jorge se ubica en la periferia occidental de una estructura regional conocida como el Graben Uspallata-Calingasta-Iglesia, con orientación norte-sur. Al este del graben se encuentra la Precordillera y al oeste la Cordillera Frontal.

Las rocas más antiguas conocidas que afloran en esta área son grauwakas marias, limolitas y pizarras (lutitas) de la edad Devónica, que componen la Formación Ciénaga de Medio.

Sobre yaciendo a los sedimentos de la formación Ciénaga de Medio se encuentra la Formación Yalguaraz de edad Carbonífera. La Formación Yalguaraz se compone de un grupo heterogéneo de litologías que incluye desde pelitas hasta areniscas impuras, cuarcitas, areniscas, conglomerados y brechas intraformacionales. Estos sedimentos fueron plegados y fallados durante el Paleozoico tardío. Los ejes de los pliegues muestran una tendencia norte a sur, mientras que el movimiento del fallamiento se reportó como transcurrente (Williams, 1996).

La actividad intrusiva del Permo-Triásico se localizó a lo largo de los márgenes del graben. Estos intrusivos son característicamente pequeños cuarzo-dioritas porfídicas a afaníticas y diritas a granodioritas que han producido hornfels por el metamorfismo de los sedimentos a lo largo de los contactos. En general las intrusiones no se encuentran mineralizadas. Al oeste, en la Cordillera Frontal, se encuentra una gruesa secuencia de rocas volcánicas félsicas a andesíticas de edad triasica, conocidas como la Formación Choiyoi, en contacto por discordancia angular con la Formación Yalguaraz. Las rocas volcánicas están intruídas por una serie de dikes y stocks hipoabisales contemporáneos.

Durante el período Terciario, el rápido alzamiento Andino de la Cordillera Frontal y de la Pre-Cordillera produjo considerables depósitos aluviales, que parcialmente rellenaron el Graben Uspallata-Calingasta-Iglesia. En las áreas centrales del graben los depósitos aluviales pueden alcanzar grosores de más de 200 m. En algunas áreas estos depósitos son disectados por drenajes más jóvenes.

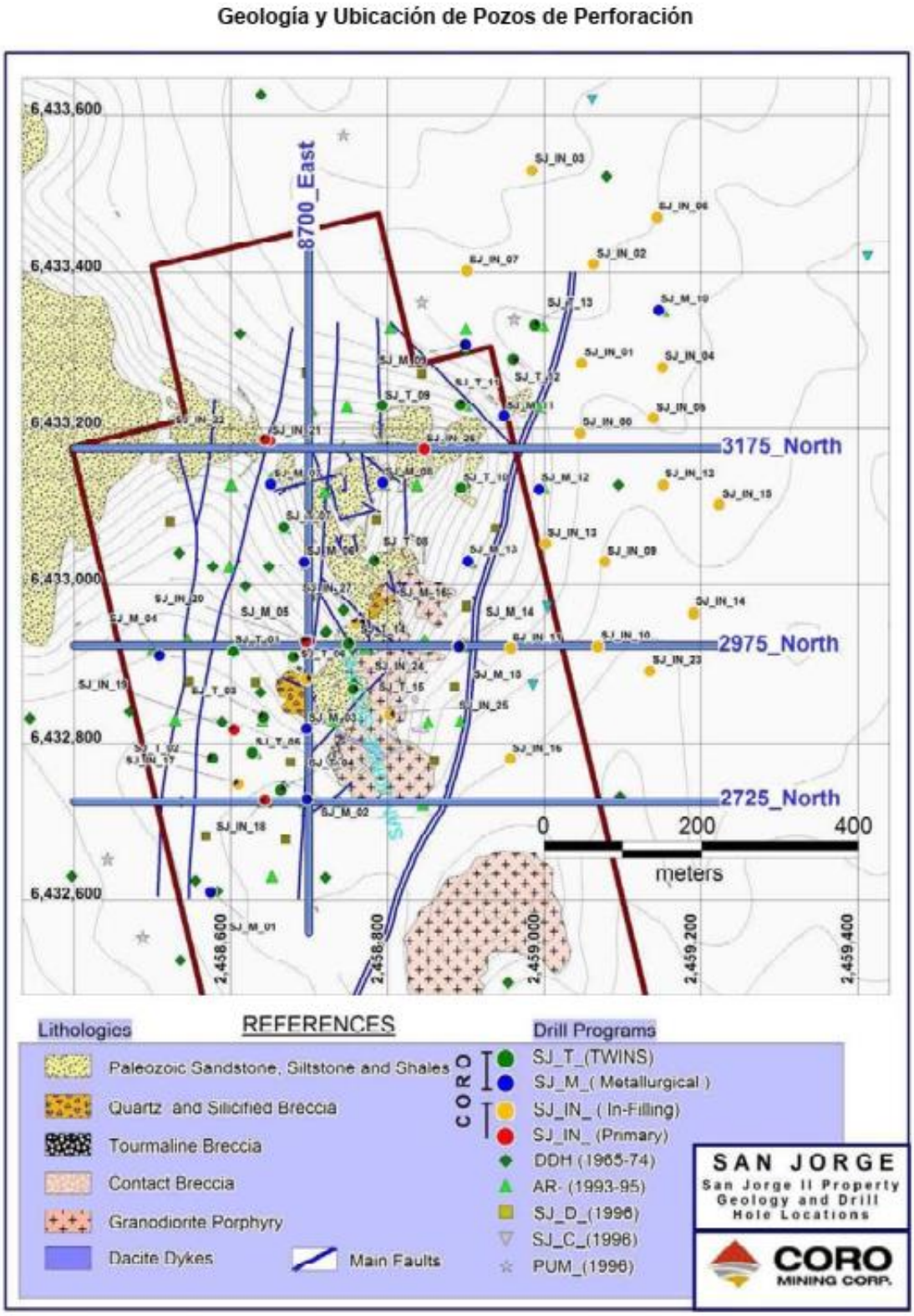
La fábrica estructural de la región es principalmente norte-sur y paralela al graben. También tienen importancia los sistemas de fallas de dirección nor-noroeste, noreste, noroeste y este-oeste. El movimiento Pérmico transcurrente parece haber sido seguido de un período de compresión relacionada con el alzamiento Andino en el Terciario, y finalmente por un régimen tensional que resultó en la formación del graben.

4.2 Geología Local

En San Jorge. Los sedimentos Carboníferos de la Formación Yalguaraz, incluyen (Williams, 1996):

- Conglomerados matriz-soportados, de color gris medio a gris-rojizo.
- Arenitas y sub-arenitas de grano fino a grueso, de clasificación buena a pobre, con estratificación variable de gruesa a fina.
- Areniscas, de color gris a gris-rojizo.
- Limolita gris oscura finamente estratificada pizarras (lutitas) gris-verdes. finamente estratificadas Los sedimentos (Figura 4.1) están instruidos por stocks y diques de granito porfídico y dacitas, de edad Permo-Triásico.

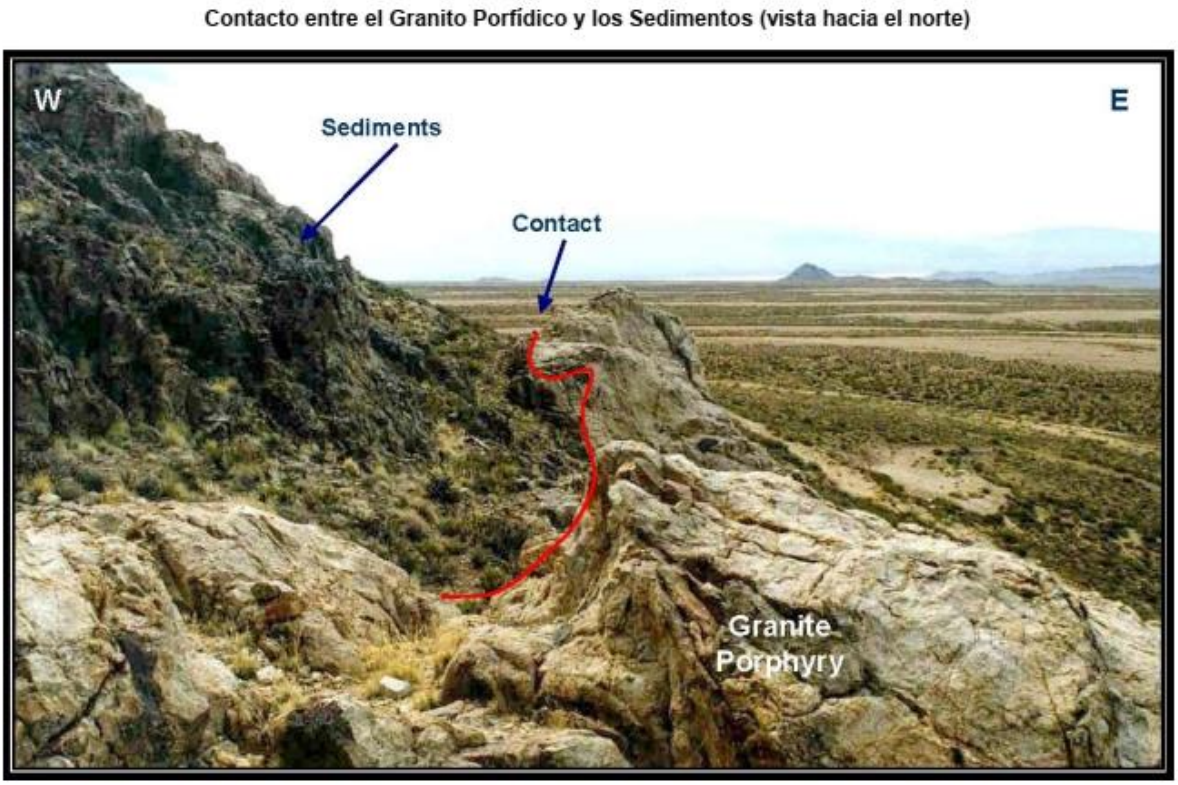
Figura 4.1
Geología del sector pit de San Jorge



Fuente:
NCL Ingeniería y Construcción S.A.

El granito porfídico aflora en el sector sureste del cerro San Jorge (Figura 4.1) formando una lengua en el bloque pendiente de la Falla Gorda, que es una falla mayor de tendencia norte-sur inmediatamente al este del cerro San Jorge. El intrusivo es de un distintivo color gris claro a rosa-gris. La población de fenocristales, que puede llegar a componer hasta un 50% de la masa rocosa, es dominada por plagioclasa con ojos de cuarzo anhedrales a euhedrales, con menor contenido de hornblenda, biotita pseudo – hexagonal y en libros. Los fenocristales son típicamente de grano grueso, variando en tamaño de 1,5 mm a 6 mm, con una dimensión promedio de 4 mm.

Figura 4.2
Falla en el contacto del cerro



Fuente:
NCL Ingeniería y Construcción S.A.

El contacto con los sedimentos es casi vertical e irregular, con brechas, fracturas y vetilleo. La brecha de contacto es observada a lo largo del contacto noroeste del granito porfídico, dónde hay un contacto tajante.

La brecha de contacto es de color pálido y se compone de clastos angulosos de rocas sedimentarias silicificadas e ígneas, en una matriz silícea, que puede contener menor turmalina.

Se ha observado la dacita porfídica en pozos de perforación en los sectores al suroeste y noreste del depósito, en forma de diques atravesando tanto el granito porfídico, como los sedimentos. Las intrusiones de dacita se pueden distinguir del granito porfídico por su color gris claro a medio, grano más fino, y matriz más máfica. Los fenocristales consisten en

plagioclasas sub-euhdrales a euhedrales de tamaño de hasta 8 mm, y ojos de cuarzo y cristales euhedrales pseudo-hexagonales de biotita en forma de libros.

Una unidad andesítica con estructuras de flujo se ha identificado en los estudios petrográficos, pero fue incluida en el grupo de la dacita porfídica (Williams, 1996).

En el área sur de la propiedad un dique de dacita de alrededor de 150 m de largo y entre 3 a 6 m de ancho, instruye tanto al stock de granito porfídico, como los sedimentos. Esta intrusión es caracterizada por feldespato grueso y fenocristales de biotita. Brechas de turmalina ocurren en pequeños afloramientos esparcidos a lo largo del perímetro occidental del granito porfídico. Dichas brechas son dominantemente del tipo “crackle Breccia” o brecha de fracturamiento a ocasionalmente brechas en mosaico, y consiste de clastos de sedimentos sub-angulares a angulares dentro de una matriz de turmalina-cuarzo. Los sedimentos están suavemente plegados alrededor del eje de un monoclinal. El plano axial del monoclinal se orienta N35ºE, y mantea entre 15º a 40º al oeste. Adicionalmente, en la parte norte de la zona de afloramientos, ocurren pliegues congruentes menores, abiertos y con buzamientos hacia el Sur, con amplitudes de menos de 3 m.

Las principales estructuras de fallas se orientan al norte-sur y nor-noreste (Figura 4.1), mientras las estructuras secundarias tienen un rumbo al noroeste y este-noroeste. El desplazamiento neto de la falla es normal y se considera que ha precedido cualquier movimiento de rumbo e inverso. Las principales fallas en este grupo son:

- Falla Gorda, que es considerada la estructura más importante en la Propiedad. La falla no aflora, pero se infiere de los pozos de perforación que se orienta al norte-sur a nor-noreste y con un manteo de 15º a 30º al oeste. La estructura es difícil de rastrear con algún grado de confianza y el sentido de movimiento sigue siendo desconocido.
- Falla Raya Roja, que se ha observado en afloramientos y sondajes, se orienta N5ºE con un abrupto manteo al oeste. Se postula que la falla es del tipo normal con un desplazamiento vertical del bloque oeste de 20 m. La falla se caracteriza por una zona de brechización de 1 m de ancho y un halo fracturado de 2 m de ancho.
- Falla Flaca, que es principalmente inferida de los pozos de perforación, y es difícil de rastrear en afloramiento. La falla es descrita como una falla normal con un desplazamiento de 25 m (Williams, 1996).
- Falla Portazuelo, que se sabe ocurre al noroeste de la zona mineralizada de San Jorge, y al sur del área de afloramientos. La falla se define principalmente por pozos de perforación y ocurre como dos segmentos; uno orientado al norte, y el otro al nor-noroeste. Ambos segmentos poseen un buzamiento sub-vertical hacia el este. La falla es tipificada por un diaclasamiento de corto espaciamiento.

Se han identificado varias otras zonas de fallas en los pozos de perforación, y pueden ser rastreadas a la superficie donde aparecen como zonas de brechas de hasta 3 m de ancho. El enrejado de vetillas o “stockwork” mineralizado en el sistema San Jorge es mucho más fuerte y mejor desarrollado dentro de los sedimentos, que en el pórfido granítico. Dentro de la secuencia sedimentaria la densidad de las vetillas decrece desde las areniscas, a los conglomerados, a las limolitas y finalmente a las pizarras (lutitas).

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

5.0 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS

Para la verificación de las condiciones de estabilidad de los taludes del pit, en base a la descripción geológica se trata de rocas del tipo sedimentaria, de la que no se han desarrollado ensayos específicos para la determinación de los parámetros geomecánicos, por lo que se adoptan los siguientes valores de la tabla valores de las propiedades típicos de la roca (*Rock slope engineering, Hoek y Bray*).

Tabla 5.1
Parámetros geotécnicos recomendados

Material	Angulo de fricción interna	Cohesión
Hard sedimentary rock	35° a 45	1.000 kPa a 3.000 kPa
Soft sedimentary rock	25° a 35	1.000 kPa a 2.000 kPa

Fuente:
Rock slope engineering, Hoek y Bray diseño de pit

En la instancia de Ingeniería de prefactibilidad fueron diseñados en principio tres open pit para el Proyecto San Jorge, denominados Pit Enriquecido, Pit Óxido y Pit Sulfuro.

El Pit Enriquecido se encuentra, como se puede observar en la Figura 6.1, en la parte central del Pit Sulfuro y Pit Óxido, con profundidades máximas de 110 m, a 2480 msnm. Del segundo mencionado, el Pit Óxido no se contaba con planos, o información suficiente para realizar el modelado del mismo, por lo que no se consideró para este estudio, pero según se pudo observar en algunos perfiles existentes en la información recabada, los taludes tenían similares pendientes a los considerados en el Pit Enriquecido, pero para un análisis posterior más exhaustivo deberá contarse con la información necesaria para poder realizar un análisis de estabilidad propio para sus taludes.

En el caso del Pit Sulfuro, sus taludes se extienden hasta cerca de los 2200 msnm, logrando taludes de hasta 420 m de altura, y es el más extenso, además, en superficie como se puede observar en la Figura 6.1.

6.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

6.1 Modelos Geotécnicos

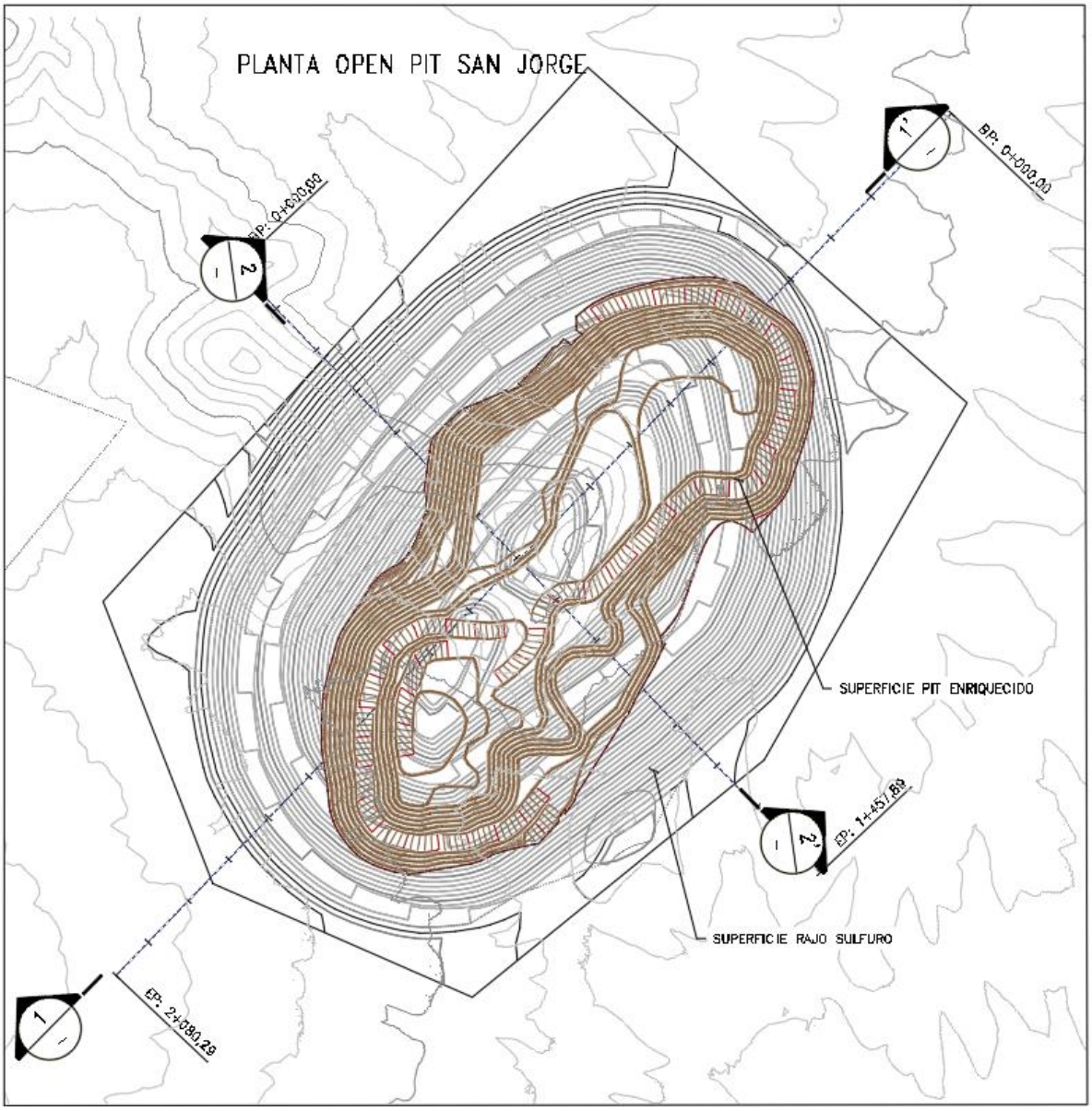
Para llevar a cabo los análisis de estabilidad de taludes se utilizó el software Slide® desarrollado por la empresa RocScience.

El análisis de estabilidad de taludes se realizó por el método de Spencer (1967), que es un método de equilibrio límite bidimensional, el que consiste en dividir el talud arriba de cualquier superficie potencial de deslizamiento en varias dovelas verticales paralelas, para luego analizar las fuerzas y momentos de cada dovela separadamente, determinando, mediante la relación entre las fuerzas estabilizantes y deslizantes, el factor de seguridad. Este método es una técnica denominada rigurosa, al igual que el método GLE/Morgenstern-Price, en la que se puede tener en cuenta la no homogeneidad de los estratos de suelos y la presión del agua de poros; así como también toma en cuenta el esfuerzo normal a lo largo de la superficie potencial de falla.

Además, en la realización de este estudio se ha considerado solo superficies de fallas circulares, teniendo en cuenta que es el tipo de falla de taludes más común en este tipo de construcciones acorde a extensas investigaciones. Además, no se han identificado estratos débiles por debajo del nivel del pit o bien la presencia de taludes demasiado verticales que requieran analizar superficies de falla planas o no circulares.

En base al diseño del pit enriquecido y del pit de sulfuros, se definieron una serie de secciones críticas con el fin de obtener escenarios que sean lo más representativos y desfavorables de los distintos taludes. La ubicación de las secciones para la verificación de la estabilidad se puede observar en la Figura 6.1.

Figura 6.1
Vista en Planta – Pit Enriquecido y Pit Sulfuros

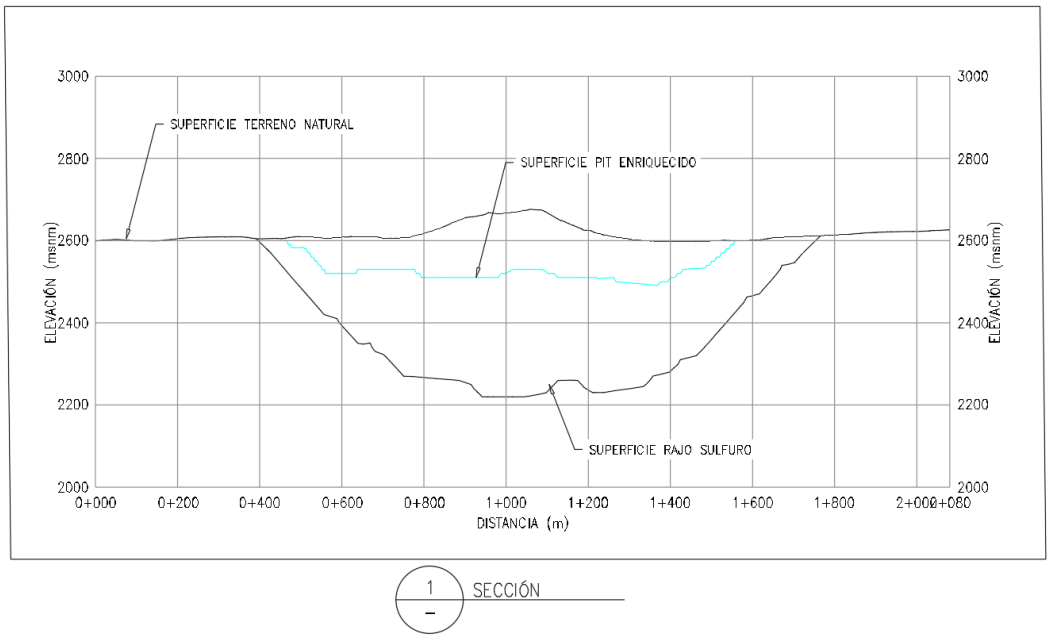


Fuente:
Elaboración Propia

Para la verificación de la estabilidad pseudo estática se han considerado dos escenarios de análisis dependiendo del periodo del proyecto: pseudo estático en etapa de operación y pseudo estático en etapa de cierre. Estos escenarios difieren en cuanto al marco de solicitación, de acuerdo a las recomendaciones internacionales.

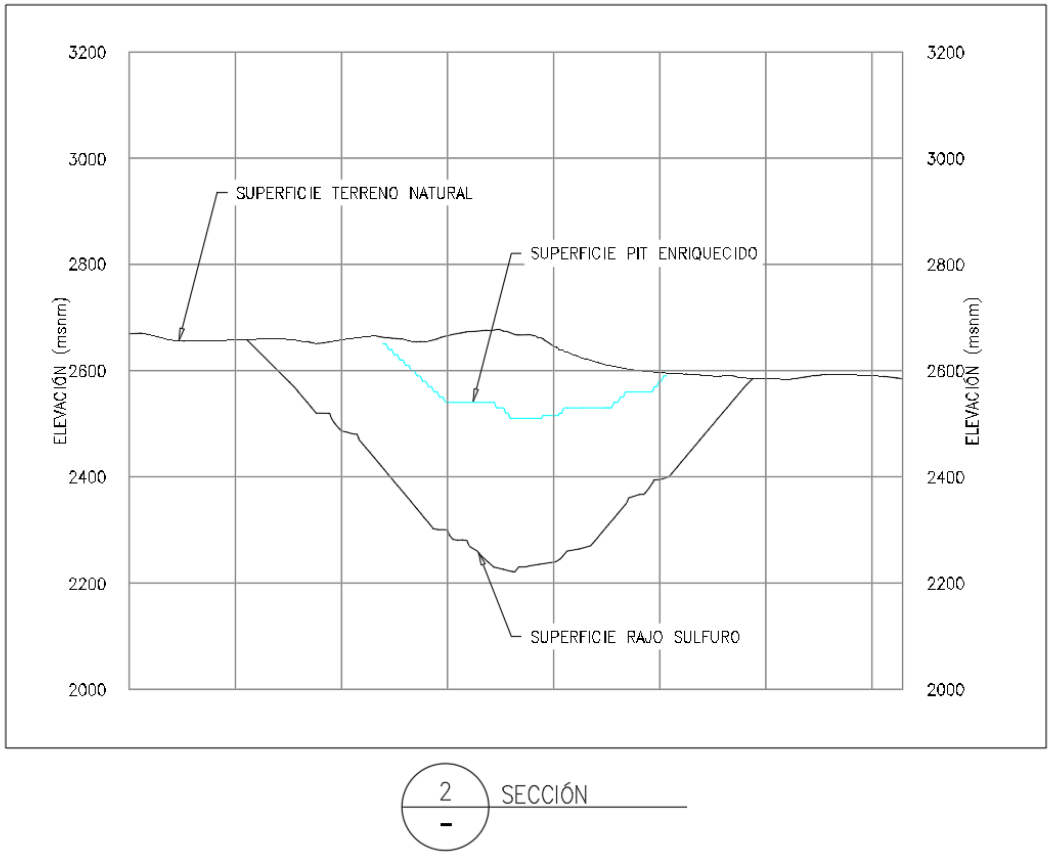
En las figuras a continuación, se muestran las secciones analizadas de los distintos depósitos.

Figura 6.2
Sección 1 – Pit Enriquecido y Pit Sulfuros



Fuente:
Elaboración Propia

Figura 6.3
Sección 2 – Pit Enriquecido y Pit Sulfuros



Fuente:
Elaboración Propia

6.2 Criterios geotécnicos

Para efectuar la verificación de la estabilidad de las secciones de los depósitos, se han adoptado parámetros geotécnicos basándose en los documentos antecedentes, y según lo mencionado anteriormente.

A continuación, en la Tabla 6.1 se resumen los parámetros adoptados para cada depósito analizado.

Tabla 6.1
Parámetros geotécnicos adoptados

Material	ID	γ_h kN/m³	Modelo de Resistencia	C (kPa)	Ø (°)
Soft Sedimentary Rock		20	Mohr-Coulomb	1000	25

Fuente:
Elaboración Propia

6.3 Criterios sísmicos

El enfoque que se sigue para evaluar la estabilidad sísmica de un talud corresponde al análisis pseudo estático, en el que las fuerzas provocadas por la agitación sísmica son simplificadas por una fuerza estática, la cual es producto del peso de la masa deslizante supuesta por un coeficiente sísmico K (Fs=K*Wdeslizante), que corresponde a una fracción de la aceleración de gravedad.[1] El valor de esta fracción depende básicamente de la aceleración pico del terreno (APT) y de la duración de la agitación sísmica. Por lo tanto, el coeficiente sísmico K puede expresarse:

$$K = \alpha \times \mathrm{APT}/g$$

Donde:

- α: es una fracción de la aceleración sísmica, que acorde a la bibliografía y buenas prácticas de la mecánica de suelos y rocas puede adoptar valores entre 1/3 a 2/3, teniendo en consideración que los taludes no son cuerpos rígidos y que las aceleraciones máximas actuaran por lapsos muy breves.
- APT, es la aceleración pico del terreno que se adopta en función de la clasificación de la presa y los estudios de peligrosidad sísmica.

Para los análisis de estabilidad pseudo estáticos realizados en este estudio, tanto para las secciones correspondientes pit enriquecido como al pit sulfuros, se han aplicado coeficientes sísmicos horizontales en base a los documentos de análisis de estabilidad del depósito de colas realizado por Vector (2008) y del informe de geotecnia conceptual de escombreras realizado también por Vector (2009). De esta forma, se ha adoptado para el escenario pseudo estático de etapa de operación un coeficiente sísmico K_h=0,175 y para el escenario pseudo estático de etapa de cierre un coeficiente sísmico K_h=0,23.

6.4 Criterios de análisis

Conceptualmente, si las fuerzas que equilibran la cuña de suelo son iguales o mayores que las fuerzas que desequilibran la misma, es decir con factores de seguridad (FS) iguales o mayores a 1, el talud es estable. Sin embargo, las distintas normas existentes recomiendan valores superiores para condiciones estáticas teniendo en cuenta que la estabilidad sísmica de un talud está fuertemente influida por la estabilidad estática (si estáticamente el talud está muy próximo al equilibrio, es decir que el FS es igual a 1 o apenas superior, será inestable con reducidas acciones sísmicas).

---

[1] El Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (USACE, por sus siglas en inglés) en su regulación de Ingeniería ER-1110-2-1806 recomienda adoptar un α = 2/3;

Terzaghi (1950) sugiere adoptar para sismos severos (Rossi – Forel IX) α = 0,1 / para sismos violentos - destructivos (Rossi – Forel X) α = 0,2 / sismos catastróficos (Rossi – Forel > X) α = 0,5.

Hynes-Griffin y Franklin (1984) sugieren que para un desplazamiento máximo de la cuña deslizante de 30 cm se debe usar un α entre 1/3 y 2/3;

Franklin (1984) sobre la base del método de Newmark sugiere adoptar α = 0,5 para asegurar que con FS = 1,0 los desplazamientos no son “peligrosamente grandes”.

En la Tabla 6.2 a continuación, se presentan los factores de seguridad mínimos establecidos por la *Canadian Dam Association* CDA (2014), los cuales se han adoptado para verificar los análisis de estabilidad realizados.

Tabla 6.2
Criterio de análisis – Factores de seguridad mínimos recomendados

Condición de carga		Factor de seguridad mínimo recomendado	Talud
Estático	Durante o al final de la construcción	> 1,3 – dependiendo de la evaluación del riesgo durante la construcción	Aguas abajo
	Largo plazo (estado de equilibrio, nivel normal del nivel de agua)	1,5	Aguas abajo
	Descenso parcial o completo del nivel de agua	1,2 a 1,3	Talud aguas arriba donde sea aplicable
Pseudo estático		1,0	Donde sea aplicable
Post sísmico		1,2	Donde sea aplicable

Fuente:
CDA (2014)

Otra referencia, en cuanto a los factores de seguridad a adoptar, son propuestos por Read & Stacey (*Guidelines for open pit slope design,* 2010) en el que se advierte que el factor de seguridad puede encontrase en el rango de diferentes ambientes operativos, es decir instalaciones que puedan ser afectadas por un desprendimiento. En la Tabla 6.3 se detallan los factores.

Tabla 6.3
Factores de seguridad típicos y criterio de aceptación

		Acceptance criteria[a]		
Slope scale	Consequences of failure	FoS (min) (static)	FoS (min) (dynamic)	PoF (max) P[FoS ≤ 1]
Bench	Low–high[b]	1.1	NA	25–50%
Inter-ramp	Low	1.15–1.2	1.0	25%
	Moderate	1.2	1.0	20%
	High	1.2–1.3	1.1	10%
Overall	Low	1.2–1.3	1.0	15–20%
	Moderate	1.3	1.05	10%
	High	1.3–1.5	1.1	5%

a: Needs to meet all acceptance criteria
b: Semi-quantitatively evaluated, see Figure 13.9

Fuente:
Read & Stacey, 2010

6.5 Resultados obtenidos

En la Tabla 6.4 a continuación, se resumen los factores de seguridad obtenidos en las secciones analizadas del pit enriquecido y del pit sulfuro, tanto para condiciones estáticas como para pseudo estáticas en operación y cierre. Además, se indican los factores de seguridad mínimos recomendados por la CDA (2014).

Tabla 6.4
Análisis de Estabilidad – Factores de seguridad obtenidos

Pit	Sección	Condición	FS obtenido	FS min
Pit Sulfuros	1	Estático	2,0	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación – DI	1,6	1,0
		Pseudo estático – Etapa operación – ID	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre – DI	1,5	1,2
		Pseudo estático – Etapa cierre – ID	1,5	1,2
	2	Estático	1,9	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación – DI	1,4	1,0
		Pseudo estático – Etapa operación – ID	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre – DI	1,3	1,2
		Pseudo estático – Etapa cierre – ID	1,5	1,2
Pit Enriquecido	1	Estático	5,0	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación – DI	3,7	1,0
		Pseudo estático – Etapa operación – ID	3,2	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre – DI	3,4	1,2
		Pseudo estático – Etapa cierre – ID	2,8	1,2
	2	Estático	3,9	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación – DI	2,7	1,0
		Pseudo estático – Etapa operación – ID	3,9	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre – DI	2,4	1,2
		Pseudo estático – Etapa cierre – ID	3,4	1,2

Fuente:
Elaboración propia.

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó el análisis de estabilidad del pit enriquecido y del pit sulfuro a partir de los diseños propuestos. Los parámetros geotécnicos y criterios sísmicos se adoptaron de antecedentes para la realización de este análisis, ya que no se cuenta con información actualizada sobre la peligrosidad sísmica de la zona en estudio y tampoco se cuenta con una caracterización apropiada del macizo rocoso y de los demás materiales superficiales, por falta de ejecución de ensayos de los mismos.

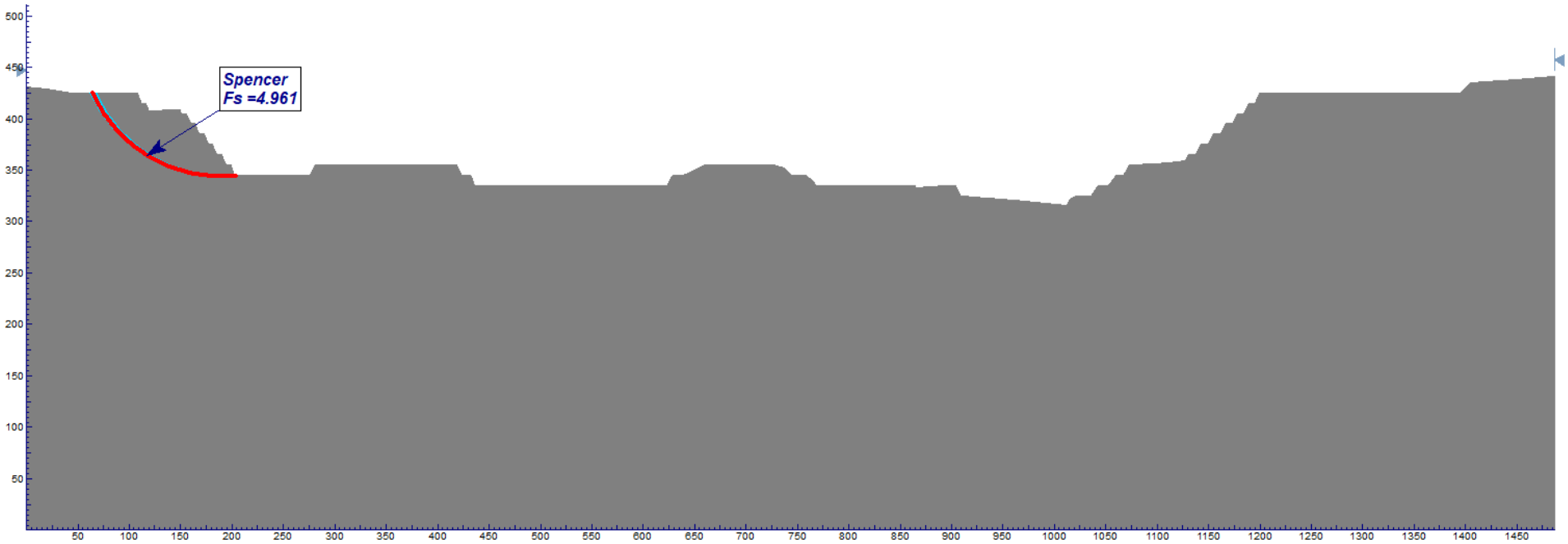
En una instancia de ingeniería de detalle se deberán realizar estudios in situ y ensayos de laboratorio para determinar los parámetros geotécnicos de los materiales que componen las diferentes estructuras y llevar a cabo los correspondientes análisis de estabilidad.

Para futuras etapas de la ingeniería se deberá realizar una caracterización profunda del macizo rocoso, conociendo los sistemas de discontinuidades y fallas presentes en el mismo, buscando conocer la orientación y características de las mismas, principalmente en las zonas donde existirán los taludes más extensos según los diseños definitivos de los pit.

Adicionalmente, en las campañas geológicas y geotécnicas que deberán realizarse, se deberá estudiar la presencia de agua en la superficie de estudio y sus profundidades. Esto ya que la misma podría afectar posteriormente la estabilidad de los taludes estudiados (o nuevos taludes que se estudien), pudiendo generar presión de poros que afectarían o incluso podrían originar nuevas discontinuidades disminuyendo la resistencia del macizo rocoso.

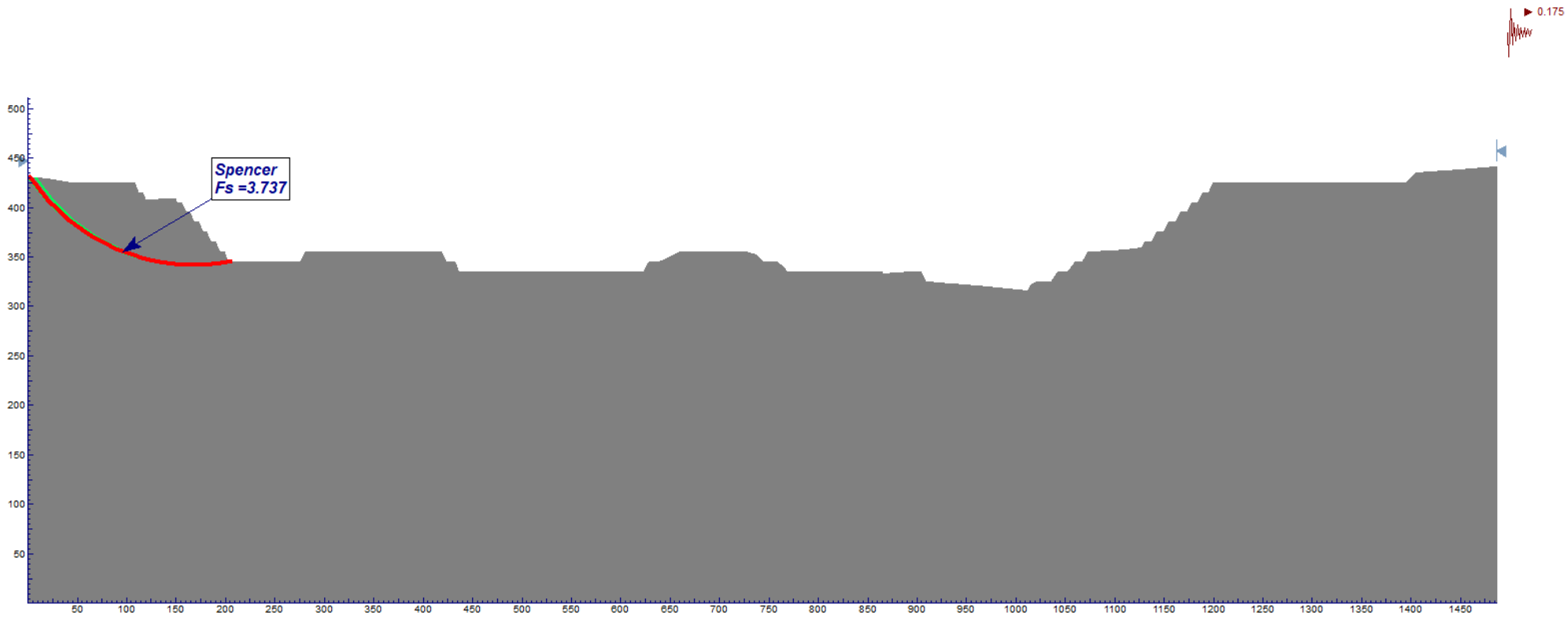
Los factores de seguridad obtenidos del análisis de estabilidad son mayores que los mínimos recomendados por la CDA (2014), es decir que las estructuras diseñadas son estables según los criterios establecidos por la *Canadian Dam Association*.

Anexo A - Análisis de Estabilidad del Pit



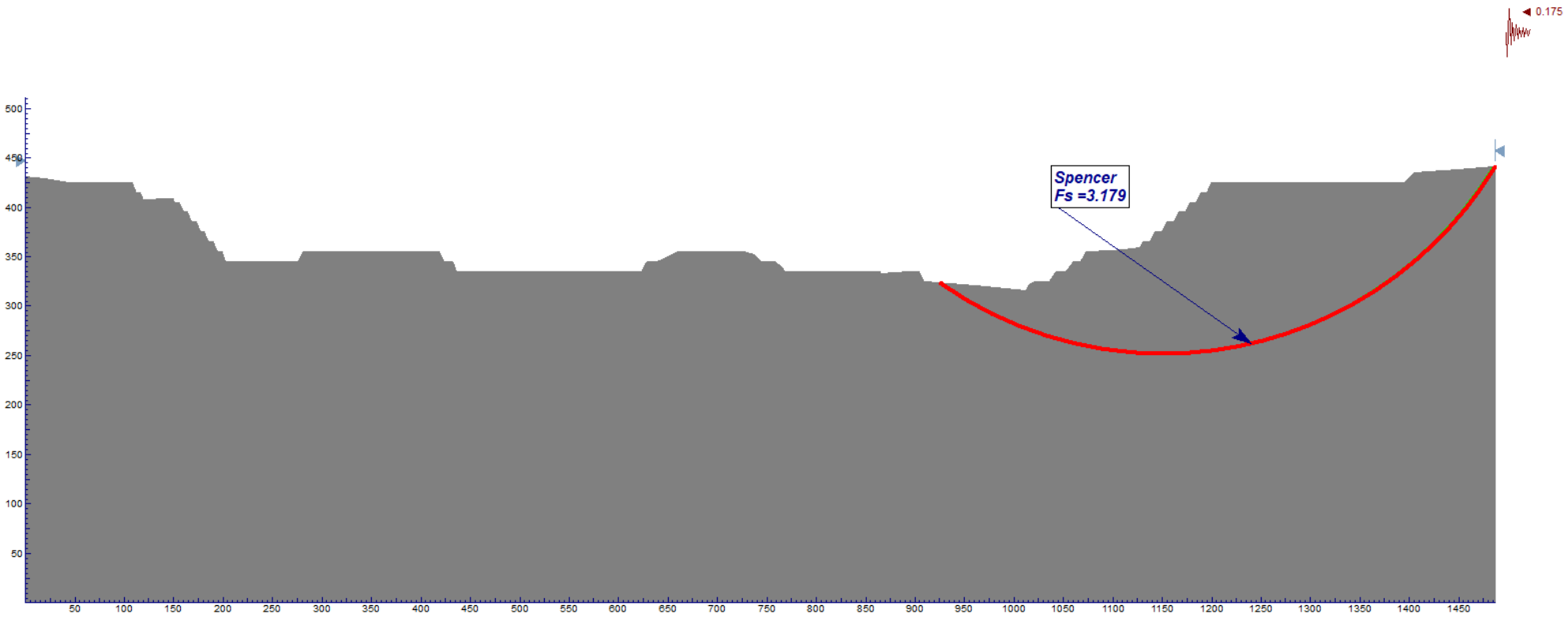
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT ENRIQUECIDO - ESTÁTICO
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



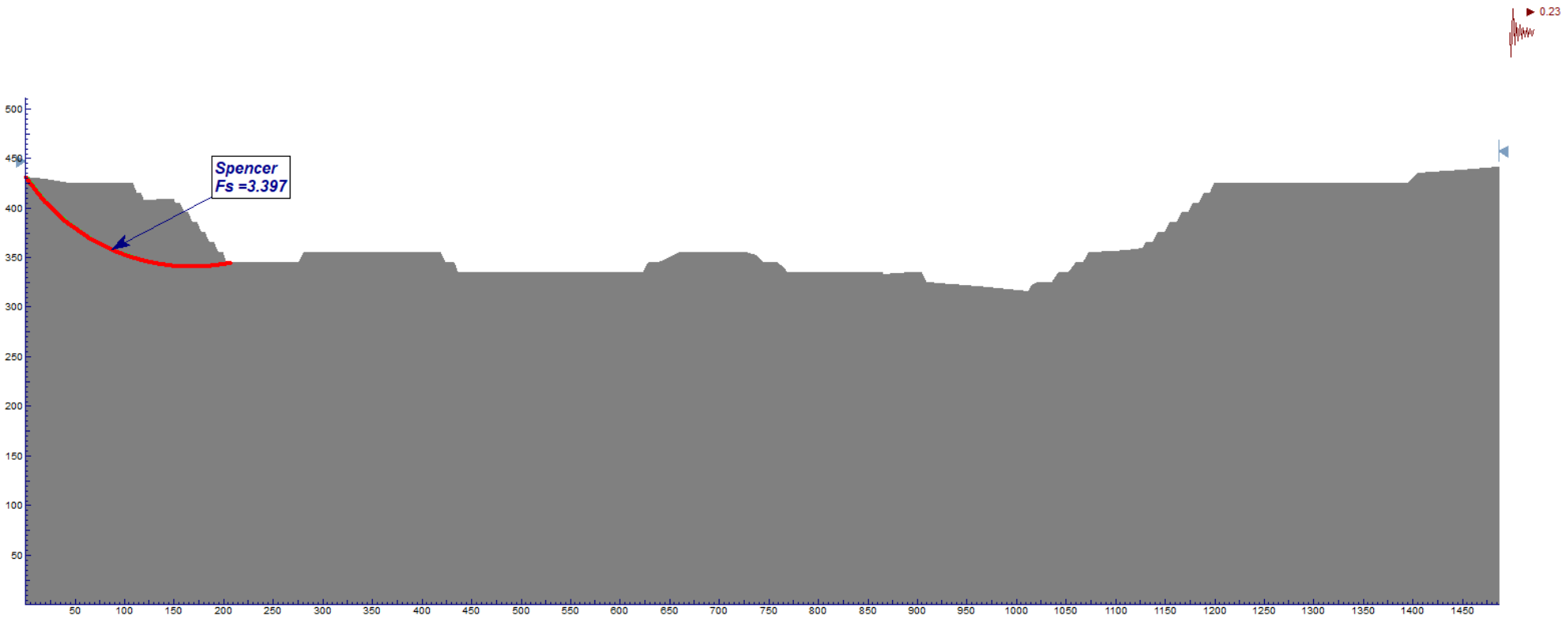
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



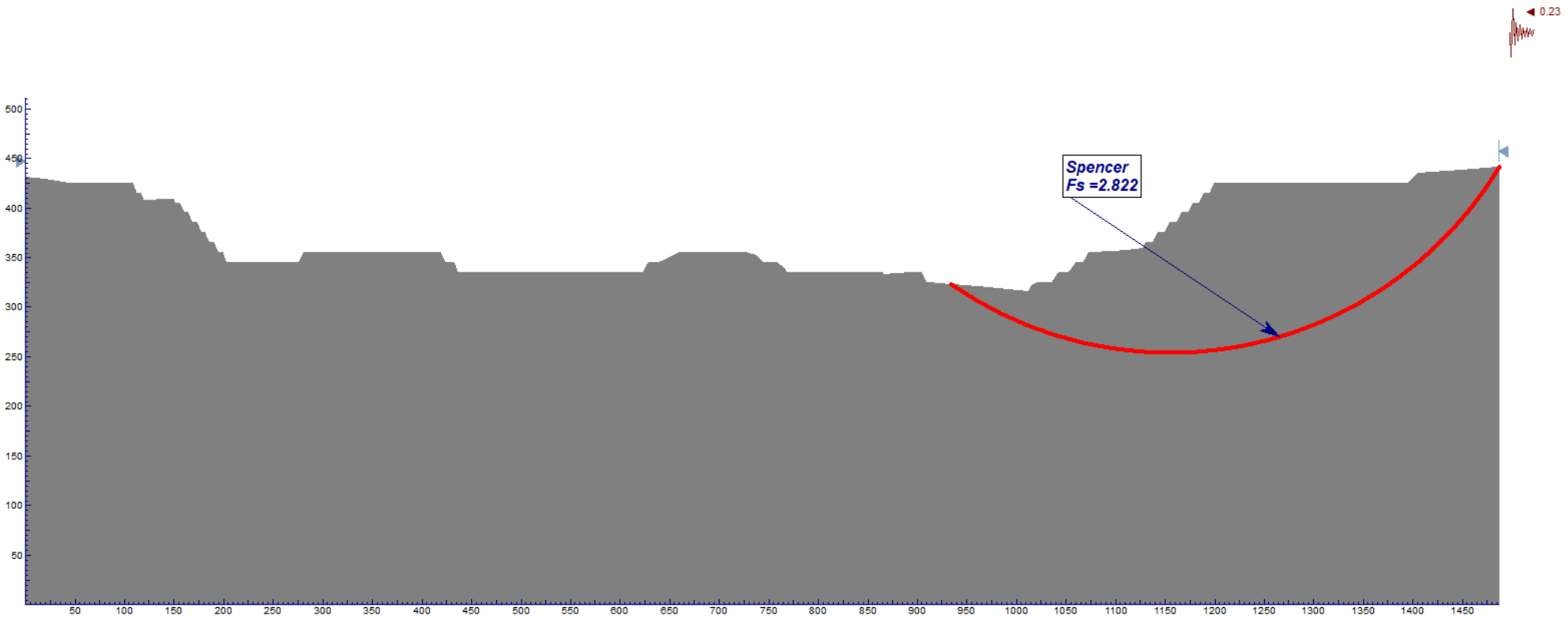
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



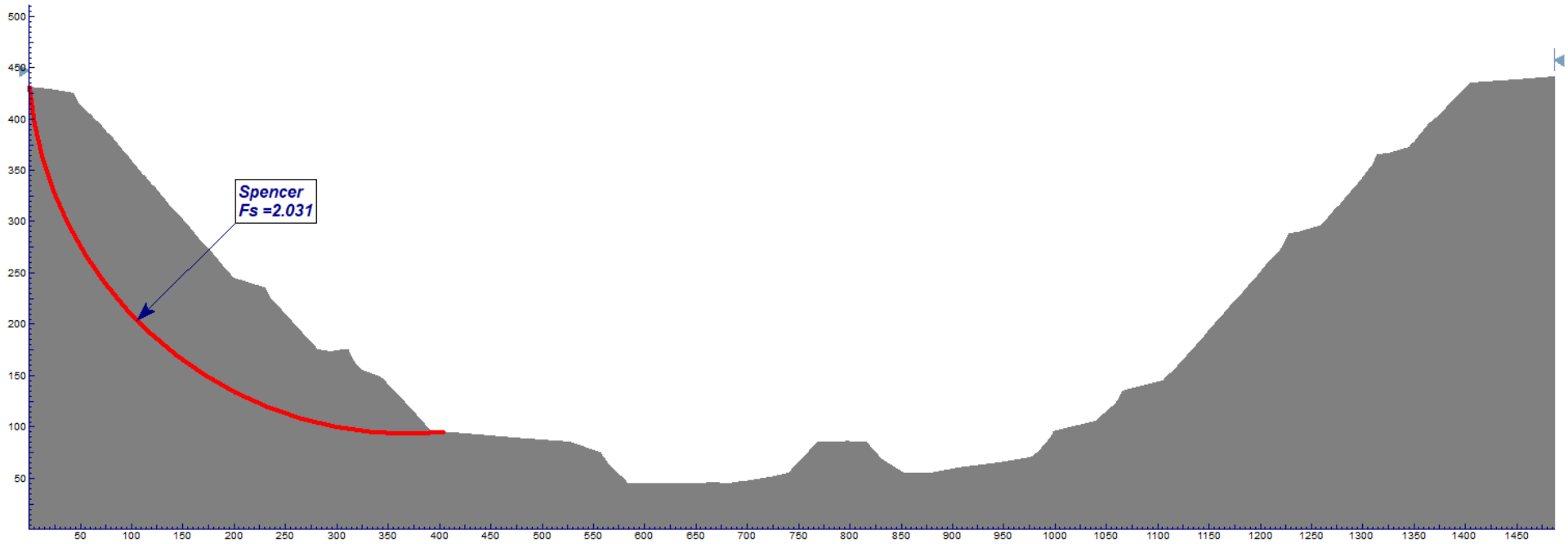
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



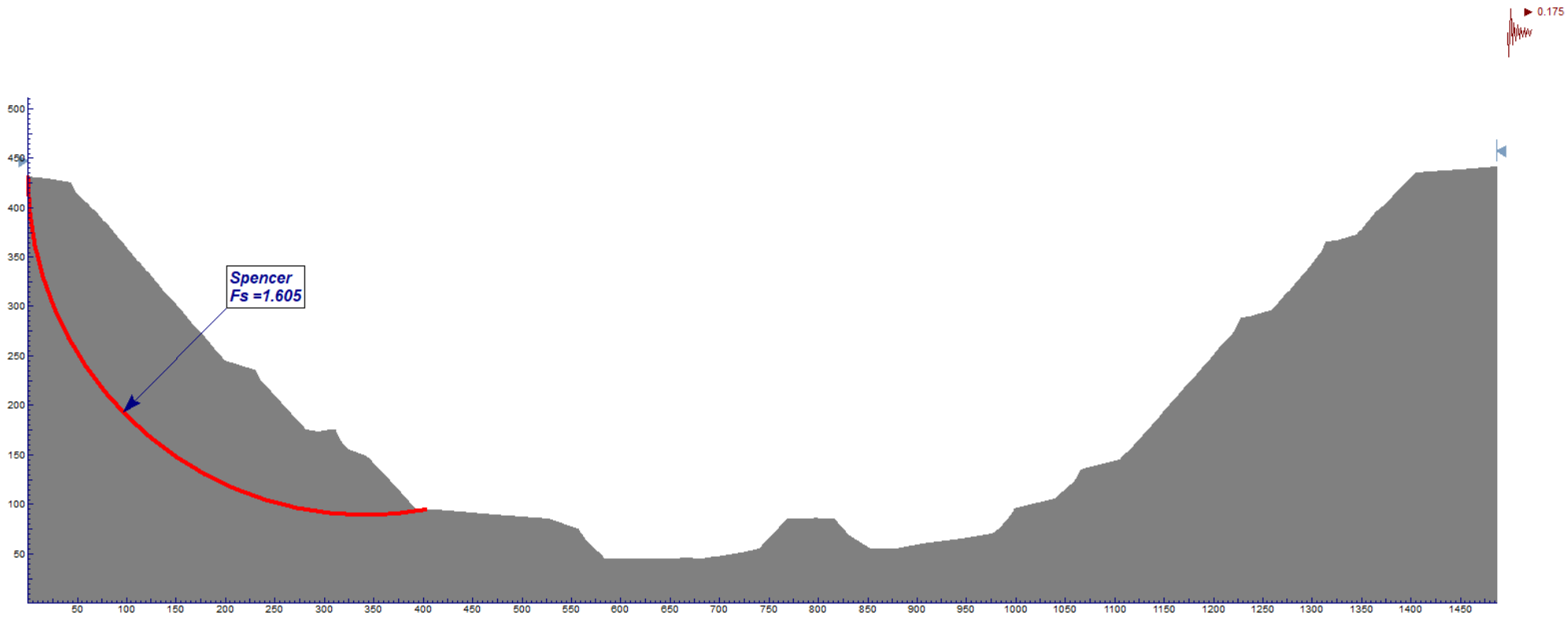
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



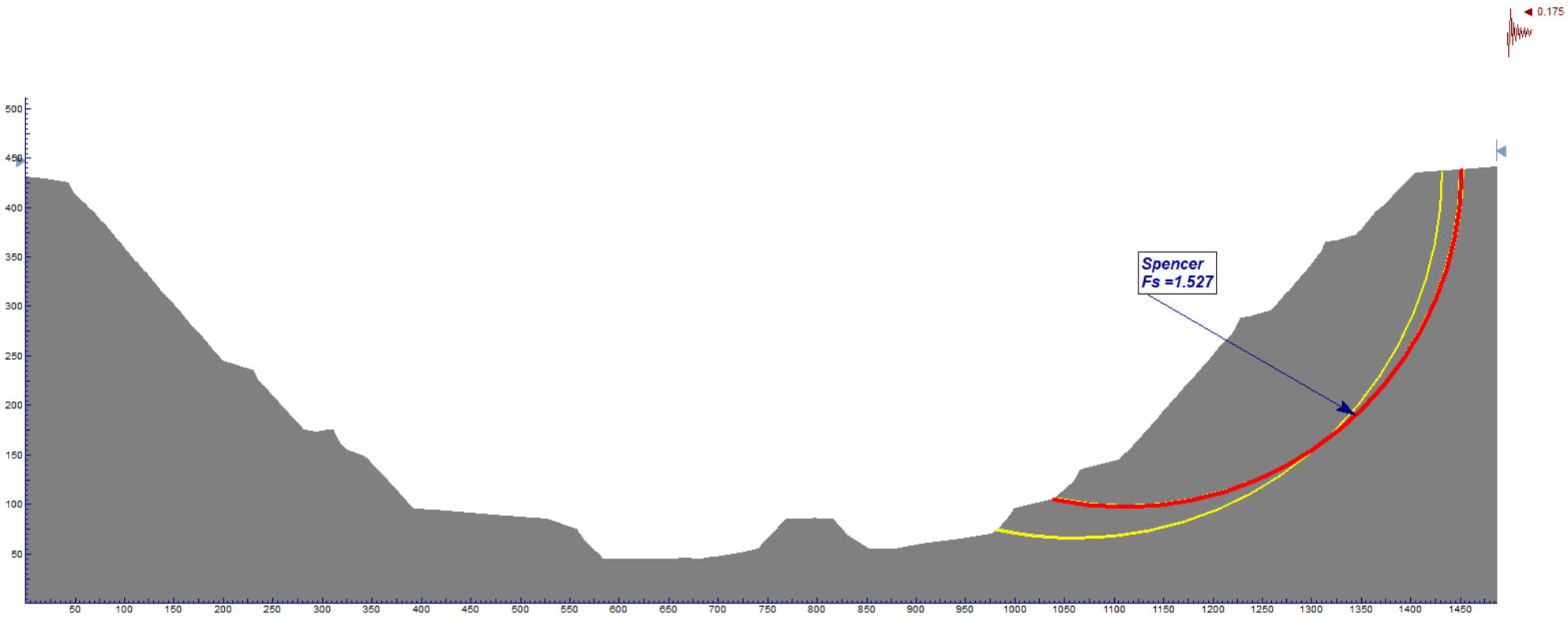
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT SULFUROS - ESTÁTICO
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



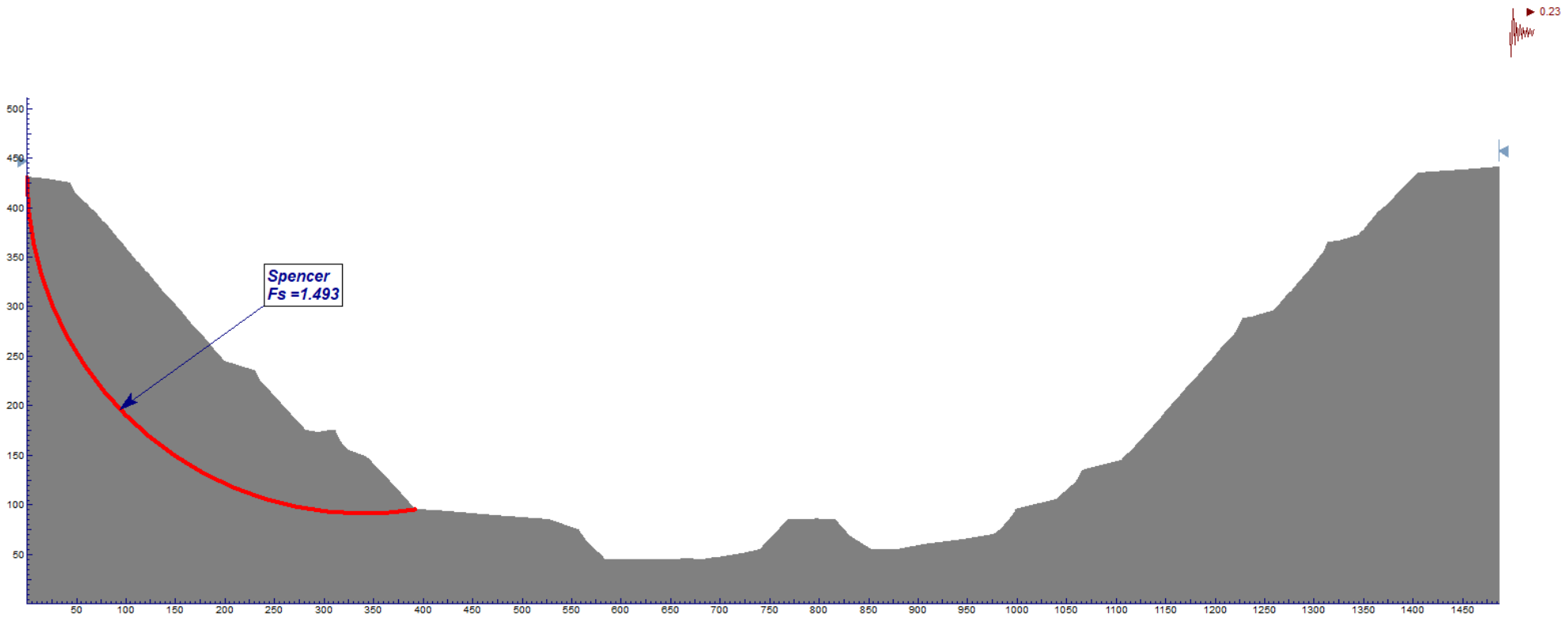
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



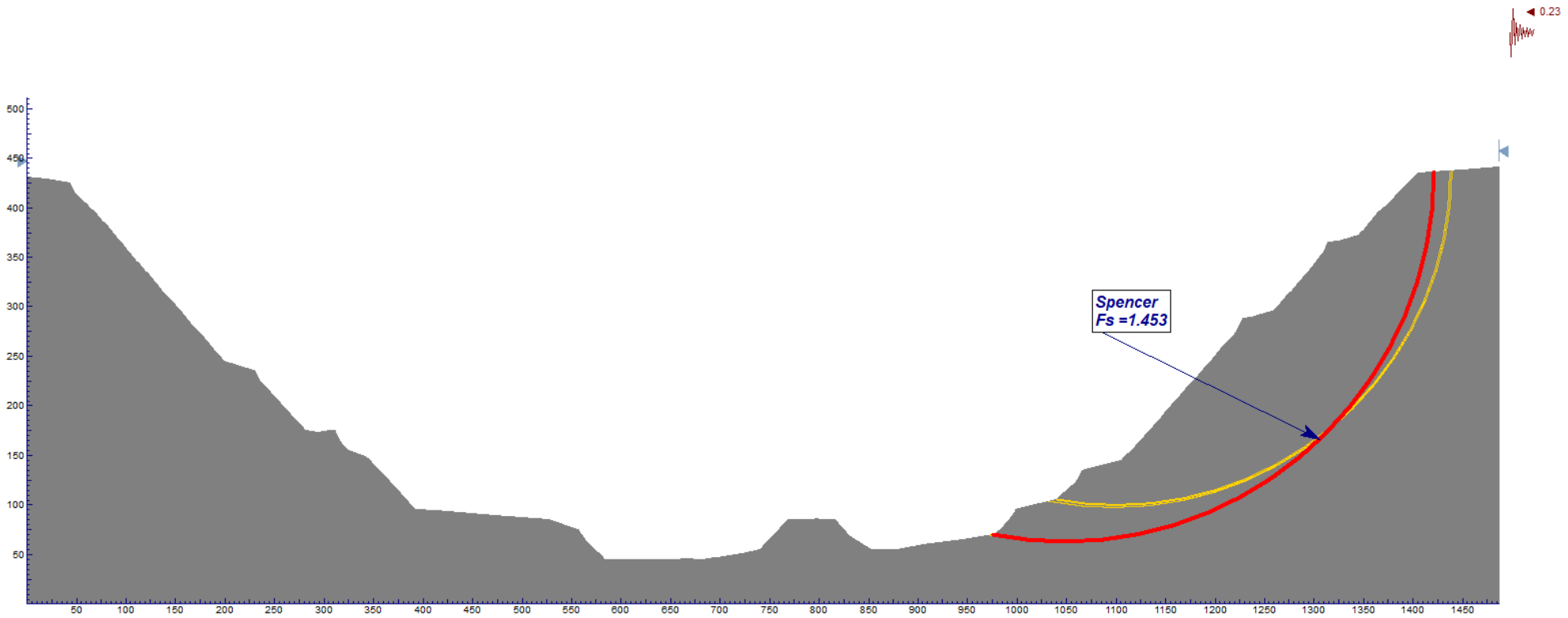
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



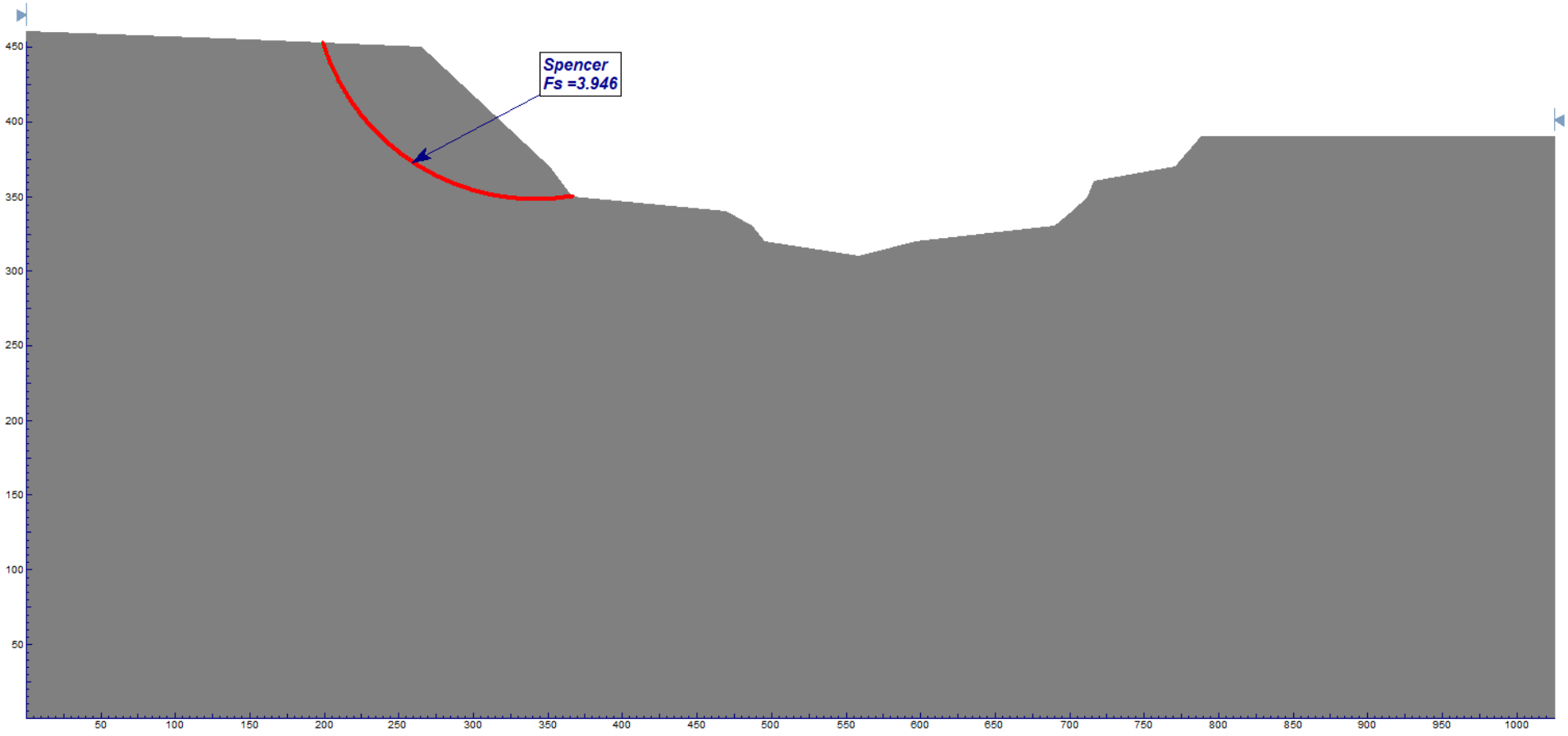
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



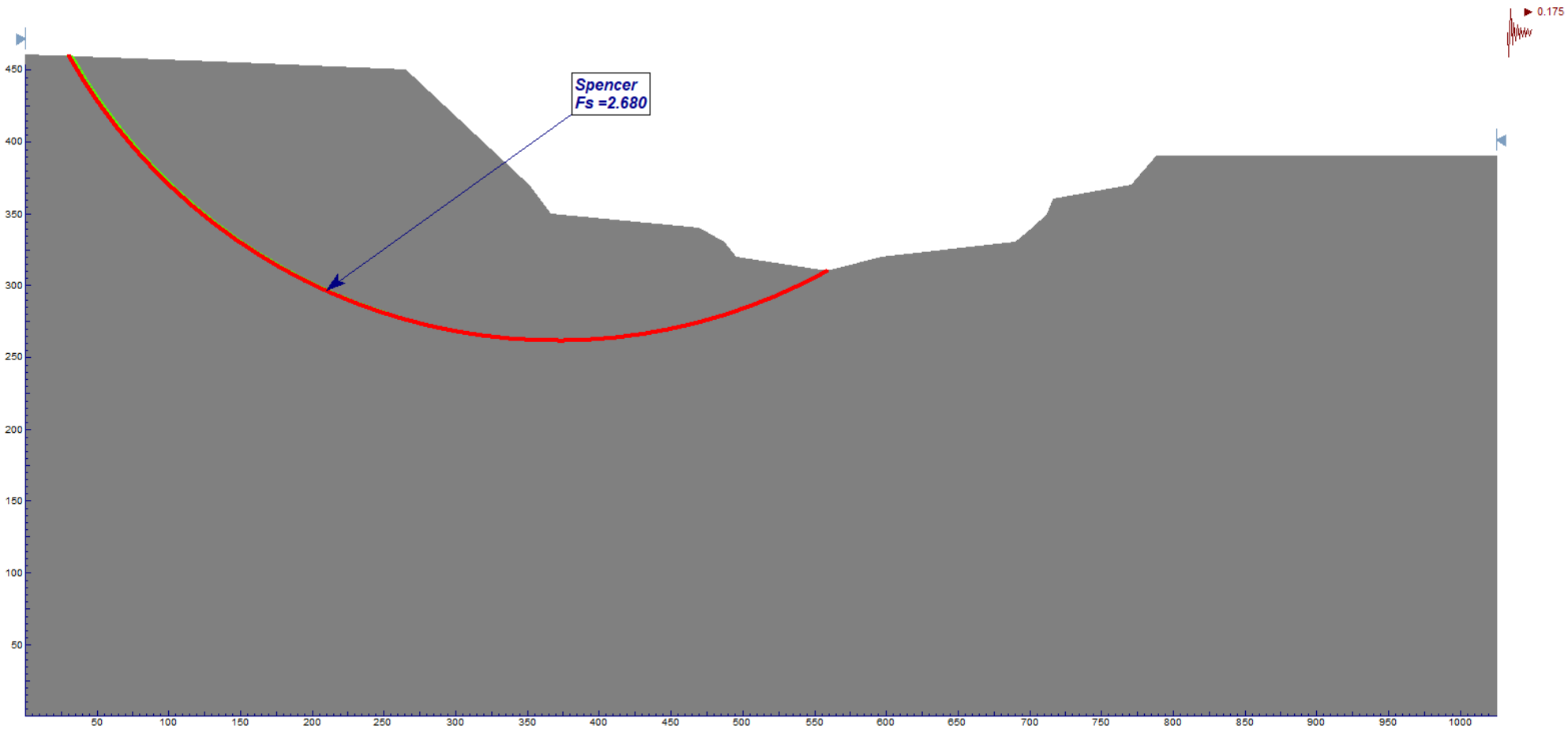
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S1 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



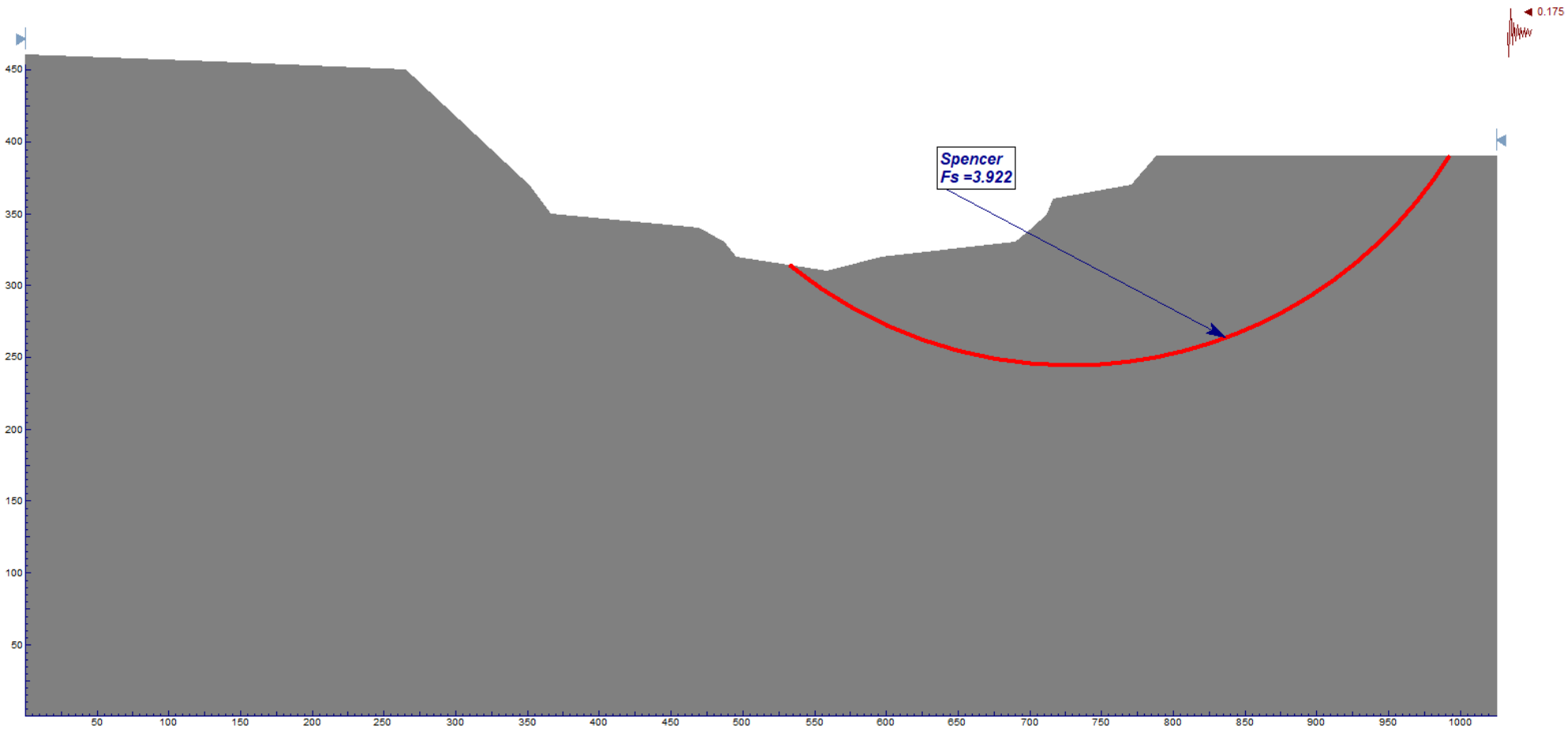
Anddes	Análisis de Estabilidad	
	Cliente: Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT ENRIQUECIDO – ESTÁTICO
	Elaborado por: Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha: 16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



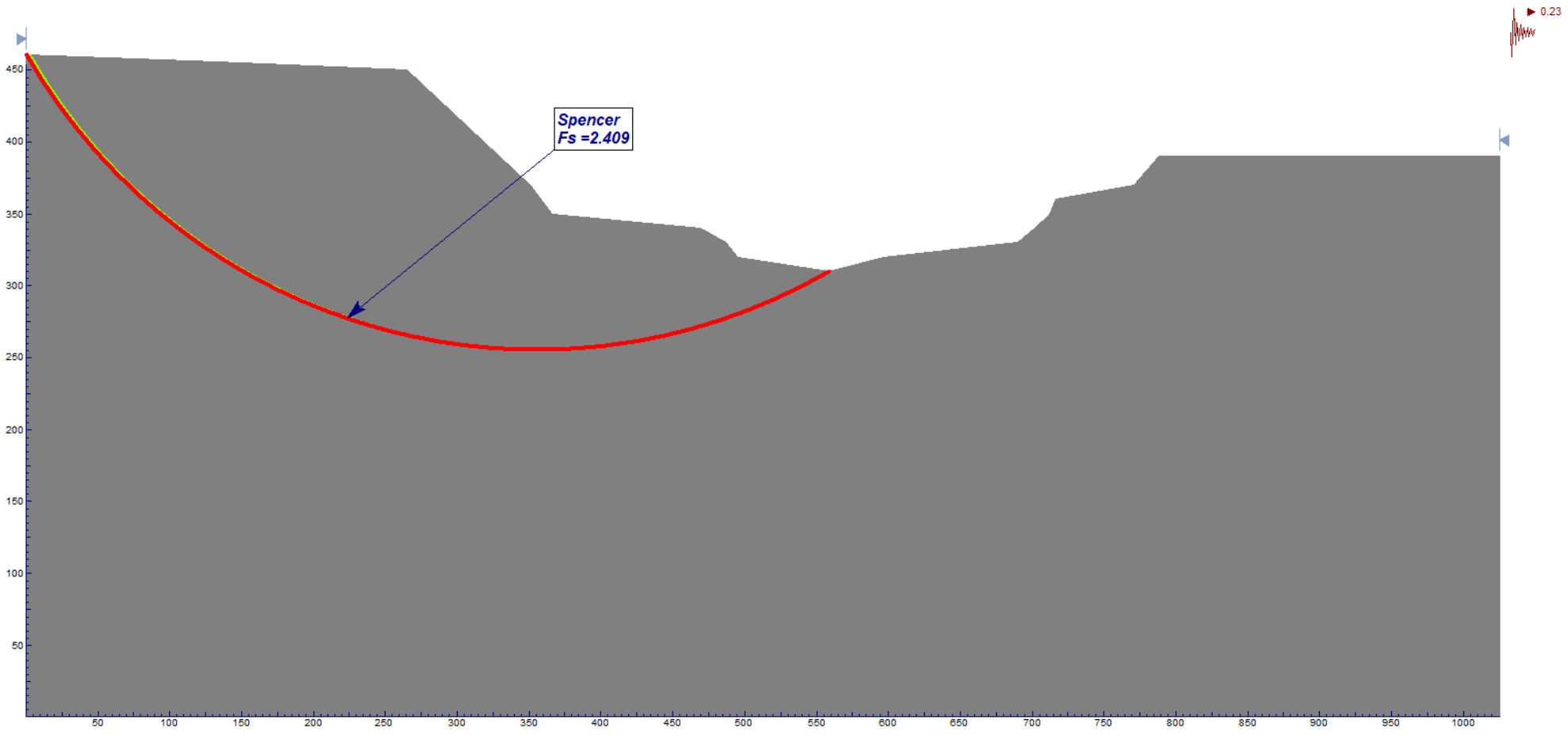
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



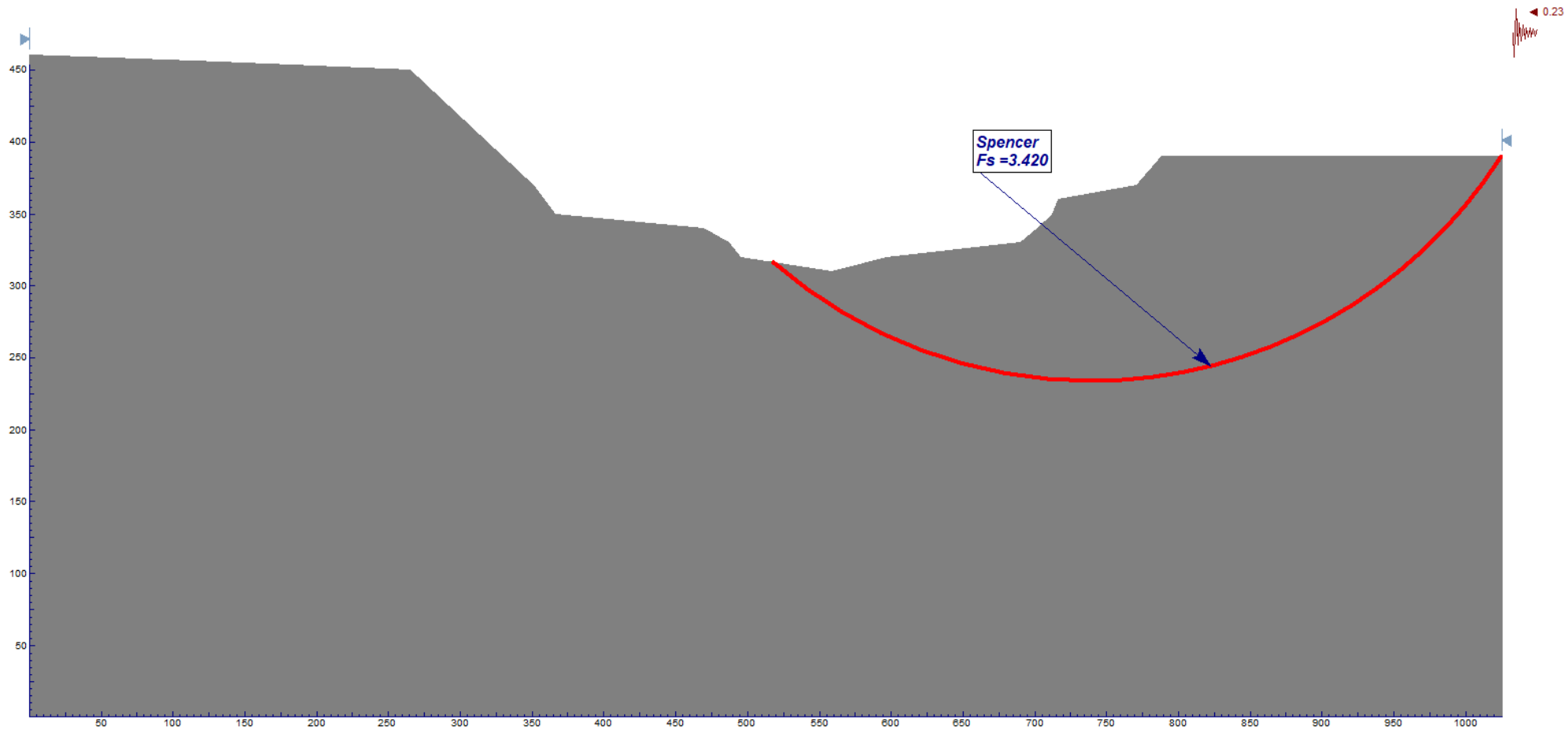
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



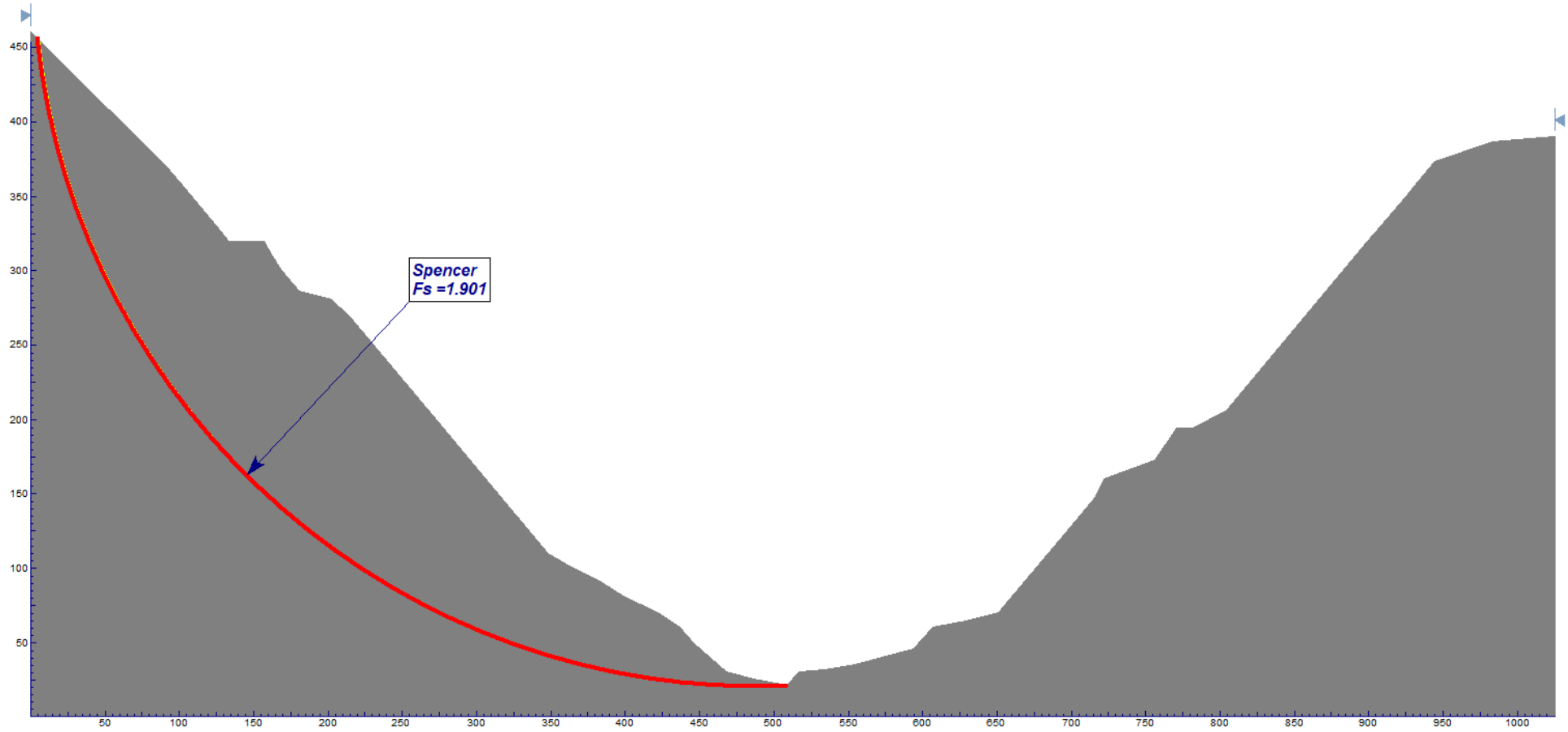
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



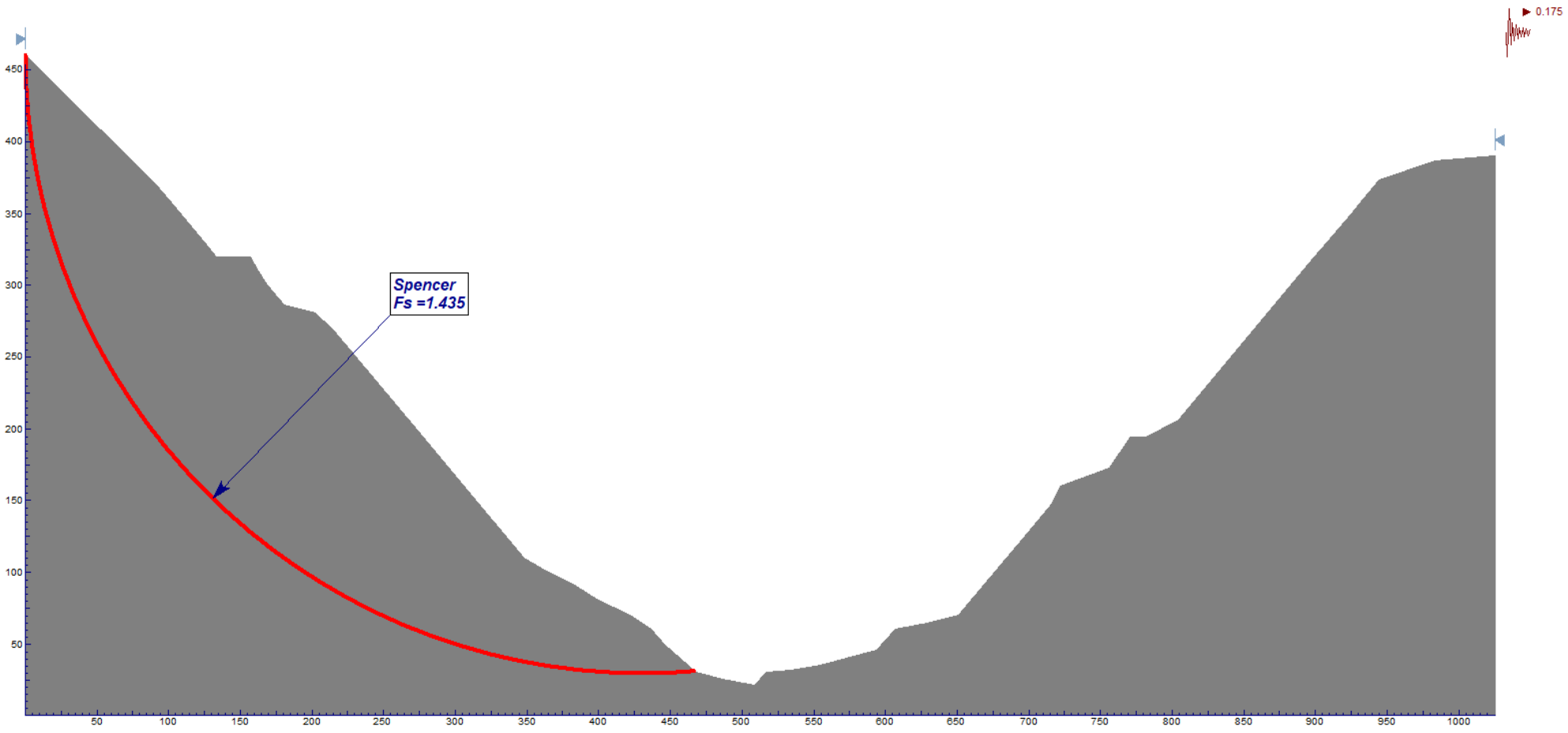
Anddes SLIDEINTERPRET 9.026	Análisis de Estabilidad	
Cliente: Proyecto San Jorge		Sección: S2 – PIT ENRIQUECIDO – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
Elaborado por: Matías León		Unidad Minera: San Jorge
Fecha: 16/08/2023		Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



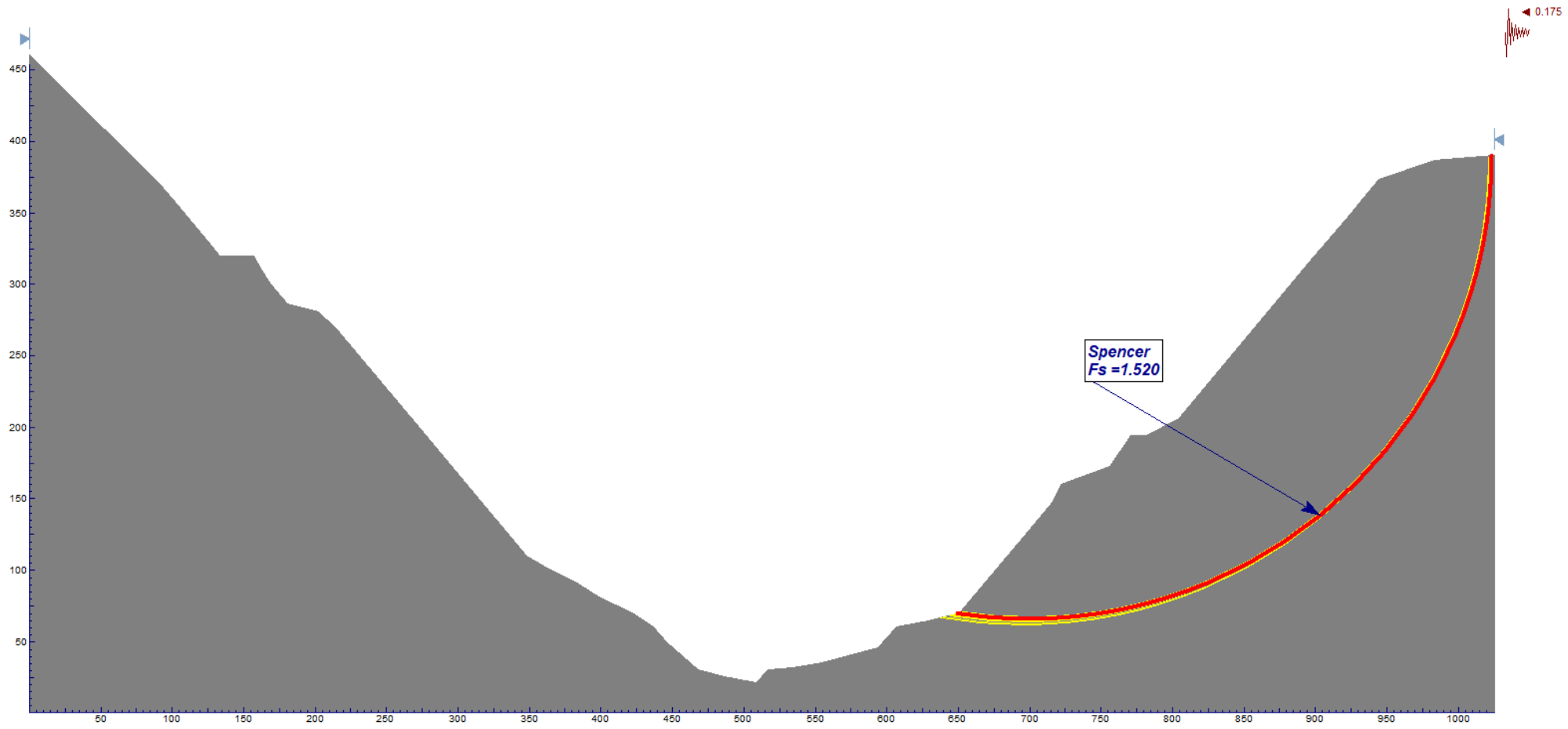
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT SULFUROS – ESTÁTICO
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



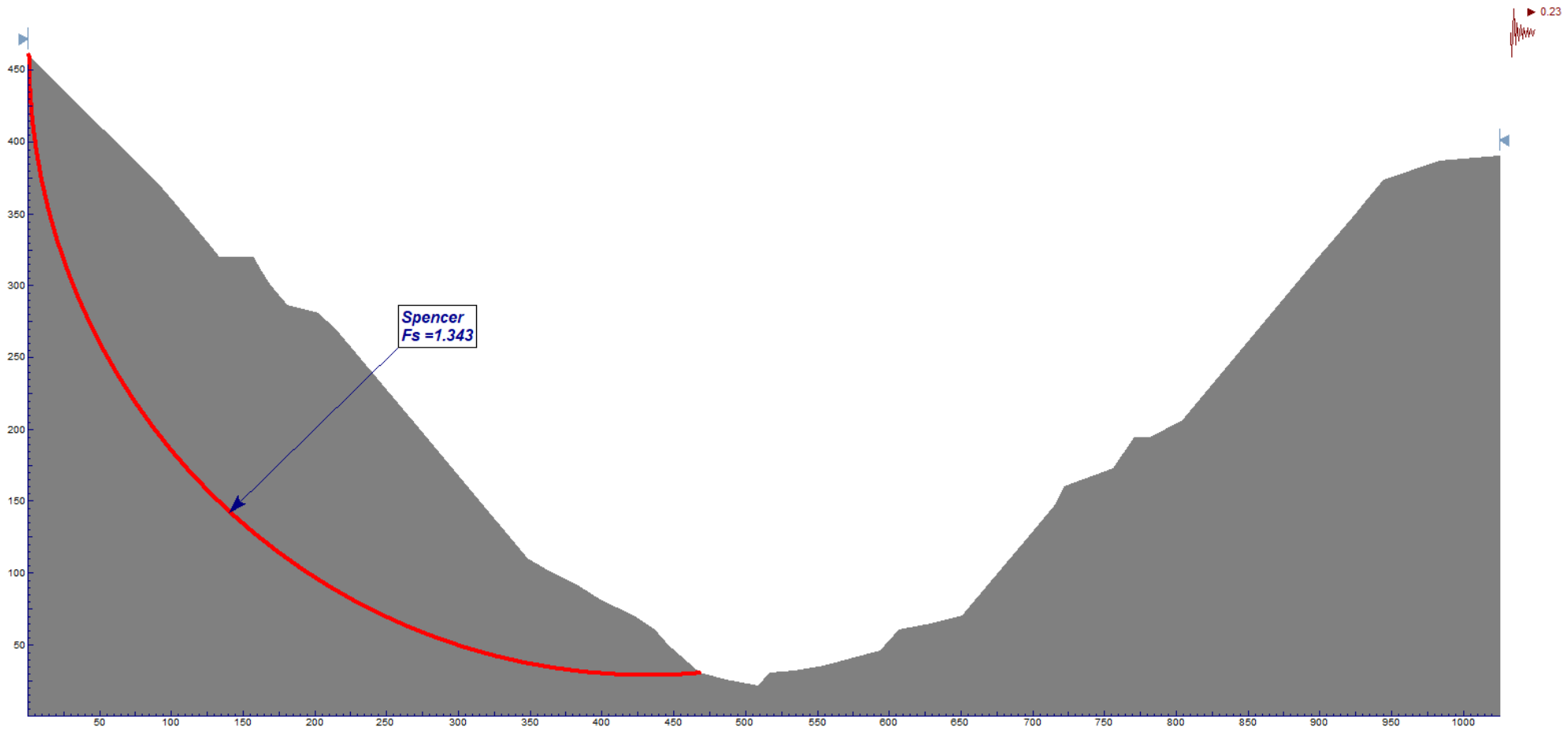
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



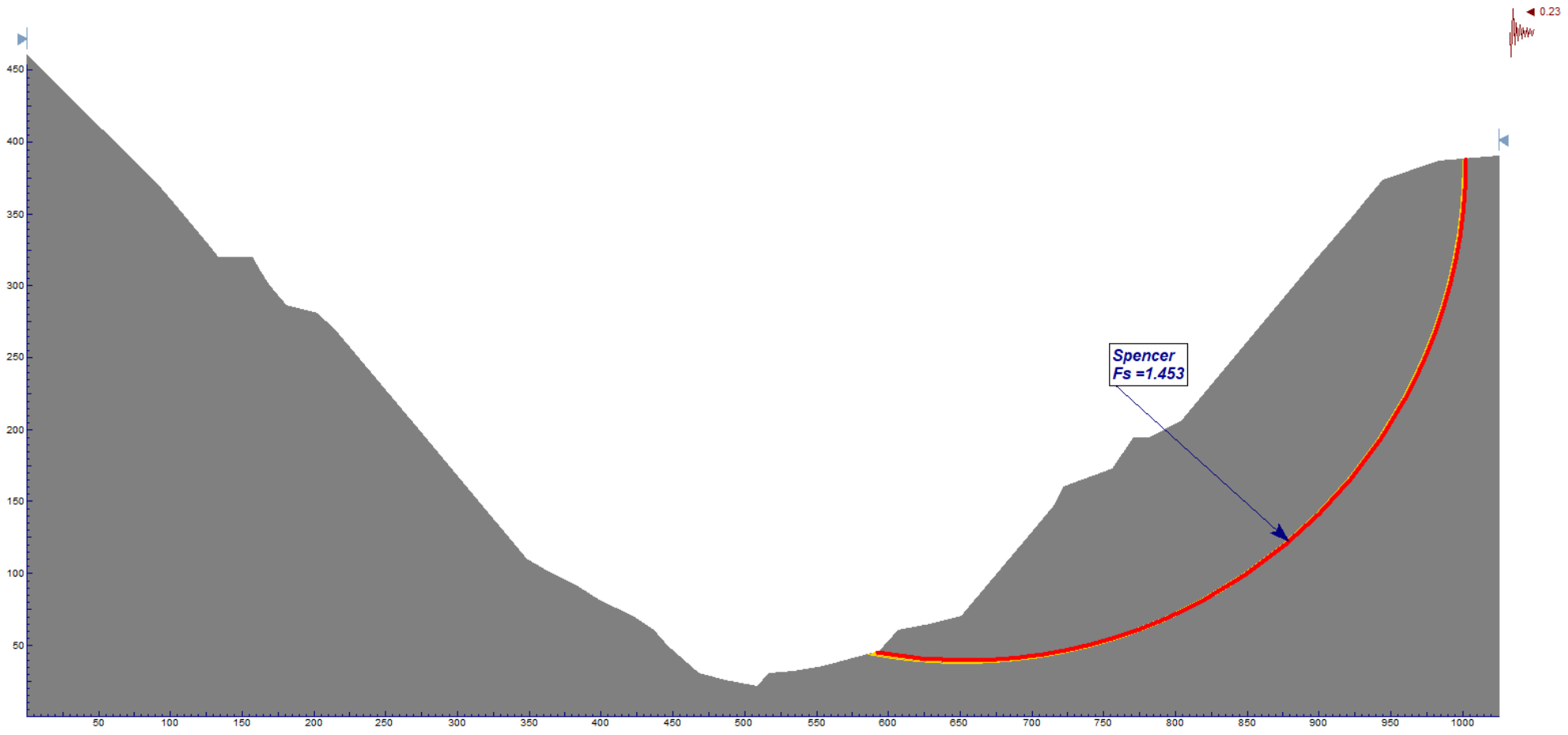
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO OP
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



Anddes	Análisis de Estabilidad	
	Cliente: Proyecto San Jorge	Sección: S2 – PIT SULFUROS – PSEUDO ESTÁTICO CIERRE
	Elaborado por: Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha: 16/08/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMÁTICAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
GRUPO DE SERVICIOS - SEGEMI

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO. PROYECTO MINERO SAN JORGE

PROVINCIA DE MENDOZA.

Minera San Jorge

Enero 2024

CUELLO BORIOLO Mario Alberto
Firmado digitalmente por CUELLO BORIOLO Mario Alberto
DN: SERIALNUMBER=CUIL 20133092207, C=AR, CN=CUELLO BORIOLO Mario Alberto
Razón: el motivo de su firma aquí
Ubicación: la ubicación de su firma aquí
Fecha: 2025.01.09 14:12:28-03'00'
Foxit PhantomPDF Versión: 10.1.1

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO 4
1. INTRODUCCIÓN 7
1.1. Ubicación y vías de acceso 8
1.2. Objetivos 9
2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL 10
3. MARCO HIDROGEOLÓGICO 12
3.1. Hidrología Superficial 12
3.1.1. Cuenca Ciénaga de Yalguaraz y Barreal de la Pampa Seca 12
3.1.2. Cuenca de Uspallata 13
3.2. Hidrogeología 14
3.2.1. Acuífero de Yalguaraz 14
3.2.2. Acuífero de Uspallata 15
4. DESARROLLO 16
4.1. Análisis de los distintos antecedentes de la región 16
4.2. Modelado Hidrológico de San Jorge y alrededores 20
4.2.1. Modelado Hidrológico en Los Alrededores del rajo (Pit) 33
4.2.1.1 Análisis de los Parámetros Hidráulicos (permeabilidad, porosidad y niveles estimados de la napa freática) 37
4.2.1.2 Balance Hídrico y Vulnerabilidad del acuífero 39
4.2.2. Balance Hídrico (Artois, (2022) 39
4.2.2.1. Clima y topografía 39
4.2.2.2. Cuencas hidrológicas y coeficientes de escorrentía 41
4.2.2.3. Balance hídrico 42
4.2.2.3.1. Condiciones naturales de línea base 43
4.2.2.3.2. Condiciones durante la operación minera 46
4.2.2.3.3. Efecto del cambio climático 47
5. DISCUSIONES 47
6. CONCLUSIONES 53
7. BIBLIOGRAFÍA 59

Nombre y Apellido	N° de Revisión	Fecha	Aprobación Nombre y Apellido	Fecha Aprobación
Alejandro Palma				
Humberto Ulacco				

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se desarrollan los estudios realizados en los alrededores del proyecto San Jorge para profundizar el conocimiento de la situación del agua subterránea y la potencial afectación de obras civiles en el sector.

Para ello se reunió toda la información disponible a lo largo de distintas campañas y estudios de investigación, desde el año 1996 hasta el año 2023, tanto en la parte estructural como en geofísica y evaluaciones de los recursos y los balances hídricos de la cuenca superior de las cabeceras del Río Uspallata.

Los elementos considerados como de peso para este informe, abarcan la agrupación de una serie de perfiles geofísicos TEM (Transiente Electromagnético), sondeos eléctricos verticales (SEV) y perforaciones de monitoreo de napas freáticas.

Además, se investigó la geología estructural de la región y se vinculó su relación con la estructuración e influencia en la disposición de los diversos acuíferos.

La idea fundamental ha sido determinar la posición espacial de toda la información obtenida con el fin de graficar y obtener un criterio válido que permitiera evaluar la potencial afectación del recurso hídrico superficial, y/o la consecuente afectación de las aguas subterráneas.

Se pudo conformar así, un conjunto de datos que lograra diseñar un basamento hidrogeológico para el área, que permitiera ver su comportamiento en detalle.

El proyecto consta de dos partes fundamentales representadas por el rajo a cielo abierto que ocupa una dimensión de 1.400 m por 1.000 m (115 ha aprox.) y los productos de la operación que se manifiestan en la escombrera de lastre, de baja ley, de óxidos y las colas de relaves; todo esto ocupa un área general de 1.400 hectáreas aproximadamente.

En cuanto al sector del rajo se valoraron todos los sondeos que habían sido medidos para investigar la cota de las napas freáticas locales y se incorporaron los datos geofísicos más cercanos al sector, para aumentar el grado de confianza.

Como resultado de esto, en cuanto al sector del rajo se puede determinar que las operaciones de ingeniería no dejan expuesto algún acuífero en los sedimentos afectados por el minado. Lo cual excluye el ingreso de flujo de soluciones y afectación de acuíferos locales, quedando el ingreso de agua al rajo, restringido al fallamiento local que atavíese la excavación.

En cuanto al resto del área, se ha podido construir un modelo de las napas detectables a través de los distintos sondeos en profundidad, tanto TEM, SEV y pozos de monitoreo, los que posicionan la superficie hidrogeológica a más de 146 m de profundidad, por debajo de la topografía donde se localizarán las futuras escombreras.

Los datos de permeabilidad de la zona del rajo, arrojan valores de permeabilidad baja (4.9E-06 a 8.3E-06 m/s), indicando asimismo una baja infiltración. Esto indica que la situación del rajo es muy favorable a la no afectación del acuífero, como así también sobre la posibilidad de control sobre el mismo.

En el contexto general, los datos pluviométricos disponibles, así como parámetros de permeabilidad, porosidad y niveles estimados de la napa freática, indican que la vulnerabilidad de los acuíferos es baja.

En cuanto al seguimiento hidráulico subterráneo se pudo establecer una superficie acuífera discreta para distintos sectores del valle del Río Uspallata y sus subcuencas.

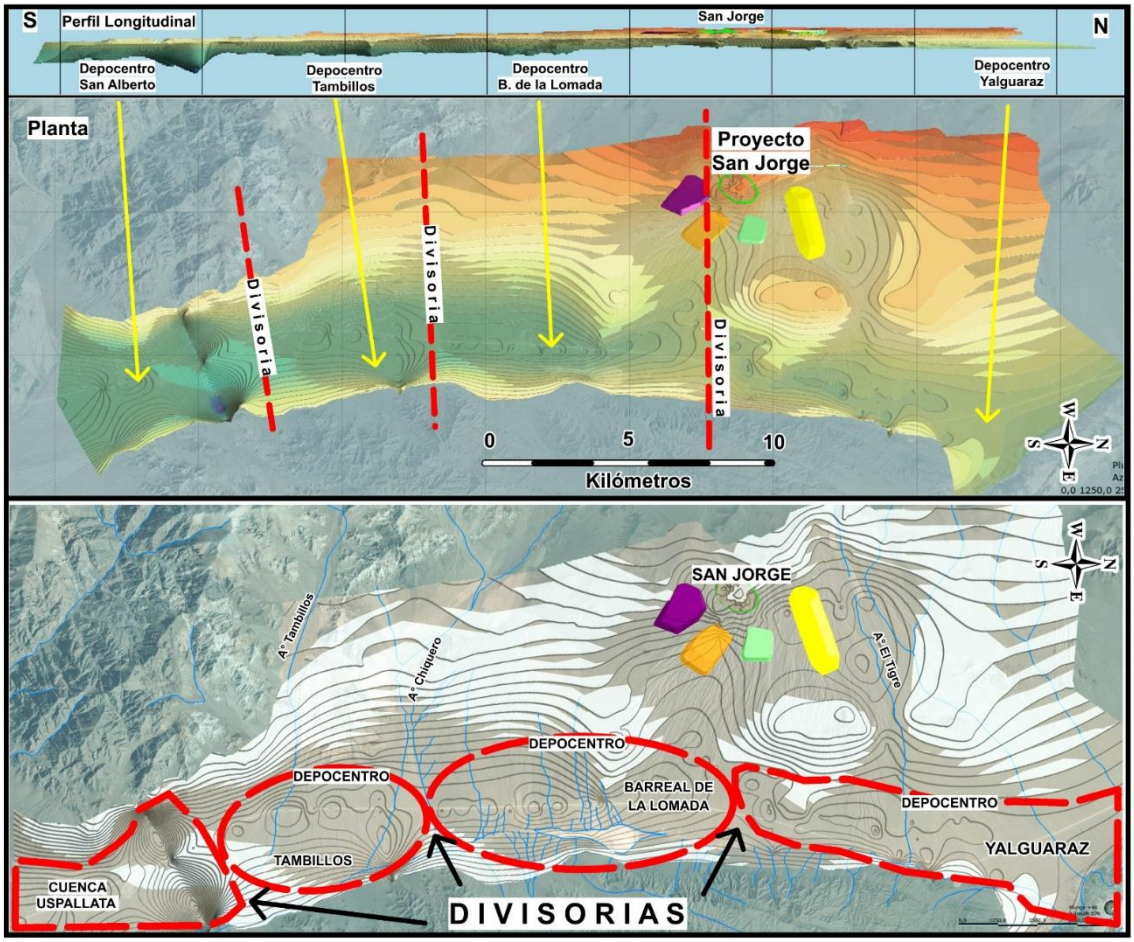
De esta manera se pudo correlacionar la estructuración regional que se dispone en varias familias de fracturas Este-Oeste (+/- 20°) atravesando al valle que ocupa la cuenca y afectando transversalmente a los acuíferos, desmembrándolos y fragmentándolos, produciendo discontinuidades que se pueden ver a lo largo de varias secciones de los perfiles TEM.

Así también, se pudo determinar que la cuenca del Río Uspallata, si bien muestra una aparente continuidad superficial, hasta el límite entre las provincias de Mendoza y San Juan, los dislocamientos de bloques estructurales, alcanzan a definir por lo menos tres tramos con cierta identidad propia, en cuanto a depocentros locales.

Se reconocen así, dos cuencas de altura representadas por el Barrial de la Lomada y la Ciénaga de Yalguaraz. Estas cuencas estructurales del norte conforman un grupo que pueden diferenciarse de las cuencas de Tambillos y Uspallata, las cuales se desarrollan plenamente al sur en la divisoria hidrogeológica definida por Lucero (2018) e Ibañez et al. (2021).

El caso específico del Barrial de la Lomada, corresponde a un depocentro que se encuentra en situación de equilibrio y que compartiría aguas subterráneas solo en el caso hipotético de que la evapotranspiración sea superada por fuertes lluvias estacionales, caso que no tiene registro histórico conocido.

Lo antecedente puede dimensionarse en la figura siguiente:



De dicha información se puede interpretar que el agua subterránea se encuentra contenida en subcuencas que, si bien están conectadas morfológicamente por su basamento, están a su vez separadas hidrogeológicamente por la dinámica de su flujo, generando un sistema endorreico hacia el norte, en el límite con la provincia de San Juan.

En este balance hídrico se consideró además, la Vulnerabilidad del acuífero, donde se actualizaron los datos en función de la nueva estructura, diseño y operación del depósito de relaves (altura de capas vs tiempo de exposición), la nueva ubicación y diseño de las escombreras y el análisis de riesgo de generación de Drenaje Ácido (DAR) del yacimiento minero. Según los estudios indica que la infiltración no superaría los 6 m bajo superficie, estando el nivel freático a más de 146 m de profundidad por lo que se considera que no hay afectación sobre el acuífero subyacente.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio comprende el análisis de los distintos trabajos desarrollados sobre el recurso hídrico local, donde se han considerado datos pluviométricos de la Estación Meteorológica del Proyecto San Jorge y de otras fuentes disponibles (SRK, 2018 y Artois, 2022, Andess, 2023), así como parámetros de permeabilidad, porosidad y niveles estimados de la napa freática, en función de los datos de perforaciones en aluvión para monitoreo de acuíferos y sondeos Eléctricos Verticales (SEV), además, de estudios TEM, resumidos y reportados por SRK (2018).

Con esta información antecedente se ha evaluado el potencial flujo de agua ingresante al rajo (pit) con el fin de calcular su impacto durante la operación de minado y del eventual desarrollo de una laguna interior (Pit Lake) en etapa de cierre.

Se ha realizado el Balance Hídrico y se consideró, además, la Vulnerabilidad del acuífero, teniendo como base el informe de cuencas realizado por SRK en el año 2018 (SRK, 2018), el que se ha actualizado en función de la nueva estructura, diseño y operación del depósito de colas (altura de capas vs tiempo de exposición), la nueva ubicación y diseño de las escombreras y el análisis de riesgo de generación de drenaje ácido del yacimiento minero.

En este contexto se han considerado los distintos estudios realizados en la región:

1. Anddes Argentina SA. 2023. Estudio hidrológico superficial. Proyecto San Jorge. Informe 2201.20.01-12-210-09-ITE-001.
2. Artois Consulting Llc, 2022. Proyecto San Jorge: Balance hídrico preliminar. Hooydonck, J. V. El informe Memo-SJ_balance-10142022 (1).pdf.
3. SRK Consulting SA. 2008. Resumen Trabajos Hidrogeológicos de Terreno - Proyecto San Jorge.
4. SRK Consulting (Argentina) SA.2018. Actualización del Estudio de Cuencas. Proyecto San Jorge.

1.1. Ubicación y vías de acceso

El proyecto minero San Jorge, se ubica en el distrito Uspallata, departamento Las Heras, de la provincia de Mendoza, República Argentina. Se encuentra entre los 32° 10’ de Latitud sur y los 69°27’ Longitud oeste, en la Precordillera mendocina a una altura aproximada de 2.400 -2.900 msnm. Dista 97 km en dirección noroeste de la ciudad de Mendoza, capital provincial y a 37 km de la localidad de Uspallata, en el sector precordillerano cercano al área conocida como Ciénaga de Yalguaraz (Figura N° 1A y 1B).

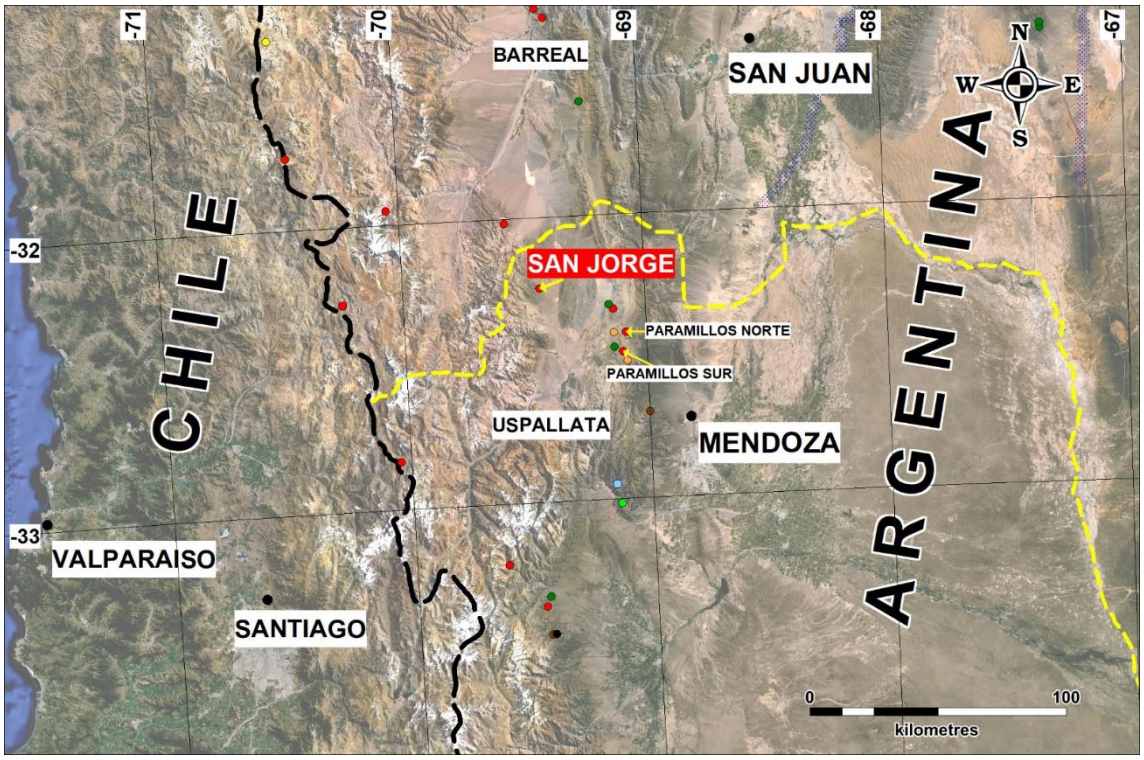


Figura N° 1A - Ubicación Regional del Proyecto en el Valle de Uspallata.

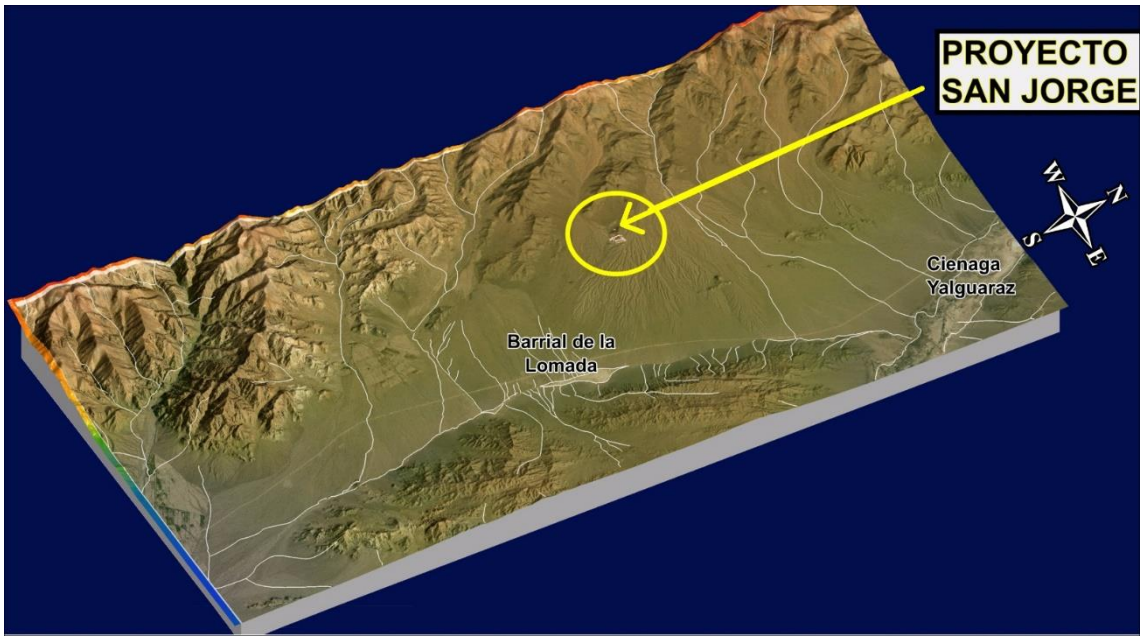


Figura N° 1B - Ubicación del Proyecto y su relación con la escorrentía local.

1.2. Objetivos

Analizar los distintos estudios referidos al recurso hídrico local en base a datos pluviométricos y otras fuentes disponibles, citadas precedentemente.

Analizar los Parámetros de permeabilidad, porosidad y niveles estimados de la napa freática en función de los datos de los sondajes y estudios TEM disponibles a la fecha (SRK, 2018), con el fin de estimar el flujo de agua ingresante al rajo y así cuantificar su evacuación durante la operación, y de la posible futura laguna del rajo, en etapa de cierre.

Realizar el Balance Hídrico y Vulnerabilidad del acuífero considerando como base el informe de cuencas realizado por SRK en el año 2018, actualizándose en función del nuevo diseño y operación del depósito de colas (altura de capas vs tiempo de exposición), la nueva ubicación y diseño de las escombreras de Óxidos, Baja Ley y Lastre (estéril), como así mismo el análisis de riesgo de generación de drenaje ácido del yacimiento minero.

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El yacimiento San Jorge se ubica sobre el borde occidental del Valle Uspallata-Calingasta-Iglesia que consiste en una fosa tectónica de rumbo norte-sur que sirve de límite a dos provincias geológicas: la Precordillera al este y la Cordillera Frontal al oeste. De esta forma el depósito se ubica sobre el pie oriental de la Cordillera Frontal (Figura N° 2) (Cortés, et al., 1997, Anselmi, et al. 2021).

Las rocas aflorantes más antiguas, consisten en grauvacas de grano fino, limolitas y lutitas pizarreñas, de color gris verdoso, agrupadas en el Fm Ciénaga del Medio (Amos y Marchese, 1965), de edad Devónica. La secuencia, de origen marino, muestra un metamorfismo regional de bajo grado caracterizado por la neoformación de sericita (muy abundante) y clorita. La isoalineación de las laminillas de mica da origen a la fisilidad de las pelitas, la cual es paralela a la estratificación de la secuencia. Otra característica distintiva es la presencia de pirita singenética y de venulación de cuarzo lechoso.

Estas metasedimentitas se encuentran fuertemente plegadas en complejas series de anticlinales y sinclinales de rumbo general norte-sur, con intenso fallamiento de rumbo.

Sobre la secuencia devónica, en discordancia angular, se depositan sedimentitas marinas de edad Carbónica que alcanzan buen desarrollo en la zona y están agrupadas en la Fm. Yalguaraz (Amos y Rolleri, 1965). Está constituida por areniscas de grano mediano a fino, lutitas, limolitas y en la base alternan conglomerados y areniscas gruesas. En algunos sectores estas litologías se distribuyen en secuencias granodecrecientes sucesivas, de pocos metros de espesor, iniciándose con conglomerados o areniscas gruesas para culminar en lutitas o arcilitas. La depositación de las pelitas es interrumpida en forma brusca por sedimentos gruesos correspondientes a la siguiente secuencia. El color general de estas rocas es gris verdoso oscuro.

Estas sedimentitas muestran pliegues amplios, formando frecuentemente estructuras homoclinales.

Hacia el oeste, estas sedimentitas carbónicas están cubiertas en discordancia angular por la potente secuencia volcánica permo-triásica conocida como Fm. Choiyoi (Groeber,

1946), principal constituyente de la Cordillera Frontal. Estas vulcanitas son de composición andesítica a riolítica, y están intruídas por filones capa, diques y stocks que constituyen la fase hipabisal de la misma Formación.

A lo largo del borde del Valle se produce la intrusión de stocks y diques en las secuencias devónica y carbónica. Estos intrusivos son porfíricos a afaníticos y su composición varía de dacítica (granodiorítica) a andesítica (cuarzo-diorítica). Según las dataciones realizadas en el proyecto San Jorge, 270±4m.a. (Sillitoe, 1977), 257±5m.a. y 263±6m.a., indicando edad Pérmica para el magmatismo dacítico, con el cual se vincula la mineralización.

Durante el Terciario medio a alto se levanta la Cordillera de los Andes y con ella se produce la exposición de pequeños afloramientos. Durante este período los sedimentos aluviales colmatan el valle, formando depósitos inconsolidados de más de 200 metros de espesor. En algunas áreas estos depósitos están disecados por drenajes jóvenes.

Estructuralmente los principales lineamientos son N-S, paralelos al graben. Asimismo, los lineamientos NNE, NNW, y E-W son importantes. Se postulan movimientos transcurrentes a lo largo de estos lineamientos durante la fase intrusiva, una tectónica compresional posterior relacionada al levantamiento andino y finalmente un régimen tensional que controla la formación del Valle Uspallata-Calingasta-Iglesia (Williams y Madrid, 1996).

En la figura N° 2 puede observarse la ubicación del proyecto San Jorge dentro de lo que es el Valle Uspallata - Calingasta. La región se expresa en un contacto entre rocas Carbónico Pérmicas y Permo-Triásicas con el Silúrico de la Precordillera representado en el sector por metasedimentitas en la Cuchilla del Tigre que aflora como un monoclinal de unos 28 Km de longitud y dirección sub meridiana.

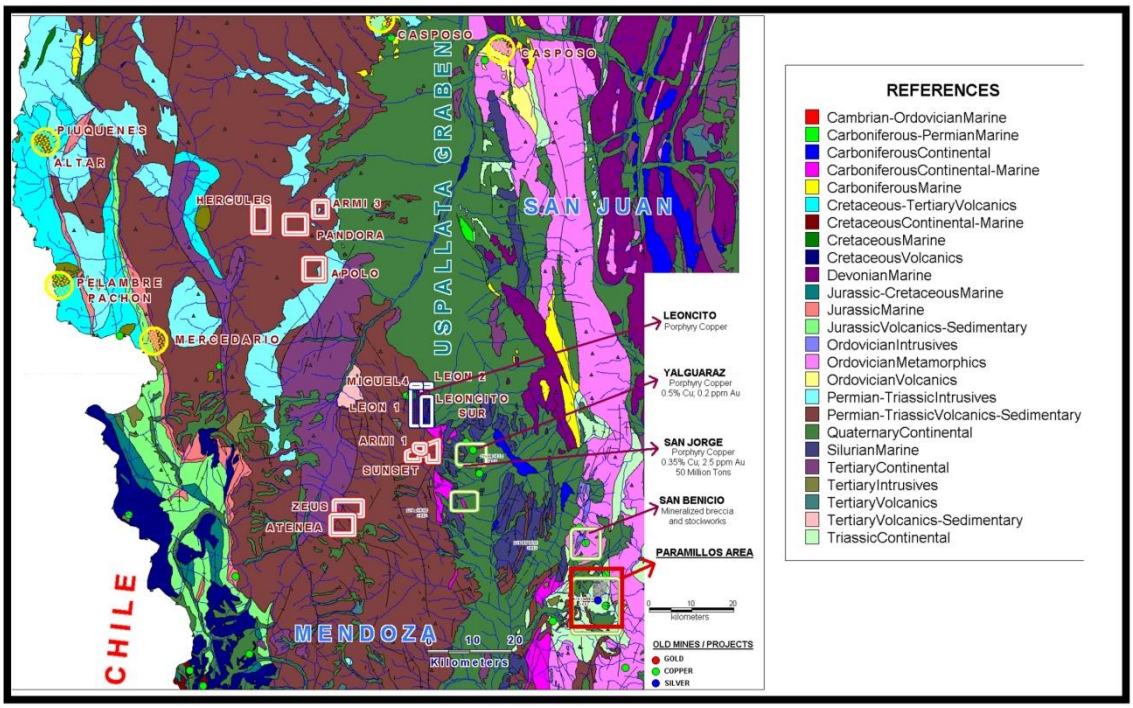


Figura 2: Geología de la región (compilación digital de Hojas geológicas SEGEMAR, modificado para este informe).

3. MARCO HIDROGEOLÓGICO

3.1. Hidrología Superficial

El área de estudio involucra parte de dos cuencas hidrográficas de la provincia de Mendoza, la cuenca Ciénaga de Yalguaraz y Barreal de la Pampa Seca, situadas al Norte del proyecto y la cuenca de Uspallata, al Sur del mismo, (Lucero, 2018 y Anddes Argentina SA. 2023) (Figura N° 3).

3.1.1. Cuenca Ciénaga de Yalguaraz y Barreal de la Pampa Seca

Corresponde a una pequeña cuenca endorreica de drenaje centrípeto, ubicada en el extremo Noroeste de la Provincia de Mendoza, limitada al Oeste por la Cordillera del Tigre, al Este por la Precordillera, al Norte por el Valle de Calingasta y al Sur por el Valle de Uspallata.

Esta cuenca presenta un sólo curso de agua permanente, el Arroyo del Tigre, cuyas nacientes se encuentran en los faldeos orientales de la Cordillera del Tigre, a través de una serie de arroyos temporarios de escaso caudal, cuyas aguas se insumen en los depósitos aluviales de las bajadas de los frentes montañosos.

El aporte de agua proveniente de la Precordillera es insignificante y el nivel de base local está dado principalmente por el bajo de la Ciénaga de Yalguaraz.

3.1.2. Cuenca de Uspallata

Corresponde a un amplio valle intermontano de orientación Norte-Sur, emplazado entre la Cordillera Frontal y la Precordillera. El colector principal es el arroyo Uspallata, que tiene sus nacientes en proximidades del área de estudio.

Los aportes recibidos desde el Oeste son, al menos en parte de su recorrido, cursos permanentes. Entre éstos se destacan el Arroyo San Alberto, el Arroyo Tambillos y el Arroyo del Chiquero. Desde el área precordillerana (Sierra de Uspallata), sólo bajan arroyos temporarios.

La bibliografía consultada (Zambrano et al. (1996); Hernández et al. (1994), considera que el inicio de la cuenca está dado por el alto topográfico de dirección Este-Oeste, que pasa por el paraje denominado Barrial de la Aguada, y que actúa como divisoria de aguas separando el drenaje superficial de la Cuenca de Yalguaraz, del drenaje que comenzaría a formar parte de las nacientes del arroyo Uspallata.

Las observaciones de campo han permitido comprobar que inmediatamente al Sur de esta divisoria, el flujo superficial de las aguas provenientes del área cordillerana es preferentemente hacia el Este, hasta llegar al pie de las Lomadas de la Maniera (figura Nº 7), donde es captado por el Barreal de las Lomadas. Este último actuaría como nivel de base local de las aguas temporarias que bajan por la Quebrada Seca (Cordillera del Tigre) y otros cauces de menor jerarquía provenientes de Precordillera. Al Sur de este barreal, el drenaje es claramente con tendencia hacia el Sur y se iniciaría el Arroyo Uspallata (figura Nº 3) (Lucero, 2018).

3.2. Hidrogeología

Los arroyos que drenan desde la Cordillera del Tigre, se insumen en los depósitos aluviales de la bajada pedemontana antes de alcanzar el sector más bajo de la cuenca, constituyendo parte de la recarga de las aguas subterráneas.

La zona de infiltración no está determinada precisamente ya que avanza y retrocede de acuerdo al caudal de aporte del curso del arroyo (Zambrano et al., 1996).

Esto es importante, ya que, como se muestra y se describe en la figura Nº 25, el drenaje relacionado con el rajo está desconectado de la escorrentía del Arroyo de El Tigre.

La escasa información existente sobre los recursos hídricos de la zona, menciona la posible presencia de una subcuenca subterránea situada al Noreste del área del proyecto, a la que se denomina Acuífero de Yalguaraz, separada del acuífero de Uspallata que se desarrollaría al Sur (Zambrano et al. (1996); Hernández et al. (1994), por un alto topográfico que a su vez podría constituir una barrera al escurrimiento subterráneo hacia la zona sur del proyecto (Lucero. 2018).

3.2.1. Acuífero de Yalguaraz

Zambrano et al. (1996) menciona que este acuífero estaría alojado en una depresión de una extensión aproximada de 150 km^2, rellena por sedimentos cuaternarios. Refiriéndose este autor al área total de la cuenca hídrica, restringiéndose la capacidad efectiva alrededor de 50 km^2.

El acuífero estaría separado al Norte de la cuenca de Calingasta por un alto estructural conformado por rocas de precordillera. Sus límites quedarían condicionados de la siguiente forma: al Oeste Cordillera Frontal, al Este Precordillera y al Norte por los límites entre Mendoza y San Juan.

En el mismo trabajo, Zambrano et al. (1996), propone que, el límite Sur del Acuífero de Yalguaraz está definido por un alto estructural en aproximada coincidencia con la divisoria de agua superficial, a partir de la cual comenzaría el acuífero de Uspallata…

Sin embargo, se destaca como importante en este estudio que, se ha diferenciado una subcuenca intermedia entre las cuencas de Uspallata y Yalguaraz, la cual actúa como

amortiguador en respuesta los aportes pluviométricos estacionales, y que aquí queda definida como Barrial de la Lomada (Figura Nº 15, 16, 17).

Estos aspectos se discuten más abajo, en el presente informe (4.2.1. Modelado Hidrológico en Los Alrededores del rajo (Pit)).

3.2.2. Acuífero de Uspallata

El área superficial del acuífero de Uspallata es de 195 km² aproximadamente y su profundidad media estimada varía entre 80 y 120 m. La principal fuente de recarga son los arroyos que bajan del flanco oriental de la Cordillera del Tigre, siendo el piedemonte occidental de escasa importancia en este sentido. La dirección del flujo de agua subterránea presenta una fuerte componente Norte-Sur, siguiendo el eje de la cuenca, siendo la descarga natural en el río Mendoza (Lucero, 2018).

Respecto a la importancia de la referida cuenca, existe una referencia general en los trabajos de Auge (2004), donde clasifica la Cuenca de Uspallata como Tipo II, la cual no tendría capacidad de reservorio importante.

En Lucero (2018), se menciona que, específicamente en el sector de San Jorge y sus alrededores, no hay datos preexistentes sobre el espesor de los sedimentos acuíferos, razón por la cual sólo puede hacerse una estimación en base a los resultados de la exploración realizada mediante Sondeos Eléctricos Verticales y descripción de pozos de monitoreo perforados, de los cuales se deduce que el relleno cuaternario superaría los 250 metros en las partes más profundas.

En el presente informe, se ha modelado una base hidrogeológica tomando todos los datos existentes, tales como Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), Sondeos Hídricos y Sondeos Trasciente Electromagnético (TEM). La figura Nº 19 es una representación de esta superficie. Aquí se establece como la “base de referencia” para la clasificación de acuíferos y cuencas en el sector de estudio.

En cuanto a los datos pluviométricos, Anddes (2023) realizó el estudio hidrológico superficial del Proyecto San Jorge y en el mismo, se indica que, en el área, no se dispone de registros de precipitaciones con una extensión temporal, que resulte suficiente para la aplicación de un análisis estadístico.

Por este motivo se recurrió al análisis de datos de estaciones pluviométricas cercanas y se utilizaron en este caso, los datos de la estación meteorológica Uspallata. La estación mencionada se ubica a 40 km de distancia del área de proyecto.

Mediante el procesamiento de los datos de precipitación diaria de la referida estación, se obtuvieron los valores de precipitación máxima mensual en 24 hs para el periodo de registro disponible.

Los caudales máximos determinados mediante dichos cálculos, para las áreas de aporte de la zona, oscilan entre 1 m^3/s a un máximo de 108 m^3/s (Anddes Argentina SA. 2023).

4. DESARROLLO

4.1. Análisis de los distintos antecedentes de la región

En el informe SRK (2018), se sintetiza la caracterización geológica local y los aspectos tectónicos y estructurales relevantes, lo cual permite una mejor comprensión de la hidrogeología de la zona de estudio. Además, en dicho informe se analiza un perfil TEM de 25 kilómetros a lo largo de la ruta 149, realizado en el año 2010 y cuatro perfiles transversales desarrollados en agosto de 2018, desarrollados por Quantec Geoscience Argentina S.A. Es así que, basado en lo anterior se infiere que el límite sur de la cuenca hidrogeológica asociada a los arroyos El Tigre y Quebrada Seca, coincide con la divisora entre las Quebrada Seca y El Chiquero.

De la interpretación de los perfiles TEM´s, SEV´s, perforaciones de monitoreo en combinación con lineamientos estructurales, se construyó un plano representativo de la base hidrogeológica (Ver Fig Nº 17), que permite profundizar el conocimiento de la cuenca general. Se puede destacar, que los lineamientos transversales al valle fragmentan la continuidad de los acuíferos tanto por aparentes sumideros locales o por entrampamiento generado por elevación del basamento cristalino.

Considerando los aspectos de afectación de los acuíferos, existen estudios que demuestran la no alteración del aspecto cantidad del recurso hídrico, se destaca el

estudio de Balance Hídrico realizado por Water Management Consultant, sobre la cuenca de Yalguaraz donde se localiza el proyecto.

En el informe SRK (2018) donde se analiza el mencionado Balance Hídrico, se concluye lo siguiente:

Respecto a la Cantidad

1. El Arroyo El Tigre tiene los recursos capaces de abastecer las necesidades del proyecto, que se ha estimado en 141 L/s, más aún si está proyectada la construcción de una obra de acumulación y regulación.
2. La extracción de agua desde el Arroyo El Tigre se traduce en una menor recarga a la ciénaga de Yalguaraz, sin embargo, esta disminución representa solamente un 8% de reducción respecto al flujo aportante a la ciénaga de Yalguaraz.
3. La menor recarga representa solamente una disminución del volumen almacenado de agua en el acuífero inferior a un 1%.
4. Los efectos antes señalados no dañan la capacidad del acuífero, por lo cual se considera que no hay afectación respecto de la cantidad del recurso hídrico.

Respecto de la Calidad

Se destaca de SRK, (2018 - Apéndice E, Modelo Numérico de Infiltraciones – Vector) lo siguiente:

5. La extracción de agua desde el arroyo no afecta su calidad y la disminución de la recarga no afecta la calidad del agua subterránea.
6. Se determinó que la vulnerabilidad del acuífero es baja por lo cual el manejo de las colas espesadas conforme a diseño, puede resultar en un riesgo nulo de contaminación.
7. El manejo conforme a diseño de las colas espesadas por depositación de capas delgadas (20 cm) producen una penetración muy baja de fluidos,

como la ha demostrado el Modelo Matemático VS2DTI (SRK, 2018), debido a las condiciones de evaporación.

8. La corta distancia de penetración de los fluidos en el subsuelo demuestra la eficiencia al manejar colas espesadas y avala la práctica de no uso de carpeta impermeabilizante bajo las colas espesadas.
9. Dada que las colas espesadas liberan pocos fluidos, que la percolación de fluidos bajo las colas no supera los 6 metros en las condiciones más desfavorables, y que el nivel del agua subterránea se encuentra a más de 50 metros de profundidad; se puede concluir que el proyecto no produce afectación a la calidad del recurso hídrico.
10. El análisis químico de las aguas segregadas de las colas, satisfacen los requerimientos establecidos por la Resolución Nº 778/96 del Departamento General de Irrigación, que regula el vertido de líquidos a cuerpos receptores. En el caso del Proyecto San Jorge ello no ocurrirá puesto que como ya se ha demostrado, no habrá descargas superficiales ni subterráneas a cuerpo receptor alguno.

SRK (2018), calculó la Vulnerabilidad del Agua Subterránea utilizando la metodología denominada GOD[1], considerando para ello el tipo de suelo, la profundidad a que se encuentra el agua subterránea y el tipo de acuífero. El referido cálculo fue realizado para el acuífero desarrollado en los conos aluviales, donde se emplazará el depósito de relaves (colas) y las escombreras, indicando en el mismo que la vulnerabilidad es baja, concluyendo que, un manejo adecuado de los relaves o colas espesadas, puede conducir a un riesgo de contaminación despreciable.

En cuanto a los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y sondeos hídricos, en el informe de Lucero (2018), se han analizado los acuíferos del sector, estableciendo las profundidades de los mismos.

[1] El método GOD (Foster, 1987), estima la vulnerabilidad de un acuífero multiplicando tres parámetros que representan tres tipos de información espacial: el tipo de acuífero o modo de ocurrencia del agua subterránea (G), la litología de la zona no saturada (O) y la profundidad del agua subterránea (D).

Se ha podido estimar con relativa precisión las profundidades de los acuíferos, además de establecer las relaciones del sustrato rocoso con los mismos.

Se puede estimar, en el caso de los acuíferos, en base a la estructura y los datos de los sondeos (granito alterado en profundidad) como se comportaría eventualmente el drenaje ácido, mostrando que, de acuerdo a la porosidad (ver página 40), baja permeabilidad y los cálculos de infiltración, el mismo no afectaría los acuíferos.

En las conclusiones de la modelación de SRK (2018), tomando en cuenta los resultados arrojados por el modelo, tanto para la Corrida I –realizada con datos ajustados a las características del área del proyecto-, como para la Corrida II –con datos más desfavorables de terreno, precipitación y evaporación potencial-, se puede concluir que, en las consideraciones más desfavorables (Corrida II), señala una transferencia de humedad al suelo hasta una profundidad que no supera los 6 metros. Los mismos consideran que, el nivel freático se encuentra a más de 50 metros bajo el terreno. Con lo que se puede concluir que la operación del proyecto, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los acuíferos, se puede considerar que el DAR, no afectará la calidad del agua subterránea, dadas las dimensiones consideradas en este estudio.

Para la Corrida II, el espesor de contenidos transferidos desde las colas al terreno alcanza los 2,50 m. Este valor debe compararse con la ubicación de la napa de agua subterránea que los estudios de hidrogeología (SRK, 2018 y Lucero, 2018) sitúan por debajo de los 50 metros desde el nivel del suelo.

Si bien SRK (2018) reporta que la napa freática se encuentra a más de 50 m de profundidad, es importante destacar que, en el análisis de este estudio, en relación a los SEV más cercanos al rajo, (SEV_09/10) se obtienen datos de sedimentos saturados como acuífero a una profundidad de146 m (figura Nº 22).

En el informe SRK (2008), se sintetizan las actividades realizadas en el proyecto minero San Jorge, referentes al tema Hidrogeología. Se realizaron pruebas de packer en sondajes geotécnicos en perforación en el sector del rajo, además de la medición de niveles en los sondajes existentes en toda la zona de estudio que involucra los sitios de disposición del tranque de relaves, el botadero y la planta de proceso.

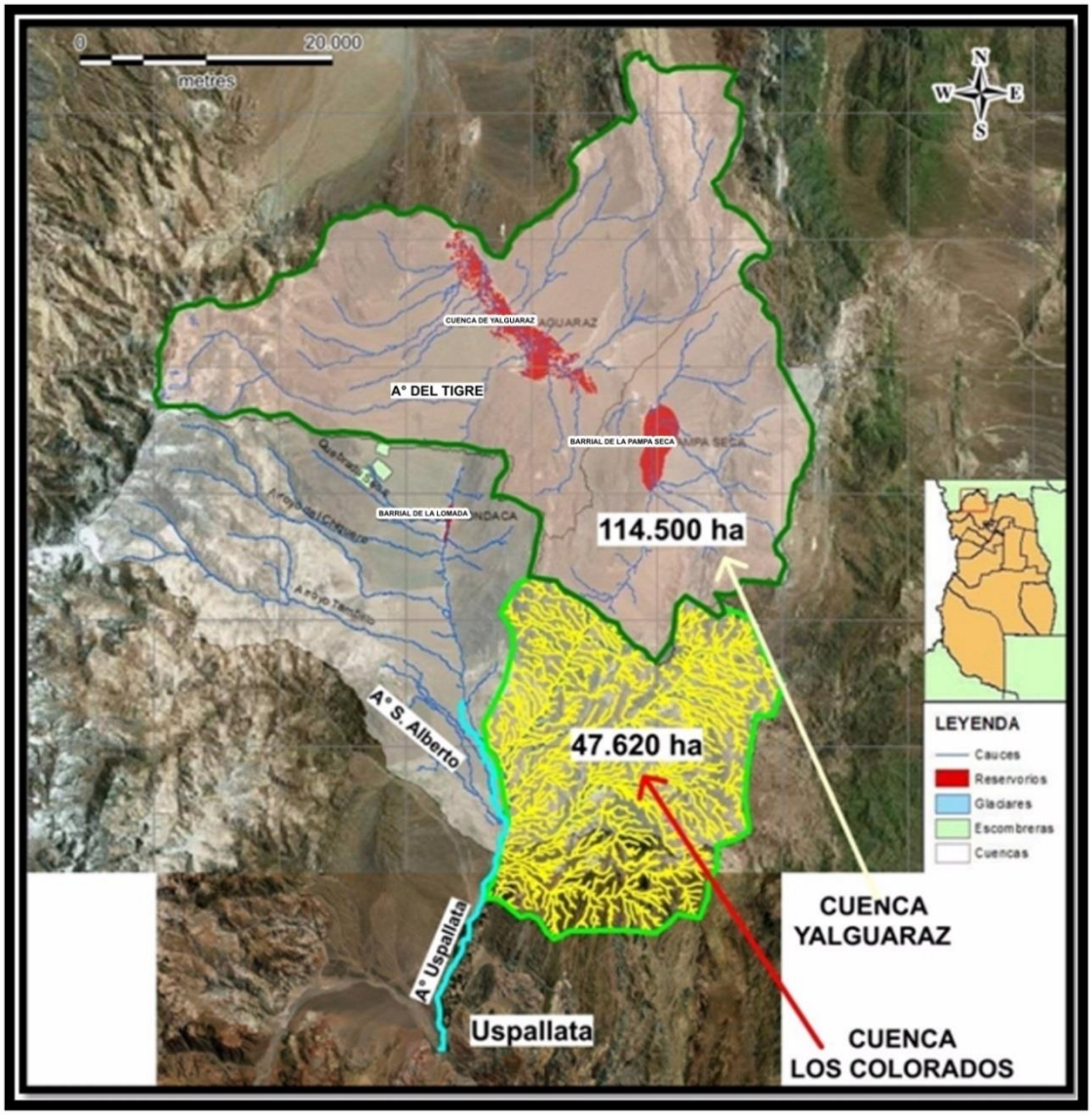


Figura 3: Red de drenaje y escurrimientos principales de la zona (Anddes Argentina SA, 2023)

4.2. Modelado Hidrológico de San Jorge y alrededores

En la figura N° 3 se encuentran representados los reservorios del norte de la provincia, con depocentros que no pertenecen a la cuenca de Uspallata en sí, sino a acuíferos de altura como el representado por la Ciénaga de Yalguaraz.

La tendencia a conformar cuencas endorreicas, puede observarse en el Barrial de la Loma Seca (Figura Nº 3), en su sector Noreste.

En la figura N° 4 se presenta un panorama general de todo el Valle de Uspallata hacia el límite con la provincia de San Juan. Esta geomorfología continúa hacia el norte en el valle de Barreal - Calingasta. Nótese que el domo estructural de rocas silúricas que participa de la cuenca hídrica de la región, posee, en su sector oriental, un aporte hídrico de peso desde una cuenca independiente (aquí definida como Cuenca Los Colorados, en referencia a los cerros del mismo nombre) de unas 47.620 Ha de superficie (como puede verse en la Figura Nº 3 en amarillo). **Esto se considera importante**, ya que el drenaje total que recibe el Río Uspallata no es un aporte exclusivo del sector occidental de Cordillera Frontal, que normalmente se asocia como única cuenca aportante y en la cual se localiza el Proyecto San Jorge en su porción Norte.

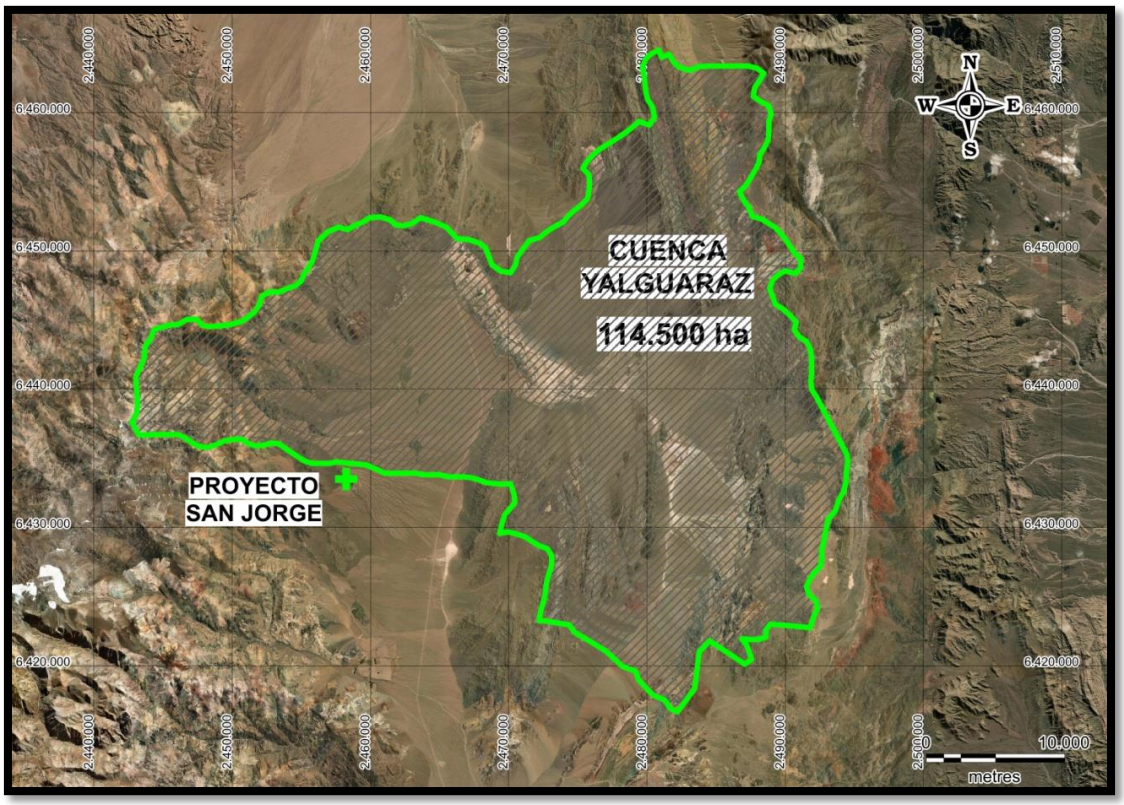


Figura 4: Cuenca de Yalguaraz

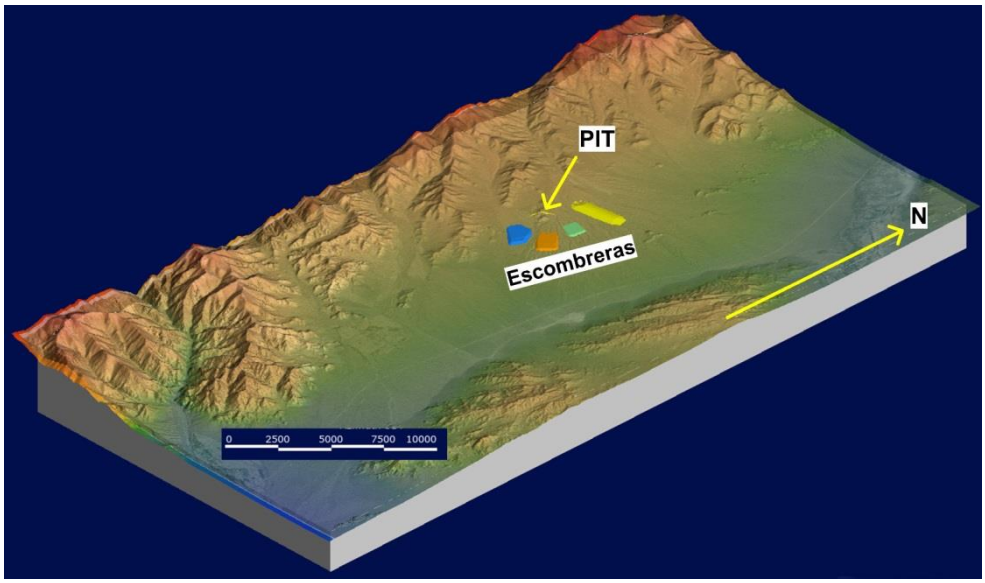


Figura 5: Disposición de las Obras a desarrollar.

La figura N° 5 muestra una perspectiva hacia el Noroeste con la posición de las obras a desarrollar: Amarillo (Dique de Colas; Verde (Escombrera de Óxidos); Naranja oscuro (Escombrera de Baja Ley) y Naranja claro (escombrera de Lastre).

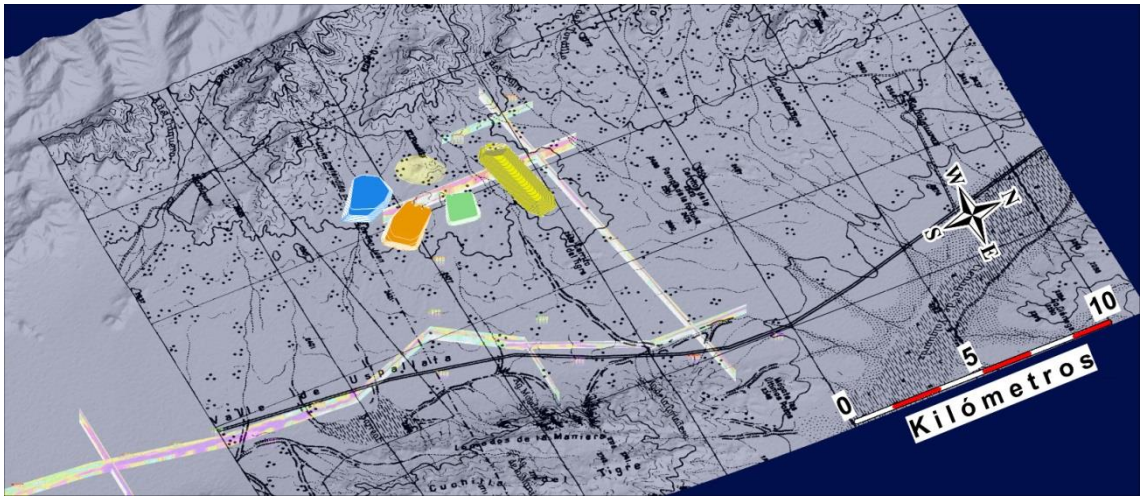


Figura Nº 6

En la figura N° 6 y 7 se observa el mapa del instituto geográfico militar (1:100.000) sobrepuesto a la topografía de la zona del proyecto donde se puede consultar la toponimia y detalles de nombres locales.

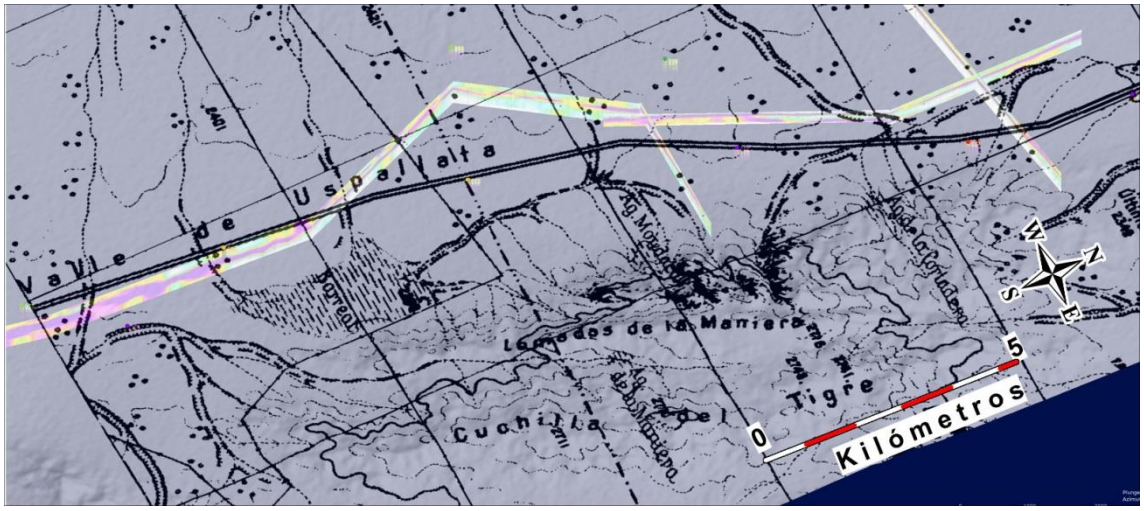


Figura N° 7

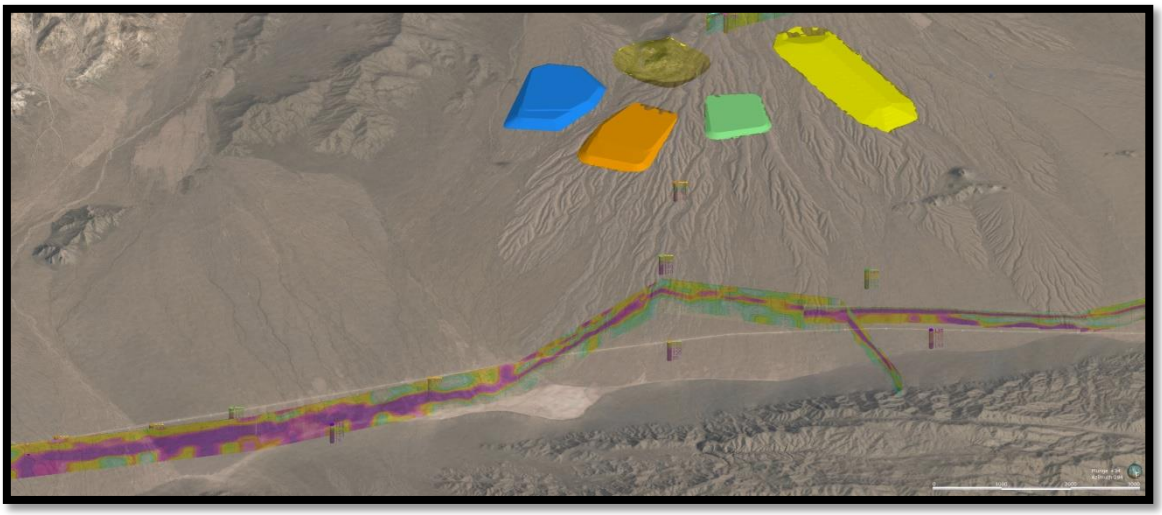


Figura N° 8

La figura N° 8 muestra el estudio integral de la conformación de niveles saturados de acuíferos dentro del valle cercano al Proyecto.

Quantec Geoscience Argentina S.A. realizó sucesivas campañas de geofísica con perfiles Transiente Electromagnético (TEM), superando los 35 km de estudios

siguiendo los accesos disponibles. Se pueden observar proyectados verticalmente, un Perfil Longitudinal con acoplamiento lateral de los distintos perfiles (Figura N° 8 y 9).

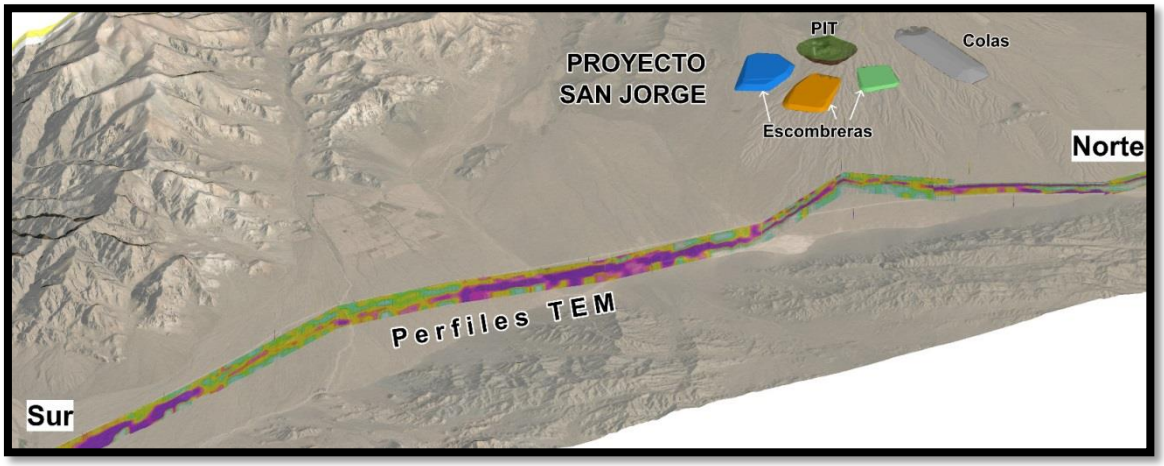


Figura N° 9

En la Figura N° 9 se presenta un corte en perspectiva longitudinal con la posición de los perfiles TEM debajo de la superficie topográfica. Nótese la alta segmentación que muestran los acuíferos afectados por estructuras locales a (Color azul oscuro a morado).

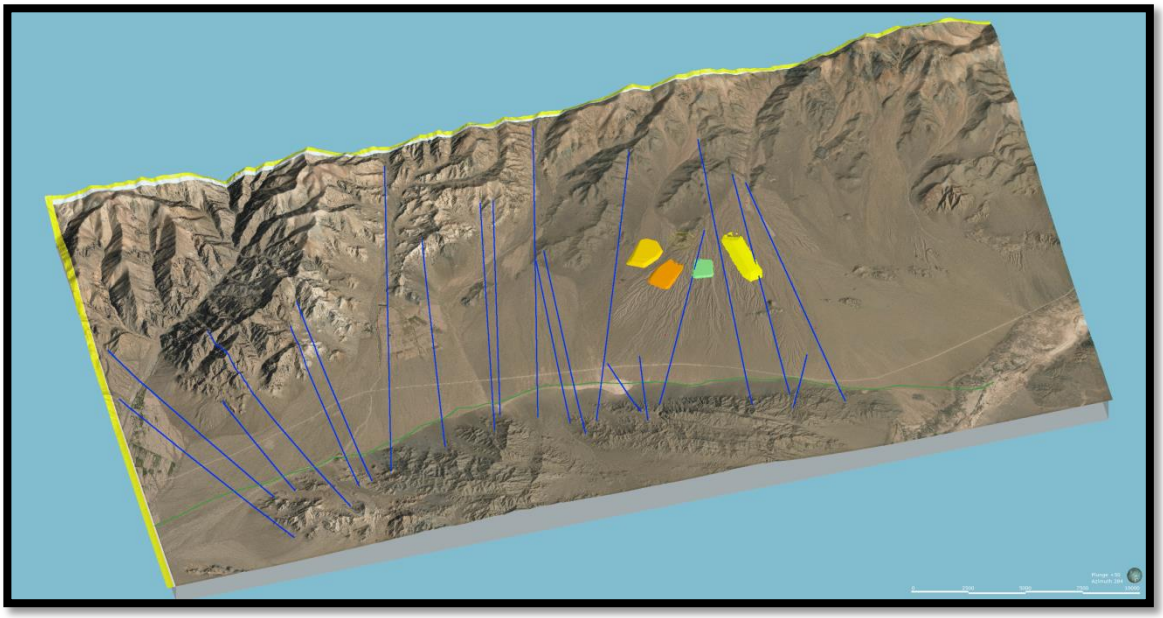


Figura N° 10

Tanto Cordillera frontal como Precordillera han sido finalmente afectadas por los movimientos Ándicos, durante el ascenso de la cordillera durante el Terciario. Son elementos Orográficos que están aflorando con delimitaciones fundamentalmente Sub-meridiana, en coexistencia con otro importante Dominio estructural de rumbo Este-Oeste (Figura N° 10).

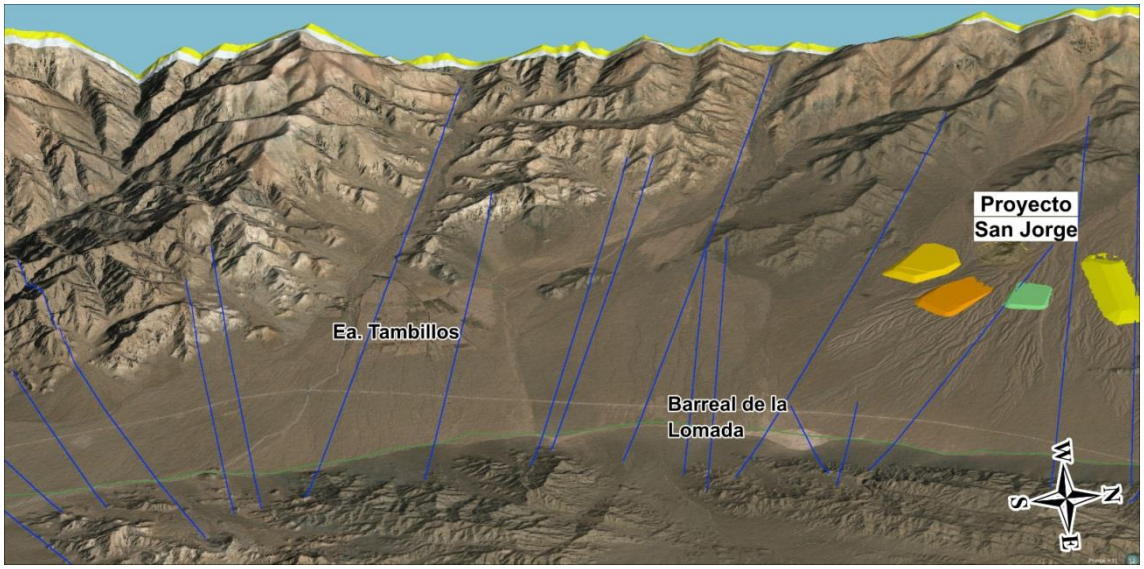


Figura N° 11

La estructuración este-oeste está relacionada con el levantamiento del Monte Aconcagua (65 Km al Sur-Oeste) que segmenta en forma transversal toda la región siendo de índole mayormente gravitacionales. Esto puede verse representado por los valles que son perpendiculares al Valle de Uspallata y coincidentes con dicho dominio estructural.

En la figura N° 11 se han trazado lineamientos y fracturas claramente visible tanto de un lado como del otro del valle, si bien no es determinante la exacta posición de inicio y fin de las trazas de fallas y lineamientos, están apoyadas en elementos lineales y dislocamientos alineados en imágenes que permiten trazar con relativa certeza dichas traza. No obstante, en cualquier caso, las estructuras transversales afectan al Valle como a los acuíferos subyacentes.

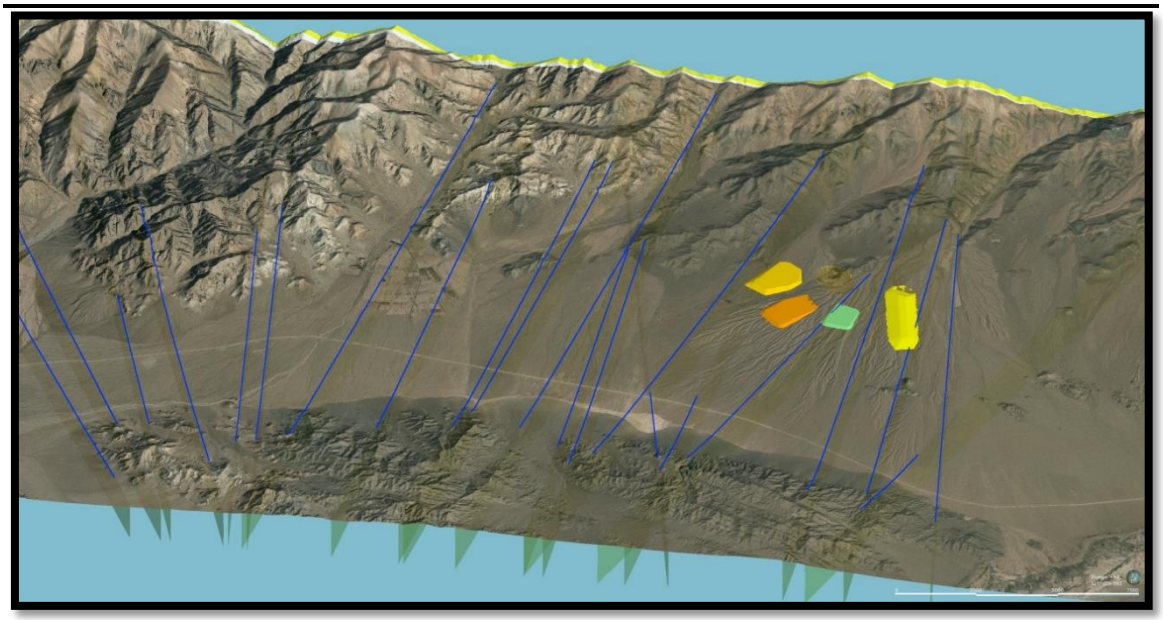


Figura N° 12

El mencionado fracturamiento es bien claro en la figura N° 12 donde puede observarse que, hacia el sur del proyecto, se define un bloque deprimido en el perfil de la figura, con fallas transversales que lo dejan por debajo de la topografía general y apunta a lo que sería la divisoria de aguas a través de una Sub-cuenca de equilibrio, situada a unos 350 metros al Sur del Barrial de la Lomada (parte central de la Figura N° 13). Se han trazado los planos correspondientes a las fallas identificadas.

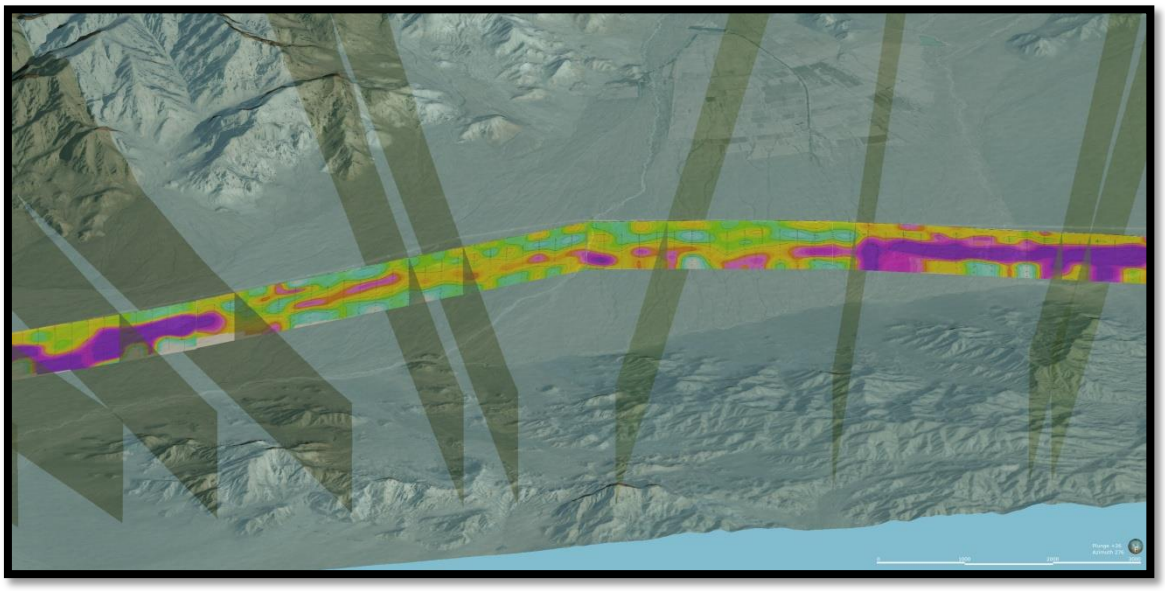


Figura N° 13

En la figura N° 13 se puede ver perfectamente como los lineamientos apoyados en expresiones naturales de superficie, segmentan de forma inequívoca a los acuíferos presentes en el área (color azul).

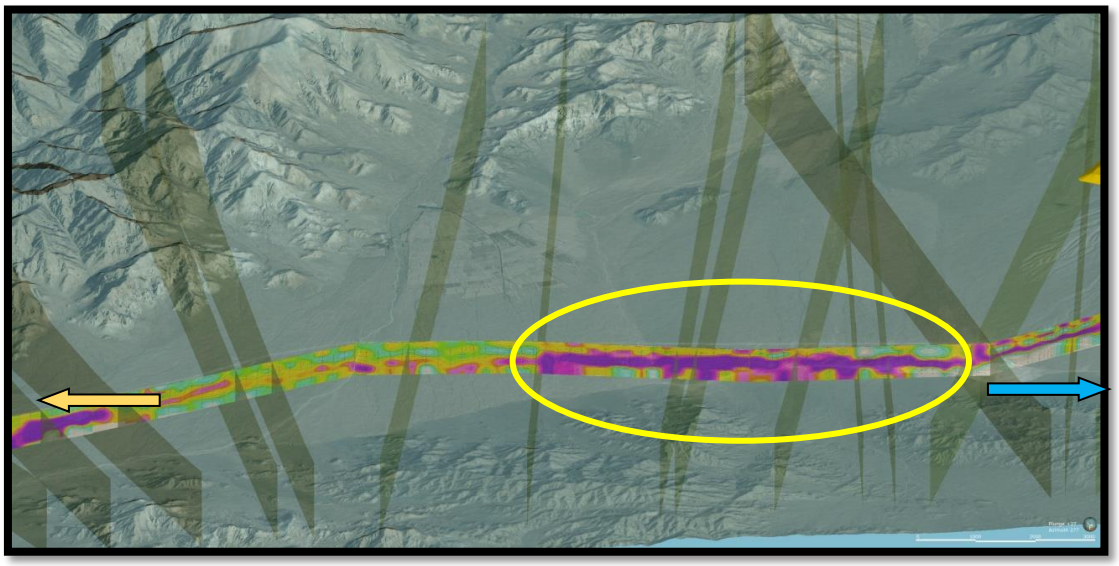


Figura N° 14

En la Figura N° 14 puede apreciarse el depocentro de Barreal de Lomada (en amarillo) que se presenta como sumidero de infiltración (por grandes fallas regionales) y de evapotranspiración (Barreal de la Lomada). Hacia el Sur (flecha naranja, luego del depocentro de Tambillos), se conforma el acuífero de cabecera que drena hacia Uspallata y hacia el Norte (flecha azul), para la Ciénaga de Yalguaraz.

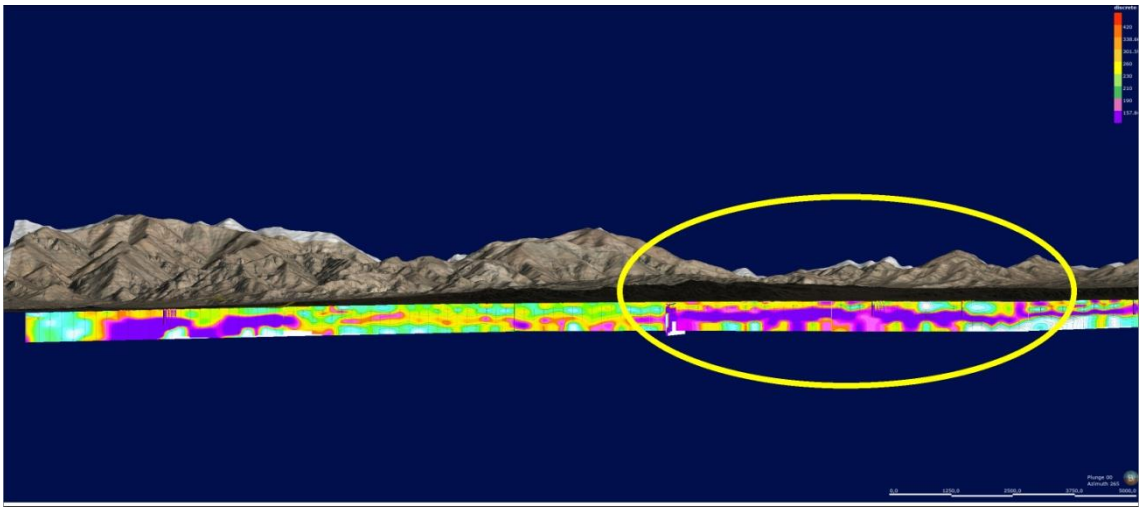


Figura N° 15

En la figura N° 15 se presenta la Proyección horizontal, perpendicular a los perfiles TEM. Nótese la fragmentación de los acuíferos, la escasez de acuíferos hacia el Sur y el depocentro de Barreal de la Lomada (en amarillo) definido por fracturamiento transversal al Valle Central.

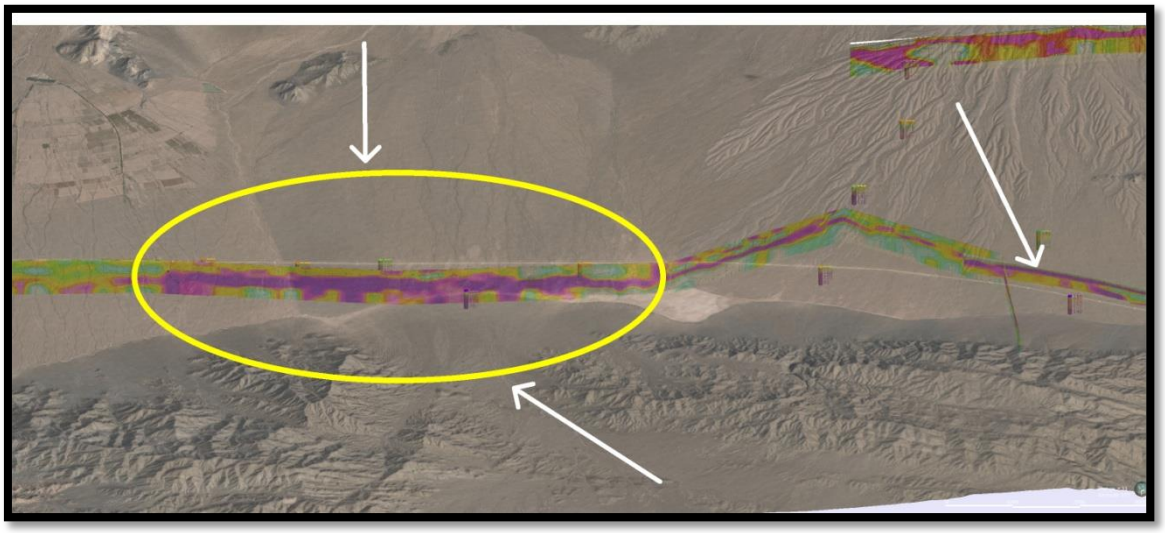


Figura N° 16

En la figura N° 16 se observa el bloque central, deprimido estructuralmente, conteniendo el depocentro Barreal de la Lomada (en amarillo). Los aportes al sector están definidos por las flechas blancas, siendo el mayor aportante el Arroyo El

Chiquero. El domo monoclinal del Este (parte inferior de la imagen), aporta con una cuenca de 19 ha, la cual desemboca en el sector. Por otro lado, el Arroyo el Tigre, configura una recarga hacia el bajo de la Ciénaga de Yalguaraz que se presenta como Nivel de Base dominante para el mismo.

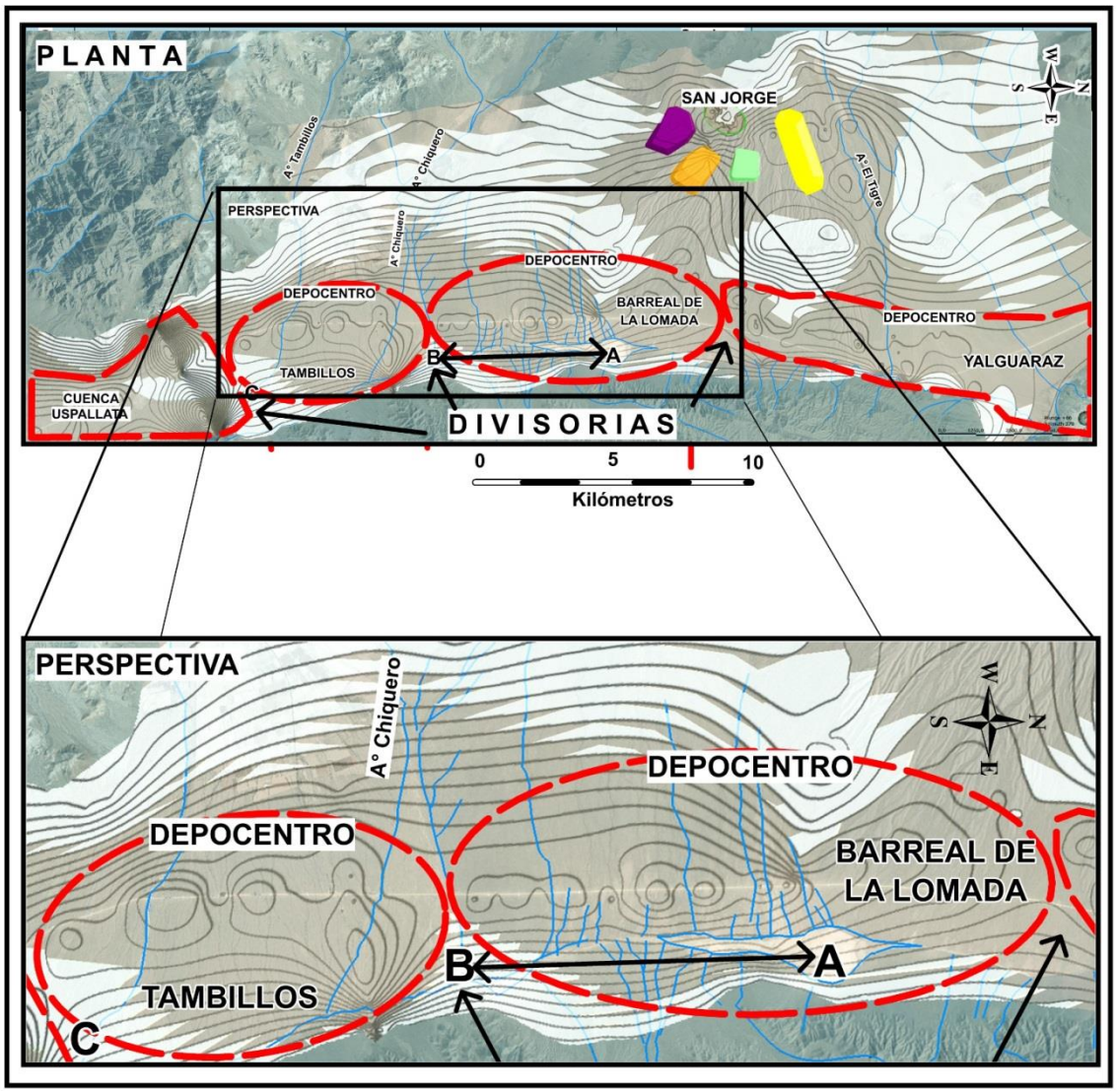


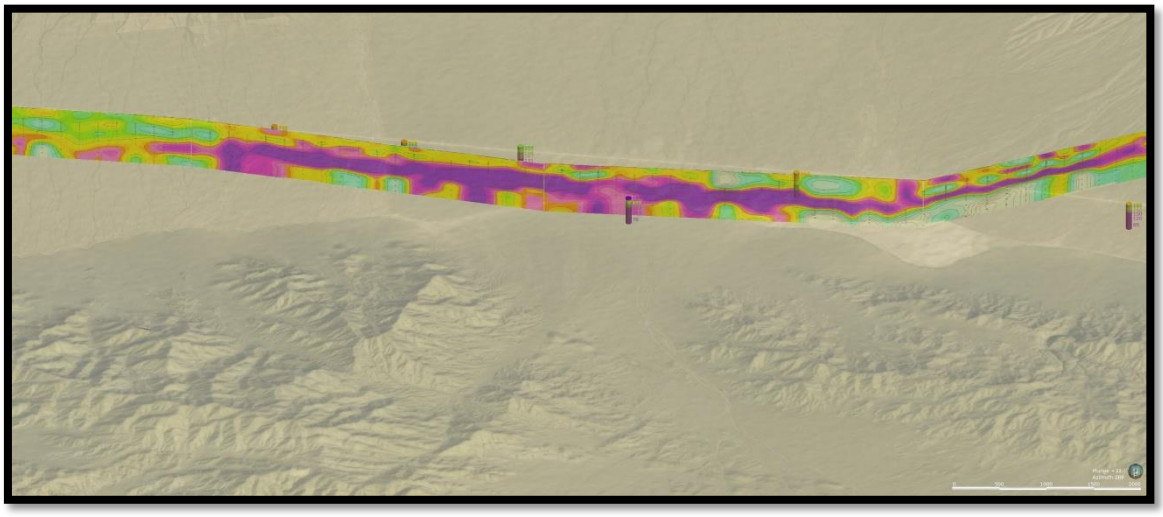
Figura N° 17: Imagen con la indicación de los depocentros (líneas rojas entrecortadas)

En la figura 17 se puede observar una vista en planta y otra en perspectiva de la porción Norte de la escorrentía del valle. Se puede ver cómo la superficie hidrogeológica obtenida a través de la integración de los datos disponibles de perfiles TEM, Sondeos

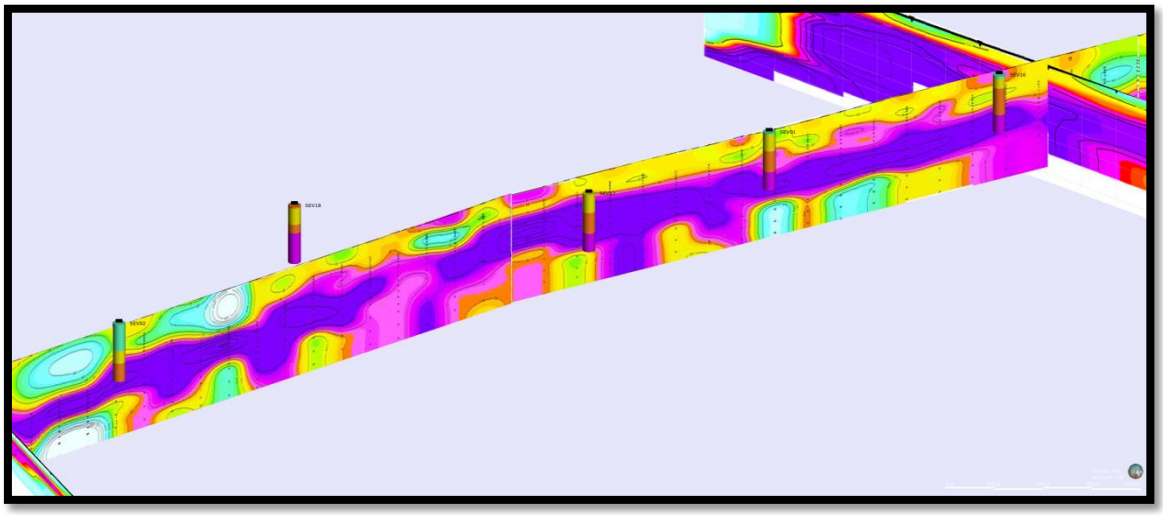
SEV y perforaciones de monitoreo, hacen evidentes al menos tres depocentros (Tambillos, Barreal de la Lomada y Yalguaraz). En la parte central, pueden verse altos estructurales que fragmentan y dislocan el basamento, configurando cuencas intermedias que se comportan como sumideros localizados. Merece mención la resolución del A° El Chiquero una vez que deja el sustrato rocoso y queda supeditado a un dominio sedimentario. Si bien es evidente una influencia antrópica por la explotación del recurso hídrico en Ea. Tambillos, se distinguen dos cursos principales. La bifurcación Norte toma una dirección contraintuitiva con tendencia a discurrir aguas arriba hacia el depocentro de Yalguaraz. En detalle y pudiendo contrastar esta actitud superficial con el basamento hidrogeológico, se hace evidente que este curso se resuelve hacia un nivel de base local y que aquí está representado por el Barreal de la Lomada. Esto último sugiere una notable divisoria de agua ubicada 6 km al sur de la pantalla de evaporación de la misma subcuenca (puntos A y B, figura Nº 17).

También puede verse un segundo alto con características de divisoria, situado 12 km al sur, coincidiendo con la desembocadura del Arroyo Tambillo (punto C, figura Nº 17).

Dada esta situación, estos depocentros no solo funcionan como sumideros locales sino que también se muestran como áreas de alta evaporación por estancamiento de las aguas subterráneas. Cualquier desbalance hídrico que se produjera en los depocentros centrales (Tambillos y Barreal de La Lomada), evidenciaría un flujo de escorrentía subterránea hacia la cuenca de Uspallata al sur y la cuenca de Yalguaraz al norte, el sistema de depocentros asociados, construyen un conjunto que hacen de este aporte un componente prácticamente despreciable dadas las dimensiones de la cuenca estudiada.



Figuras N° 18a



Figuras N° 18b

En las Figuras N° 18a, 18b y 19, se observan los Perfiles TEM contrastados con Sondeos Eléctricos Verticales (SEV´s). Nótese la correspondencia de detecciones a cotas equivalentes.

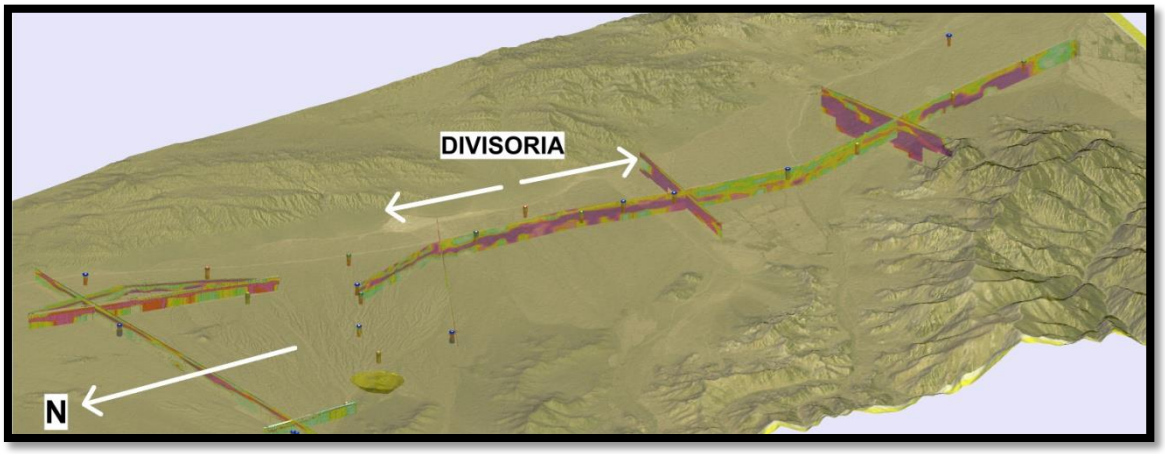


Figura N° 19

En la figura N° 19, se presenta una vista general del área hacia el sureste, con la localización de todos los perfiles TEM.

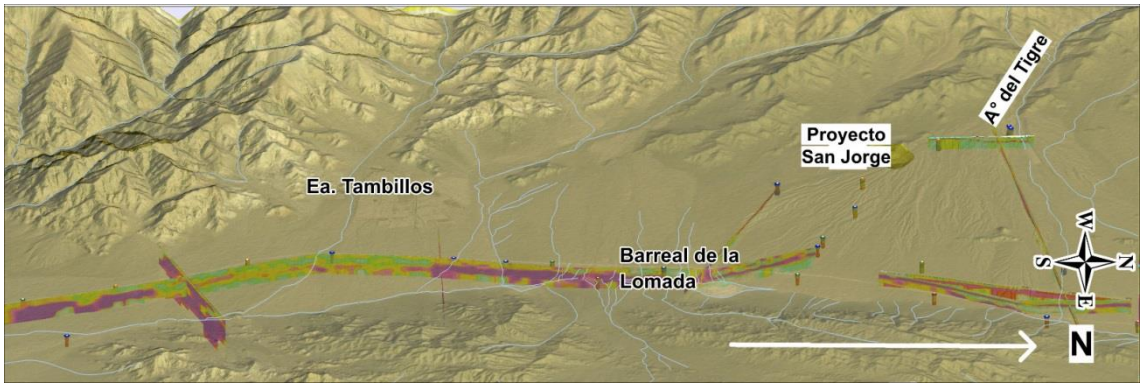


Figura N° 20a

La figura N° 20a y 20b, es la misma imagen anterior, con orientación opuesta mirando al Oeste, hacia la Cordillera del Tigre en Cordillera Frontal.

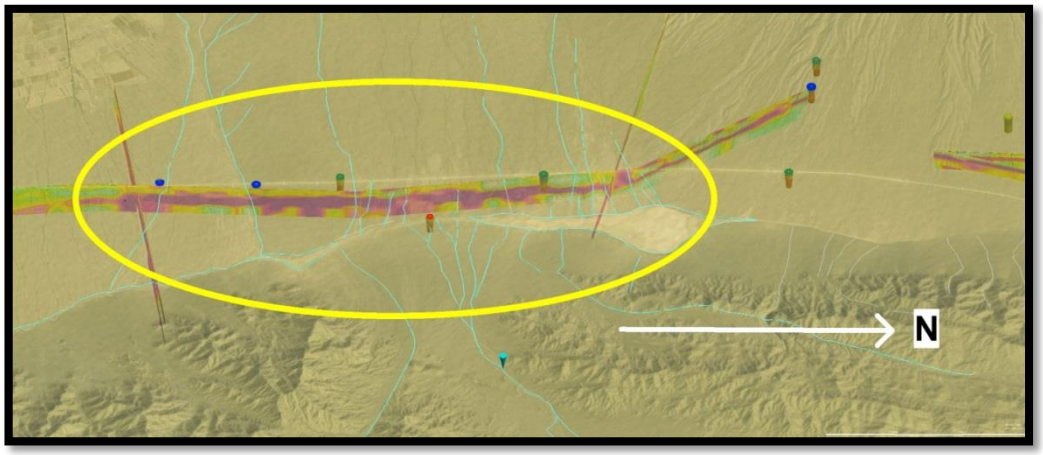


Figura N° 20b

En la figura N° 20b, se observa el sector central del depocentro de la subcuenca con los aportes intermitentes. Nótese que, el incipiente desarrollo erosivo, permite ver el drenaje proveniente del monoclinal central. En este punto, cambia de vergencia, dirigiéndose al Norte hacia el Barrial de la Lomada, mostrando que el agua superficial se resuelve buscando un nivel hidrográfico más estable.

4.2.1. Modelado Hidrológico en Los Alrededores del rajo (Pit)

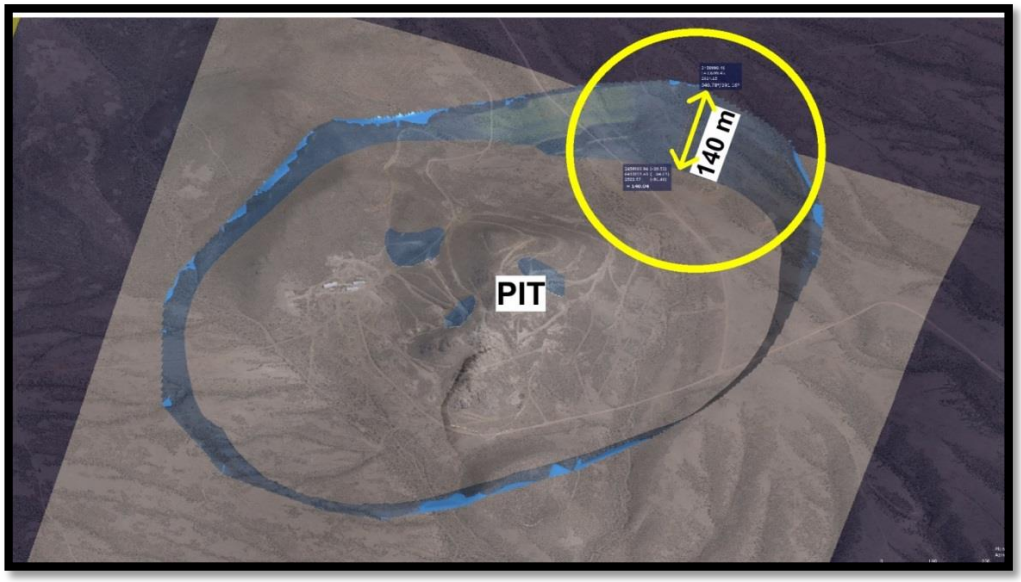


Figura N° 21

En la figura N° 21 se puede observar el sector del rajo, donde la superficie topográfica ha sido deprimida mostrando un aspecto del volumen erosivo del basamento, ocupado por las Gravas y relleno moderno. En la corrida directa se puede ver que, en la parte Norte del rajo, el espesor de las gravas alcanza unos 140 m desde el basamento rocoso hasta el coronamiento del rajo en cotas de superficie.

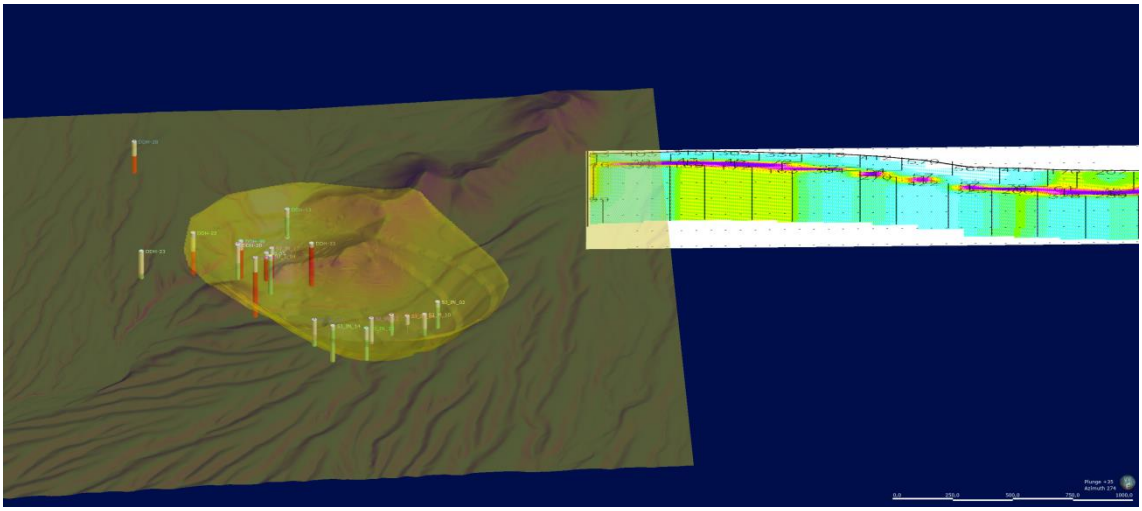


Figura N° 22

La figura N° 22 se presenta la topografía superficial con los sondeos medidos por SRK (2008). Esto se realizó con el fin de cuantificar la profundidad del agua, lo cual pudo observarse en los sondeos hídricos que no mostraban derrumbes y se pudo acceder a la profundidad real.

Todos los sondeos que están en la ladera Norte del Cerro San Jorge, prácticamente no tienen agua o están con fondo seco. Esto no sucede en la vertiente Sur, donde se supone la presencia de un sumidero local, asociado a alta fracturación en el sector.

La figura N° 23 muestra la posición del perfil TEM más cercano al rajo, que los separa unos 1300 metros.

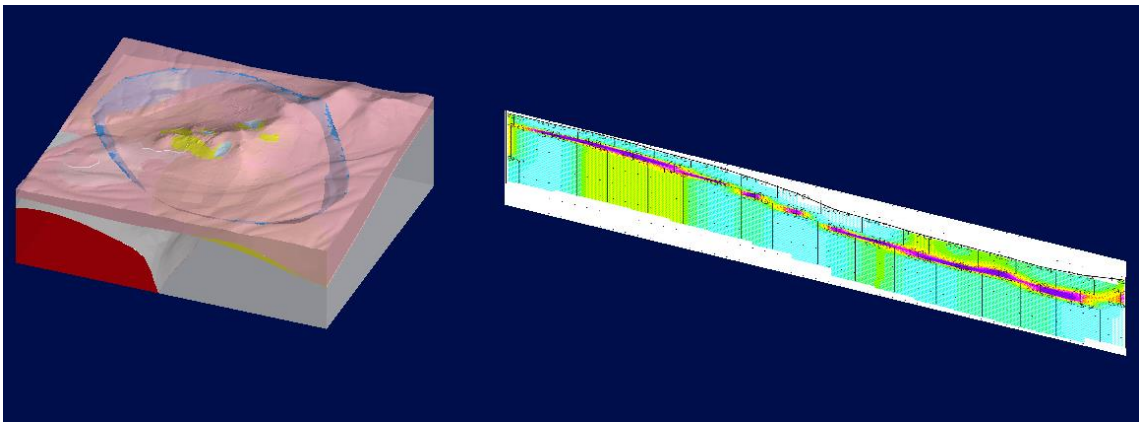


Figura N° 23

La figura N° 23 es una imagen integral del sistema de rajo con las rocas asociadas y la relación con el perfil TEM más cercano. El sólido de color rojo ubicado abajo y a la izquierda del block, representa el cuerpo granítico que participa del sistema.

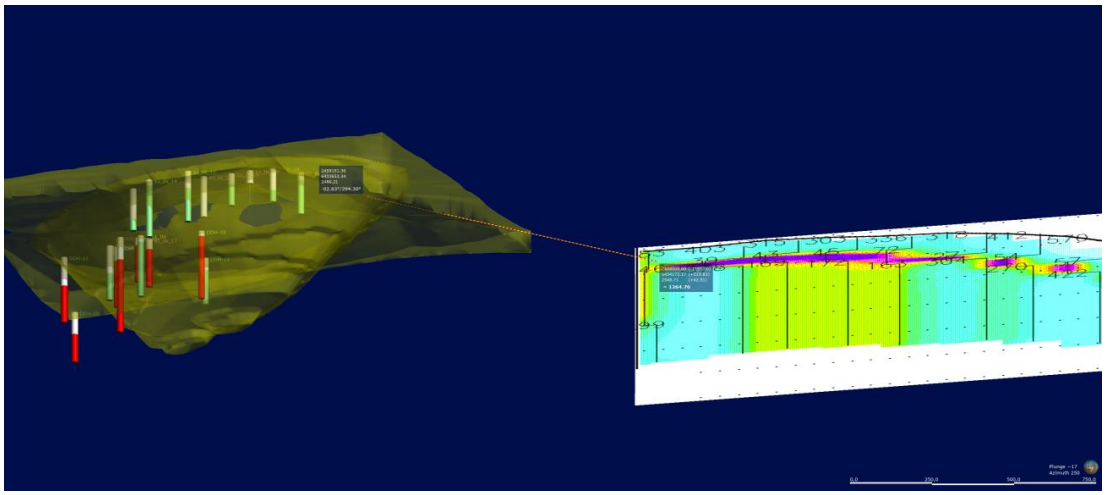


Figura N° 24

En la figura Nº 24 la distancia entre el perfil TEM más cercano al rajo es de 1260 metros, posición en la que se detectan, aunque desmembrados, los acuíferos de la cuenca del Tigre. El TEM se encuentra al Norte del rajo.

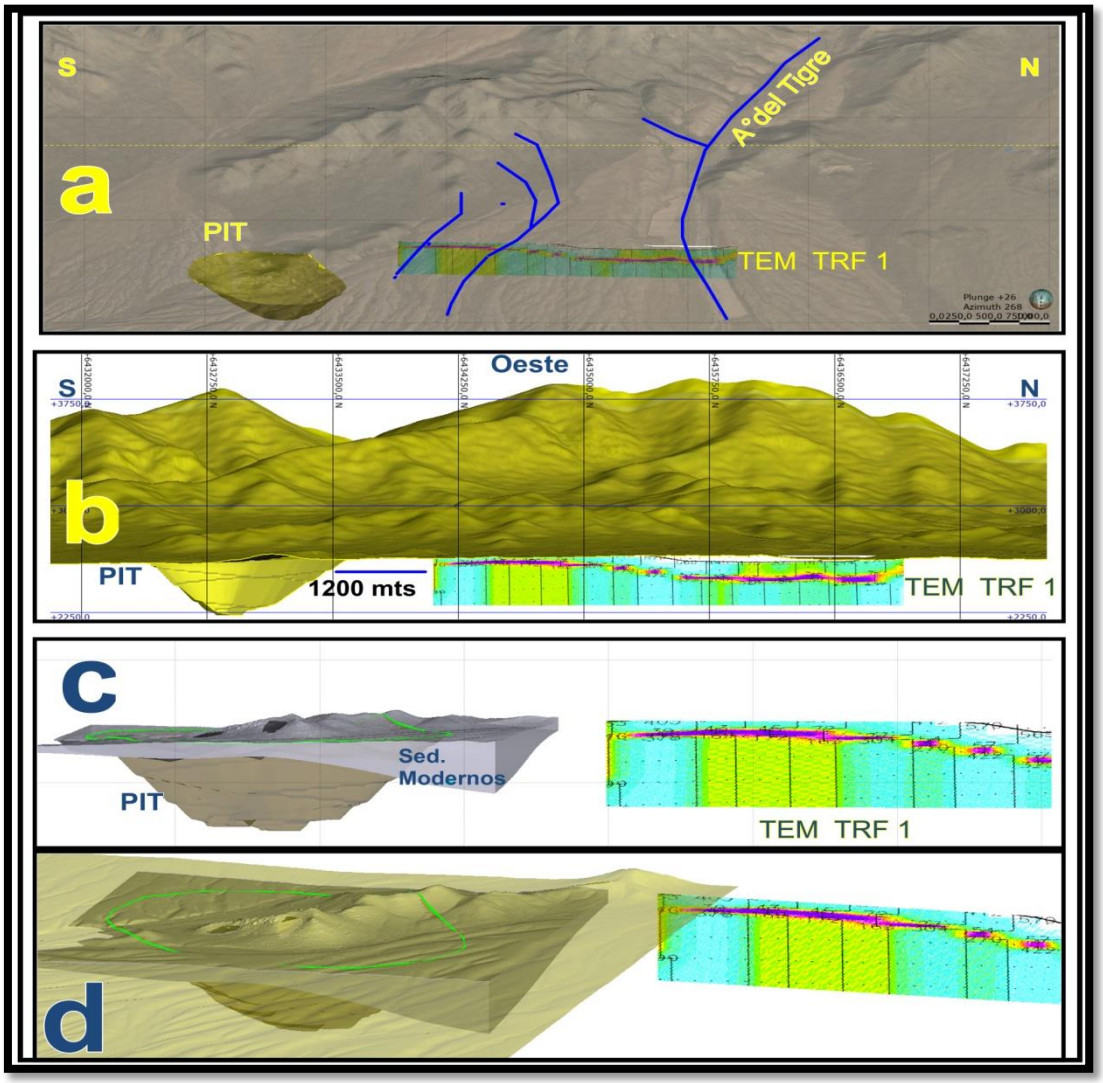


Figura N° 25

La figura N° 25 muestra la disposición del Perfil TEM TRF-1 que es el más cercano al rajo. Se puede observar que la escorrentía superficial en el sector del rajo es fundamentalmente local sin relación directa al A° del Tigre (a). Aquí puede verse que las cabeceras locales drenan de la misma serranía quedando condicionado su flujo a episodios pluviométricos estacionales.

En la Figura 25(b) se destaca un perfil ortogonal con vista al Oeste donde se mide una separación de los escasos acuíferos detectados con las paredes de PIT de más de 1.200 m.

En las Figura 25 (c) y (d) se muestran perspectivas en referencia a los sedimentos modernos pudiéndose medir una cota de los acuíferos por debajo de las paredes rocosas

Adelantando una conclusión, se pueden destacar dos puntos:

a) Existe una subcuenca en situación de equilibrio que comparte aguas subterráneas solo en el caso de que la evapotranspiración sea superada por fuertes lluvias estacionales. El sector sugiere un punto de sumidero hacia profundidad, asociado a tectónica regional.
b) La futura excavación evidencia no afectación a los acuíferos localizados en las cercanías del mismo.

4.2.1.1 Análisis de los Parámetros Hidráulicos (permeabilidad, porosidad y niveles estimados de la napa freática)

En SRK (2008) se resumen los Trabajos Hidrogeológicos de Terreno. En el mismo, se han obtenidos datos de permeabilidad a través de pruebas de Packer en los sondajes geotécnicos en perforación en el sector del rajo, además de la medición de niveles en los sondajes existentes en toda la zona de estudio que involucra los sitios de disposición del tranque de relaves, el botadero y la planta de proceso (Tabla Nº 1).

Sondaje	Sección Test (m)		Fecha Prueba	Conductividad Hidráulica k			Unidad
	Desde	Hasta		m/s	m/d	cm/s	
SJ-MEC-08	225.50	228.50	10-09-2008	6.9E-06	5.9E-01	6.9E-04	Arenisca con tramos de conglomerado
SJ-MEC-02	132.00	137.20	14-09-2008	4.9E-06	4.3E-01	4.9E-04	Arenisca
SJ-MEC-07	109.00	112.70	15-09-2008	8.3E-06	7.2E-01	8.3E-04	Arenisca con fracturas menores
SJ-MEC-06	237.00	240.85	26-09-2008	5.7E-06	4.9E-01	5.7E-04	Arenisca con fracturas menores
SJ-MEC-04	132.50	135.60	28-09-2008	8.4E-07	7.2E-02	8.4E-05	Intrusivo con fracturas menores

Tabla Nº 1: Conductividad hidráulica en perforación en el sector del rajo

Medición Niveles de Agua Subterránea

En SRK (2008) se revisaron 69 sondajes y pozos de observación existentes en el área que involucra el sector del rajo, botadero, tranque de relaves y planta de procesos.

Del total de puntos revisados, sólo 6 sondajes evidenciaron la presencia de agua subterránea, estos son los sondajes SJM-04, DDH-39, DDH-22, DDH-28 y los pozos de observación M5 y SJ-PM-1, la mayoría ubicados en la llanura, excepto el SJM-04, sondaje cercano al SJ-MEC-02 que recientemente ha sido perforado, por lo tanto, podría indicar agua de perforación inyectada al acuífero en forma puntual.

En términos generales se puede decir que el área del rajo no posee agua subterránea.

Se agrega que, la mayoría de los sondajes revisados se encontraban embancados a profundidades cercanas a los 30 m (ver Tabla 2).

A partir de la información recopilada en terreno se puede decir preliminarmente que el agua subterránea en la llanura se encuentra aproximadamente a 80 m de profundidad media, la que varía según la morfología específica en cada caso.

En los PACKER TEST, se han medido los siguientes coeficientes de permeabilidad (SRK, 2008):

- SJ-MEC-08: k = 6.9E-06 m/s
- SJ-MEC-02: k = 4.9E-06 m/s
- SJ-MEC-07: k = 8.3E-06 m/s
- SJ-MEC-06: k = 5.7E-06 m/s
- SJ-MEC-04: k = 8.4E-07 m/s.

• Valores de la permeabilidad (K) • (Adaptado de Villanueva e Iglesias, 1984)		
K (m/día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
$K < 10^{-2}$	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10^{-2} < K < 1$	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
$1 < K < 10$	Media	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.

10 <K<100	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
100 <K	Muy alta	Pozos de más de 100 l/s con 10 m de depresión teórica

Tabla N° 2: Valores de la permeabilidad (K)

La Tabla N° 2 indica que la posibilidad de acuífero según la (K) permeabilidad, para la zona sería Muy Baja, correspondiente a Pozos con caudal menor a un 1 l/s con 10 m de depresión teórica.

4.2.1.2 Balance Hídrico y Vulnerabilidad del acuífero

El objetivo del reporte es analizar la estabilidad química de las paredes y del lago del rajo (laguna que pueda generarse en el rajo durante la operación o en el largo plazo). Para esto se debe considerar la composición química del yacimiento, y antecedentes de otros proyectos mineros similares. En el caso de presentarse el riesgo de generación de drenaje ácido, se propondrán alternativas para la estabilidad química del yacimiento, considerando como referencia, la Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras del año 2015, de Sernageomin de Chile u otra similar.

El objetivo secundario, si fuera el caso, es tener las bases para desarrollar un plan de mitigación de los impactos proyectados a través de la prevención, minimización y/o compensación si fuera necesario.

4.2.2. Balance Hídrico (Artois, (2022)

Se ha tomado en consideración el informe de Artois, (2022), debido a que el mismo realiza el Balance Hídrico para el Proyecto San Jorge. Este describe los siguientes ítems:

4.2.2.1. Clima y topografía

El informe de Artois (2022), indica, respecto al Régimen nival y pluvial que, de acuerdo a los datos de las estaciones meteorológicas regionales y la estación local en San Jorge (periodo 2007-2010), la precipitación sólida (nieve) ocurre generalmente en la alta

cordillera por sobre los 2.600 msnm. La precipitación liquida (lluvia) se distribuye principalmente a lo largo de las llanuras del valle. Por ende, la estación de San Jorge, ubicada en 2.600 msnm en el piedemonte del valle, registra, en su mayoría, lluvias estivales. Esto correspondiente a la precipitación media mensual de un año hidrológico.

La fluctuación en altura de la línea de nieve, durante el invierno, se ubica en la cota 2.600 msnm y sube, a medida que aumentan las temperaturas durante la primavera y el verano, hasta alcanzar una cota de 4.100 msnm.

Además de estar ubicado en una zona transicional, también existe un cambio en la tasa de precipitación de acuerdo a la altura topográfica. La precipitación media anual en Uspallata (1.890 msnm) suma 159 mm/año y aumenta a 381 mm/año en Cristo Redentor (3.830 msnm). Se calcula un incremento del orden de 10 mm por cada 100 m de cambio en altura.

- **Régimen de sublimación y evapotranspiración**

La evapotranspiración potencial, registradas directamente en las estaciones Uspallata y Punta de Vacas, mide en promedio 1.780 mm al año, pero varía entre mínimos mensuales de 20 mm/mes en el invierno y máximos de hasta 260 mm/mes en el verano.

Debido a la ausencia de actividades agrícolas aguas arriba del oasis de Uspallata, no se evidencian pérdidas adicionales de evapotranspiración asociadas a cultivos. Sin embargo, por sobre la línea de nieve del verano (4.100 msnm), la perdida principal es por efecto de sublimación. Según la literatura especializada, la tasa de sublimación en los Andes Centrales (lat. 30.08º S) es del orden de 1,9 mm/día (Ginot et al, 2001). Equivaldría a unos 340 mm durante 6 meses del año.

- **Superávit de agua y precipitación neta**

A pesar que la evapotranspiración potencial, basado en estadísticas anuales, excede ampliamente la precipitación, existe un periodo de 2 meses en invierno (junio y julio) donde se acumula un superávit de agua. Dicho recurso se mantiene almacenado en forma de nieve y hielo en la alta cordillera. Cuando las temperaturas aumentan en los

meses de primavera y verano, la fusión y el deshielo generan escorrentías superficiales que, aguas abajo, infiltran a lo largo de los depósitos permeables de piedemonte y los conos de deyección. Según el cálculo de la precipitación neta (es decir: PMA-PET), los aportes generados por sobre la línea de nieve, serian equivalentes a un promedio de 34% de la PMA (144 mm/año).

En cambio, las precipitaciones estivales sobre las llanuras del valle ocurren durante la época de mayor evapotranspiración, limitando así su potencial aporte y recarga. Basado en la precipitación neta, el aporte de agua por debajo de la línea de nieve, no superaría un promedio 4% de la PMA (7 mm/año).

Las fuentes de escorrentía y la importancia de los deshielos estacionales en el balance hídrico también fueron confirmados a través de los estudios hidroquímicos e isotópicos en la cuenca de Uspallata y Yalguaraz (Lana et al, 2021).

4.2.2.2. Cuencas hidrológicas y coeficientes de escorrentía

El valle de Uspallata se subdivide en 2 cuencas hidrológicas, a saber:

• La cuenca hidrográfica Yalguaraz (797,4 km^2): La cuenca Yalguaraz forma una depresión intermontana limitada por la Cordillera Frontal (poniente) y la Pre-cordillera (oriente). La depresión se encuentra rellenada con sedimentos, conos de deyección y depósitos de piedemontes. Debido a la alta permeabilidad de estos rellenos sedimentarios, se genera una infiltración rápida de las escorrentías generadas en la Cordillera. Hidrológicamente, se clasifica como una cuenca arreica con descarga subterránea hacia la Ciénaga homónima. El Arroyo el Tigre, el único arroyo con un caudal continuo (antes de infiltrar en la cota 2531 msnm), se encuentra en el extremo sur de la cuenca. Según el mapa hidrogeológico de Mendoza (Gobierno y Universidades de la región Andina Argentina, 1996), la cuenca Yalguaraz almacena un volumen de 750 Hm^3 en recursos hídricos subterráneos. Sin embargo, en el presente, no existen actividades agrícolas.

• La cuenca hidrográfica Uspallata (1018,3 km^2 hasta la descarga del Arroyo Tambillo.- reportado por Andess, 2023): La cuenca colinda con la de Yalguaraz y, tectónicamente,

es la continuación de la depresión intermontana anteriormente mencionada. La Pre-cordillera disminuye en elevación hasta desaparecer en la confluencia con el rio Mendoza. Debido a su mayor superficie, mantiene un recurso hídrico mayor, alimentado por las escorrentías del deshielo y, en menor grado, por las lluvias estivales. Según el mapa hidrogeológico de Mendoza (Gobierno y Universidades de la región Andina Argentina, 1996), la cuenca Uspallata almacena un volumen de 1000 Hm^3 en recursos subterráneos.

El Barreal de la Lomada se ubica en el extremo norte de la cuenca Uspallata, aguas abajo, el flujo alimenta el oasis de Uspallata y las actividades agrícolas (Artois, 2022).

Nota del autor: Tal cómo se verá en el punto discusiones el autor discrepa respecto a esta aseveración ya que las cuencas subterráneas y superficiales no son coincidentes tal como se presenta SRK (2018), Lucero (2018) y Lana (2021).

4.2.2.3. Balance hídrico

El régimen tectónico extensional ha generado una topografía accidentada con "graben" o cuencas sedimentarias rodeadas por una cadena de afloramiento de rocas de baja permeabilidad o "horst". Dicha cadena montañosa constituye un divisorio de aguas que genera un flujo hacia las llanuras sedimentarias a ambos lados de las cumbres, así formando regímenes hidrológicos independientes.

La precipitación es la fuente principal de aguas en las cuencas intermontanas de Yalguaraz y Uspallata. Dependiendo de la altura topográfica, la precipitación se presenta como liquida (lluvia) o solida (nieve). En tanto, las pérdidas se producen a través de la sublimación, la evapotranspiración, la escorrentía, la infiltración y la salida de aguas subterráneas. Siendo Yalguaraz y Barreal de la Lomada cuencas arreicas (es decir: sin caudal superficial continuo hacia el punto de descarga), se agrupa la tasa de escorrentía e infiltración en "precipitación neta".

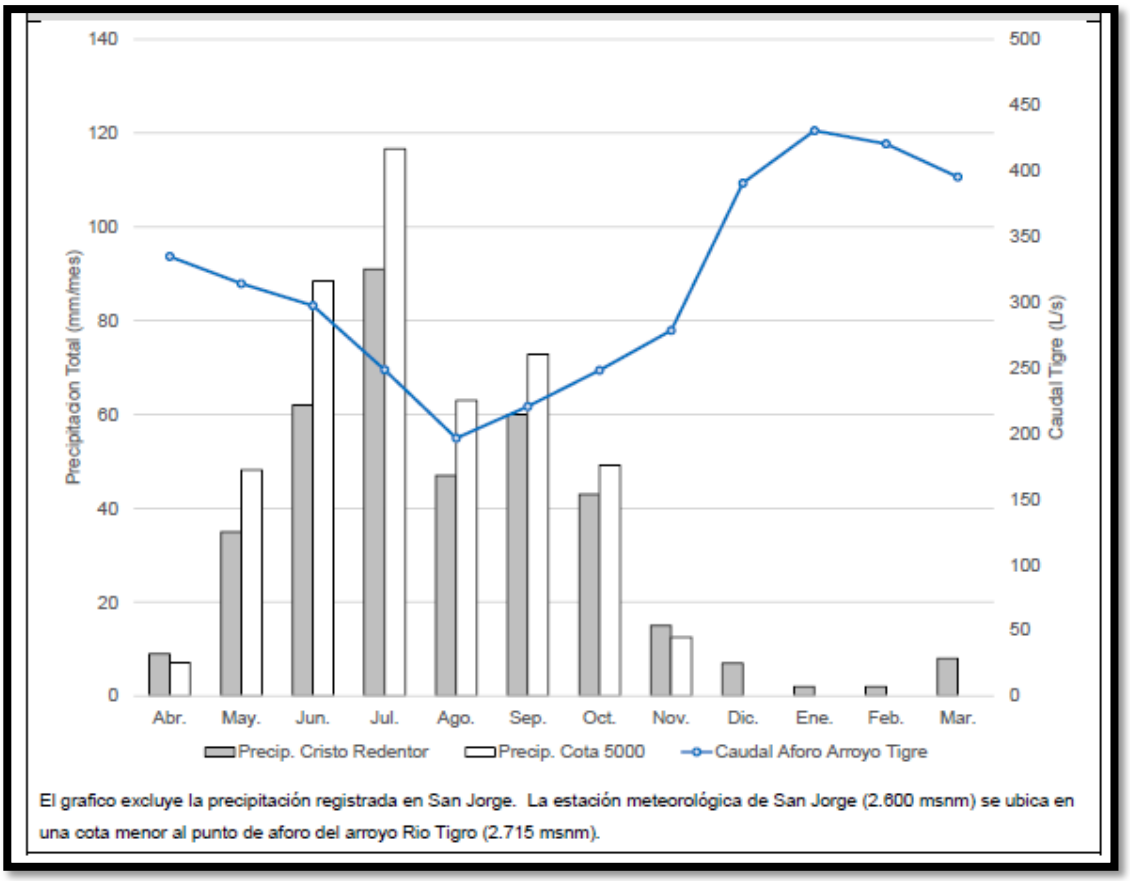


Figura N° 29

4.2.2.3.1. Condiciones naturales de línea base

A continuación, se presenta el balance de agua estacionaria según condiciones naturales de línea base. Debido al efecto topográfico, distintos mecanismos de entrada y perdida predominan en cada sector (Cordillera / Llanura / Ciénaga o Barreal)

A modo de aclaración, la Figura N° 31 grafica los resultados a través de un perfil hidrológico transversal a lo largo de la cuenca Yalguaraz. La tasa, expresada en mm/año, se multiplica por su respectiva área de exposición para obtener un caudal de flujo aportado por cada sector (expresado en L/s). Se observa lo siguiente:

1. Sector Yalguaraz Cordillera (>2.600 msnm): Durante la época de los deshielos, este sector de 315,7 km^2 aporte una escorrentía de 1.441 L/s (1,44 m^3/s). El coeficiente de escorrentía de 4.6 L/s/km es similar a lo registrado en el Arroyo El Tigre. Según la

Ecuación 1, el caudal de aporte se obtiene descontando la sublimación (3.063 L/s) de la precipitación total sobre la Cordillera (4.505 L/s). La escorrentía aportada por el lado occidental de la cuenca (es decir, al oeste de la ciénaga) es del orden de 680 L/s.

2. Sector Yalguaraz Llanura (<2.600 msnm): Este sector de 481,7 km^2 permite la infiltración nívea (1.441 L/s) y la de lluvias estivales (107 L/s). Es decir, 93% de las recargas son generadas por la infiltración de aguas del deshielo. Según la Ecuación 2, la infiltración proveniente de las lluvias estivales se calcula descontando la evapotranspiración (2.887 L/s) de la precipitación total sobre la Llanura (2.994 L/s).

3. Sector Ciénaga de Yalguaraz: La ciénaga cubre una superficie aproximada de 34,7 km^2. Debido a la poca profundidad del nivel freático y la surgencia de aguas subterráneas en el sector, se genera una tasa de evapotranspiración alta. Según los registros históricos y cálculos teóricos (Ivanov y Blaney-Criddle), se estima una tasa promedio de 1.394 mm/año, siendo equivalente a 1.536 L/s. Es decir, en condiciones naturales, todas las aguas generadas en la cuenca Yalguaraz (1.444 L/s+107 L/s = 1.548 L/s) se evapotranspiran a través de la ciénaga (1.536 L/s) (error balance: <1%).

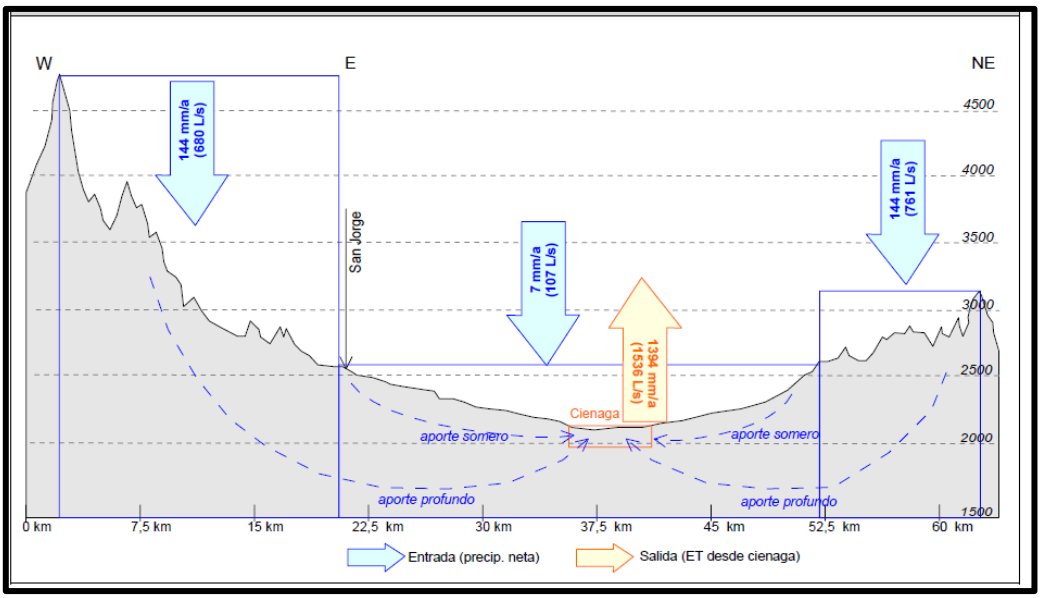


Figura N° 30: Perfil transversal hidrológico – condiciones de línea base: Cuenca Yalguaraz

Para el sector Barreal de la Lomada / Quebrada Seca (ver Figura N° 31), se observan condiciones similares, a saber (Artois, 2022):

1. Sector de la Lomada Cordillera (>2.600 msnm): Las escorrentías producidas por los deshielos en la Cordillera promedian 151 L/s (superficie 33 km^2).

2. Sector de la Lomada Llanura (<2.600 msnm): Las infiltraciones de las lluvias estivales generan una recarga de 25 L/s a través de una superficie de 114,2 km^2.

3. Sector Barreal de la Lomada: La superficie del Barreal de la Lomada se limita a 1,8 km^2. Por ende, las perdidas por efecto de evapotranspiración se mantienen en unos 74 L/s, siendo menor a la totalidad de las aguas recargadas anualmente en este sector (151+25 L/s=176 L/s). Por ende, se asume un caudal de salida subterránea de 102 L/s (Artois, 2022).

El Barreal de la Lomada se ubica en el extremo norte de la cuenca Uspallata, aguas abajo, el flujo alimenta el oasis de Uspallata y las actividades agrícolas (Artois, 2022).

Nota de Autor: Se destaca que el agua subterránea del Sector Barreal de la Lomada se reparte entre evapotranspiración, en una superficie de 1 km^2 (Figura Nº 27) y a través de sumideros causados por la coincidencia de fracturas conjugadas, profundas, de carácter regional, que coinciden en el área.

La presencia en sí, del Sector Barreal de la Lomada se debe a la ubicación del acuífero subyacente (Depocentro en amarillo – Figura Nº 14, 15 y 26).

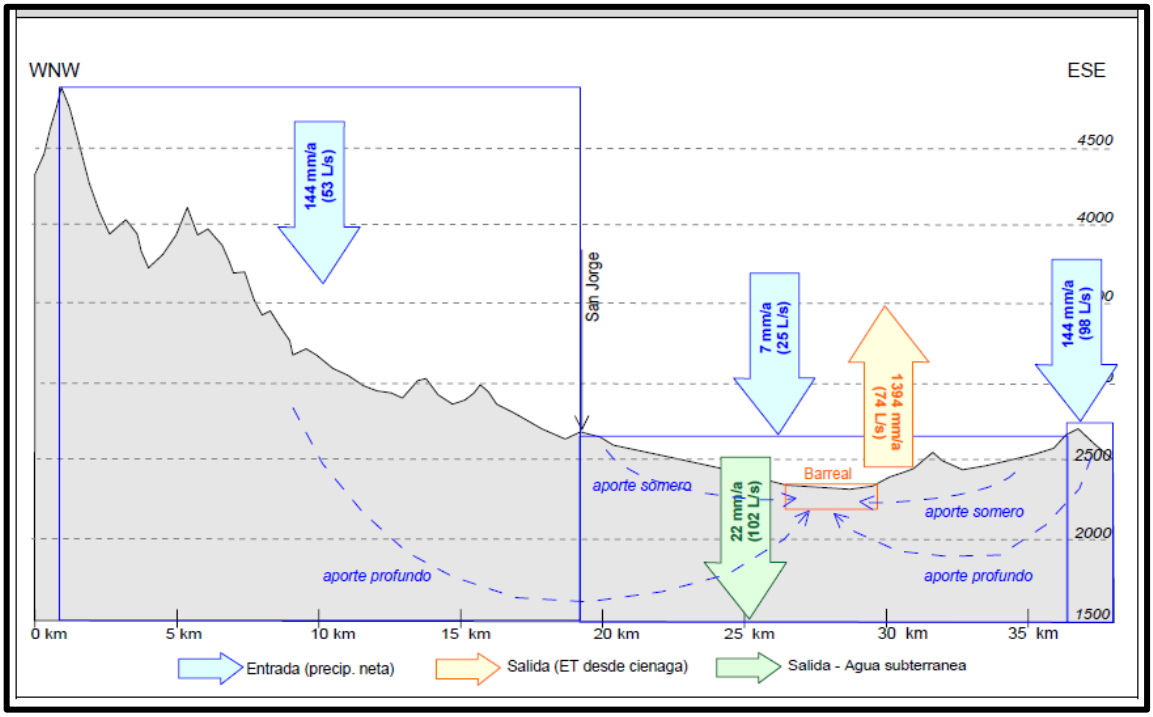


Figura N° 31: Perfil transversal hidrológico – condiciones de línea base: Barreal de la Lomada

4.2.2.3.2. Condiciones durante la operación minera

Las condiciones de operación serán evaluados una vez obtenidos los nuevos registros de terreno y completados los modelos de simulación. Mientras tanto, se anticipa los siguientes cambios en el balance de aguas del sector:

1. Abastecimiento: San Jorge propone la extracción de 141 L/s de aguas frescas desde el Arroyo el Tigre. El mismo mantiene un caudal promedio de 314 L/s, con extremos medios mensuales de 196 y 562 L/s. Una eventual extracción de aguas en el mismo punto de aforo, equivaldría a una reducción del orden de 45% del caudal medio anual (=141 / 314 L/s). Sin embargo, en la totalidad de la cuenca Yalguaraz, se reduce a un impacto de 9% (=141 / 1.544 L/s).

2. Drenaje: La mina extraerá el mineral a través de un rajo abierto el cual será parcialmente drenado para evitar derrumbes y reducir la generación de aguas de contacto. Se anticipa activar el drenaje al interceptar la cota 2.520 msnm (80 m bajo la superficie) (SRK, 2008). En forma preliminar, se calcula una tasa de bombeo entre 5 y 20 L/s. Considerando la totalidad de la cuenca Yalguaraz, equivale a un impacto de

hasta 1,3% (20 / 1.544 L/s). Para reducir el impacto, en estudios posteriores se recomienda evaluar la sustitución de aguas frescas captada en el Arroyo El Tigre, por las aguas interceptadas en el rajo.

3. Infiltraciones: Se propone depositar colas espesadas, cuya humedad es menor a lo asociado con colas convencionales. Adicionalmente, las altas tasas de evaporación y el espesor de la zona no-saturada por debajo el depósito (mínimo 50 m de profundidad), impide la infiltración de aguas de contacto hacia el nivel freático. Los modelos numéricos de infiltración (SRK, 2018), indican una tasa de infiltración poco significativo que no alteraría la cantidad ni la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca de Yalguaraz.

4.2.2.3.3. Efecto del cambio climático

Según el estudio realizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022), se identifica la Provincia de Mendoza como un sector afectado por el cambio climático. El mapa de riesgo (SIMARCC) califica de baja riesgo el sector norte de la División Mendoza – Las Heras, con un cambio de -10 a-18 mm/año en las precipitaciones medias anuales hasta 2030. Es decir, equivale a una reducción en la precipitación media anual de 4 a 7%, dependiendo de la cota topográfica (cordillera versus llanura). En este reporte se distinguen los siguientes apartados:

5. DISCUSIONES

Según el estudio de SRK (2008) las pruebas de bombeo e infiltración realizadas en los pozos de monitoreo, determinaron valores variables de permeabilidad entre 0.01 m/d a 1 m/d. No obstante, estos valores se han considerado sólo como una referencia y se utilizará un valor de 3 m/d, típico para el tipo de depósito que caracteriza al acuífero.

Por otra parte, el análisis de los levantamientos TEM (SRK, 2018), muestra una zonación de los valores de resistividad, siendo estos moderados en superficie, los cuales pueden relacionarse a sedimentos secos. Por debajo de esos horizontes aparecen valores

conductivos hasta no más de 200 m de profundidad, compatibles con sedimentos finos tipo arcillas y/o sedimentos porosos con alto contenido de agua/humedad. Estas unidades yacen sobre otras de carácter mucho más resistivas que se interpretan como unidades de basamento o sedimentos secos y/o muy compactos.

En el referido informe, se indica que, en forma general se observa que el Perfil 1 de los levantamientos TEM, se ubica en un área donde las rocas son más resistivas, se presentan homogéneas, sin evidenciar discontinuidades que insinúen grandes cambios estructurales. La distribución de los valores de resistividad a lo largo de toda el área de estudio es similar en los perfiles 2, 3 y 4 y bastante diferentes a los del perfil 1, por lo que se puede plantear la hipótesis de que el límite de cuencas podría estar ubicado entre los perfiles 1 y 2 (figura Nº 26). Desde el punto de vista estructural, en la zona norte no se observan grandes fallas o zonas de fracturación que permitan la comunicación de los fluidos entre el Norte y el Sur del área, lo cual sugiere cuencas o zonas con un diferente régimen hidrogeológico.

Se carece de medidas de permeabilidad en el sector del rajo, para lo cual se deberá considerar los datos aportados por los sondeos TEM.

Es importante destacar que la presencia del cuerpo granítico en contacto con las rocas sedimentarias no es un contacto intrusivo típico sino más bien un contacto de índole tectónico estructural.

Es necesario considerar la posición geográfica respecto a la cordillera frontal en la cual el proyecto San Jorge se ubica en el límite Este de la cordillera Frontal y borde Oeste del Valle de Uspallata poniendo en contacto rocas del carbónico pérmico con el silúrico más antiguo representado por el monoclinal que se encuentra en el sector central de Valle.

Toda la región muestra afectación por grandes fallamientos, sobre todo en este sector, tanto longitudinales, meridianos y transversales E-W. Esta estructuración pertenece a las últimas etapas de acomodamiento de la cordillera, en su elevación sobre todo con cotas tan altas, que están representadas por el Cerro Aconcagua a unos 60 km al suroeste del proyecto.

Todos estos movimientos tectónicos han llevado a que las competencias relativas de la roca granítica frente a los cuerpos sedimentarios circundantes hayan producido un brechamiento y fracturamiento en sus alrededores, que han modificado localmente la permeabilidad del sector circundante al cuerpo ígneo.

Esto se puede observar claramente en el perfil realizado por el Grupo Minero Aconcagua Trf 2 que se presenta a continuación (Figura N° 32).

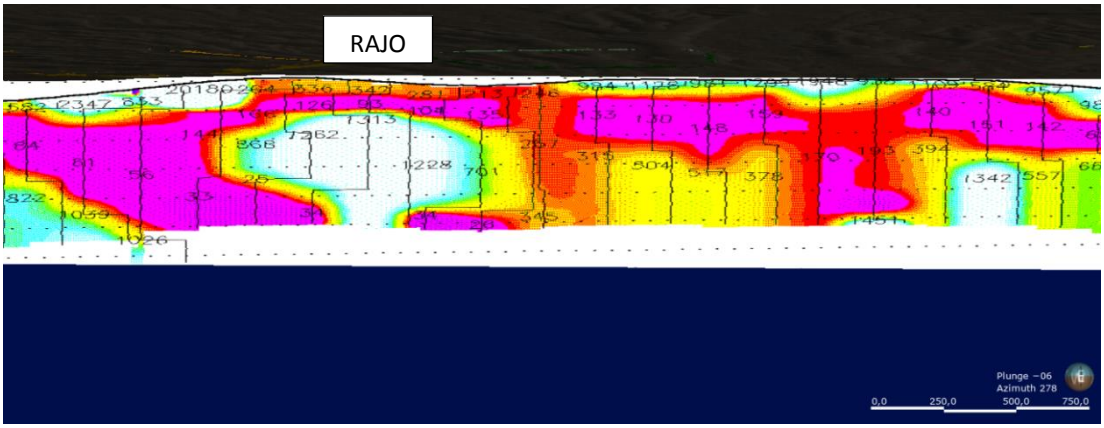


Figura N° 32: perfil Trf 2 - Grupo Minero Aconcagua

Considerando los aspectos tratados precedentemente, se pueden destacar dos ideas fundamentales:

- La distribución de los valores de resistividad a lo largo del área de estudio indicaría que el límite de cuencas podría estar ubicado entre los perfiles 1 y 2.
- Los datos de resistividad sugieren la existencia de cuencas o zonas (Cuenca de Yalguaraz y Barrial de la Lomada) con un diferente régimen hidrogeológico y no comunicados entre sí.

Interpretación de las cuencas hidrogeológicas

Es fundamental destacar que, el referido flujo subterráneo está supeditado a que el depocentro del Barreal de la Lomada, eventualmente se vincularía con los otros depocentros adyacentes (Tambillos al sur, Yalguaraz al norte), en el caso de

colmatación de su cuenca, lo cual es poco probable por el escaso aporte de las lluvias estacionales.

Por otra parte, es importante considerar que el autor (Artoiz 2021) menciona "Aguas Abajo", lo cual no identifica claramente las distancias desde el Barreal de La Lomada a la zona de recarga de la cuenca de Uspallata, ya que la escorrentía superficial marca un nivel de base más bajo, hacia el norte, como puede verse en las figuras Nº 26. Esta zona de recarga de la referida cuenca de Uspallata se ubica 2800 m al sur de El Barreal de la Lomada.

En el presente estudio se destaca que,

c) Existe una subcuenca en situación de equilibrio que comparte aguas subterráneas solo en el caso hipotético de que la evapotranspiración sea superada por fuertes lluvias estacionales. El sector sugiere un punto de sumidero hacia profundidad, asociado a la alta fracturación del área.
d) El rajo evidencia no afectación a los acuíferos localizados en las cercanías del mismo.

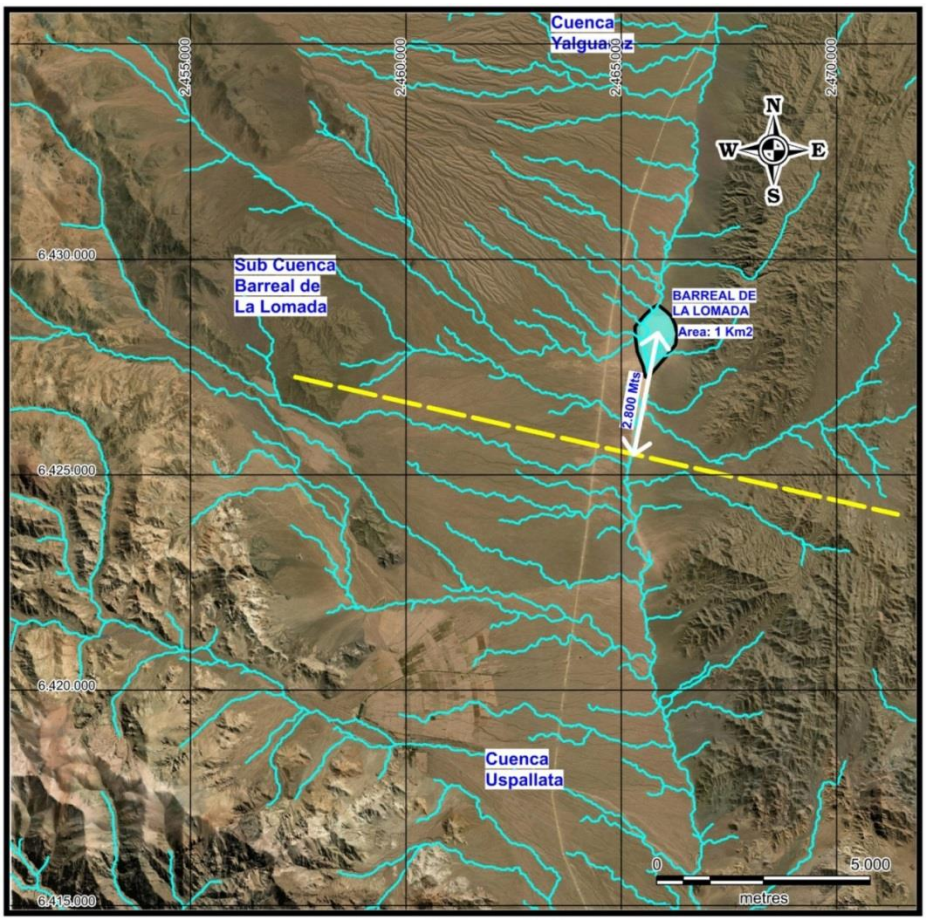


Figura Nº 26 en amarillo, límite sugerido para el borde Sur de la subcuenca El Barreal de La Lomada.

Tal como se indican en las Figuras 26 y 27, el Proyecto San Jorge se ubica por sobre un afloramiento de roca paleozoica parcialmente cubierto por un cono de deyección que coincide con la divisoria topográfica entre las dos cuencas mencionadas anteriormente. En el lado norte, el patrón de drenaje mantiene un rumbo hacia el NE y E, en dirección a la Ciénaga de Yalguaraz. Al sur del divisorio, la dirección de drenaje es hacia el SE y E, en dirección al Barreal de la Lomada.

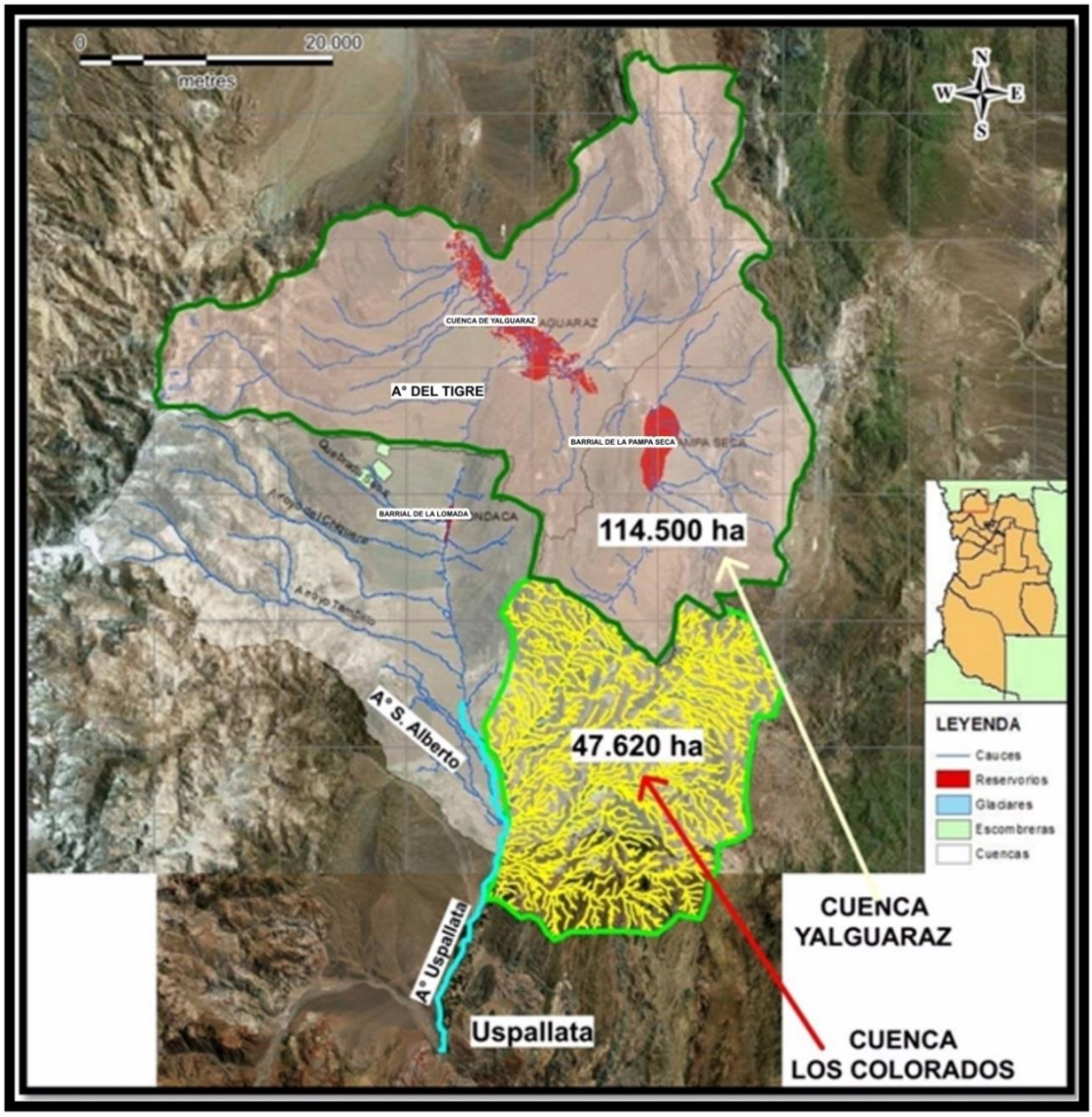


Figura N° 27: Cuencas hidrográficas

El arroyo El Tigre se ubica al norte del Proyecto, a unos 4 km al NO del rajo abierto. Es el único arroyo con flujo permanente en la zona de estudio, promediando un caudal de descarga de 314 L/s (0,314 m^3) (2008-2010). Mes a mes, el caudal fluctúa significativamente, siendo producto de los deshielos en la Cordillera Frontal del Tigre.

La Figura N° 30 presenta el comportamiento promedio mensual en el punto de Aforo (2.715 msnm). Se observa una demora de hasta 6 meses entre el mes de mayor precipitación en la cordillera (julio) y el mes de mayor escorrentía (enero).

Basado en la superficie de 79.7 km^2 de la cuenca del Arroyo El Tigre (hasta el punto de aforo del mismo), se calcula un coeficiente promedio de escorrentía de 4 a 5 L/s/km^2, cuya equivalente en precipitación neta es de 124 a 155 mm/año. Son valores muy similares a aquellos obtenidos a través del análisis meteorológico regional.

Debido a la alta permeabilidad de los depósitos de piedemontes, la totalidad del flujo en El Tigre infiltra antes de la cota 2.531 msnm (Lana et al., 2021). Salvo durante tormentas temporales de alta intensidad, las lluvias estivales no generan escorrentías permanentes en superficie.

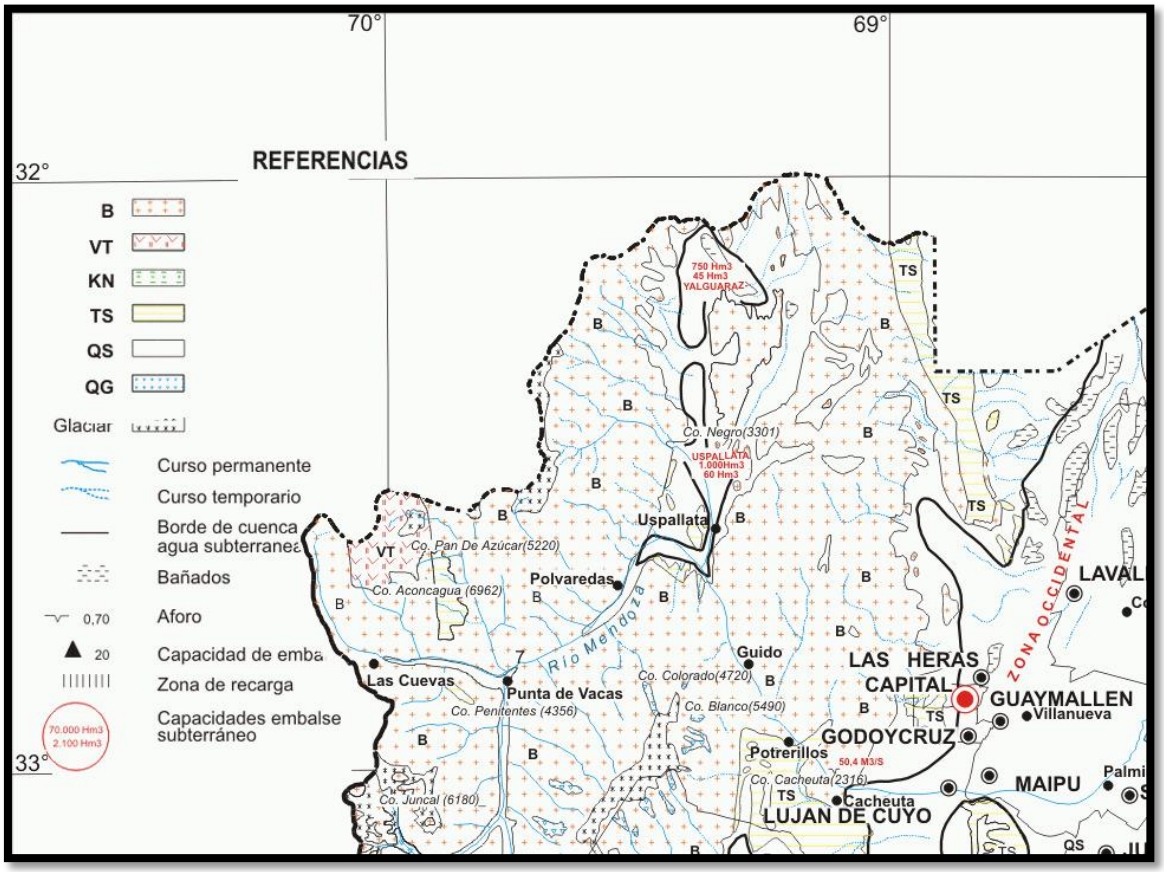


Figura 28: Extracto del mapa hidrogeológico de la Provincia de Mendoza

6. CONCLUSIONES

- Se reconocen diversas subcuencas definidas por depocentros (de sur a norte son, Uspallata, Tambillos, Barreal de la Lomada y Yalguaraz), que modificarían la

distribución y morfología de los acuíferos estudiados. Destacándose que la divisoria hidrogeológica separa los dos depocentros del Norte con los dos depocentros del sur, (límite fijado en el punto B de la Figura 17).

- Se reconocen así, dos cuencas de altura representadas por el Barrial de la Lomada y la Ciénaga de Yalguaraz. Estas cuencas estructurales del norte conforman un grupo que pueden diferenciarse de las cuencas de Tambillos y Uspallata, las cuales se desarrollan plenamente al sur en la divisoria hidrogeológica definida por Lucero (2018) e Ibañez et al. (2021).
- En la región se puede establecer que, el agua subterránea, durante los periodos donde las lluvias se incrementan, sería posible que el o los acuíferos del área, tiendan a colmatarse. En esas situaciones, el agua que excede dichos depósitos derramaría hacia El barrial de La lomada, así como en la zona de la Ciénaga de Yalguaraz para el sector norte.
- Se ha identificado el sector de recarga de la cuenca de Uspallata, el cual se ubica a 2800 m al sur de El Barreal de la Lomada. La escorrentía superficial marca un nivel de base más bajo, hacia el norte, como puede verse en las figuras Nº 14, 15 y 26. En estos casos y especialmente en la Figura Nº 26, se pueden ver cárcavas que se resuelven de forma contra intuitiva al dirigirse a una cuenca con un nivel de base local y más estable (Sub Cuenca Barreal de la Lomada).
- El rajo evidencia no afectación a los acuíferos localizados en las cercanías del mismo.
- De los estudios TEM disponibles a la fecha, se ha intentado cuantificar el flujo de agua ingresante al rajo con el fin de calcular su evacuación durante la operación y del posible futuro lago del rajo (Pit Lake), en los mismos, se observa una importante fracturación relacionada al granito, donde se presentas sedimentos saturados. Las relaciones 3D de las Figuras Nº 24 y 25 muestran en primera instancia, que no ingresaría agua al rajo desde las gravas. Es de esperar que el agua ingresante lo haga a través de fracturas y discontinuidades como se sugiere en la Figura Nº 33.

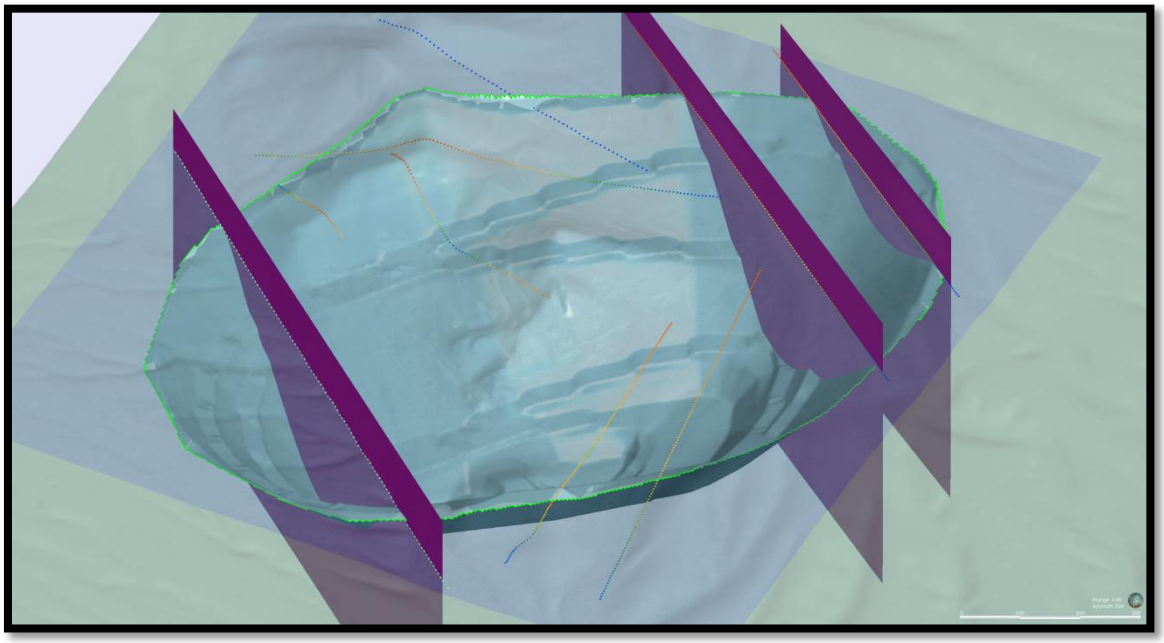


Figura Nº 33: Estructuras regionales principales en las paredes del rajo.

- En el análisis de este estudio los datos en relación a los TEM y SEV más cercanos, muestran que la napa freática se encuentra a más 120 m de profundidad (TEM LINE 1 58000E del Grupo Minero Aconcagua SRL y SEV 9 con agua en acuífero a 146 m).
- Se poseen datos de permeabilidad de la zona del rajo, los cuales arrojan valores de k que oscilan entre 4.9E-06 a 8.3E-06 m/s. Esta permeabilidad en general es baja, por ende, la infiltración.

• Valores de la permeabilidad (K) • (Adaptado de Villanueva e Iglesias, 1984)		
K (m/día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
$K < 10^{-2}$	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10^{-2} < K < 1$	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
$1 < K < 10$	Media	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
$10 < K < 100$	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

100 <K	Muy alta	Pozos de más de 100 l/s con 10 m de depresión teórica

Tabla Nº 2: Valores de la permeabilidad (K) (se repite la tabla para mayor visibilidad)

- La tabla N° 2 indica la posibilidad de acuífero según la (K) permeabilidad. Para la zona sería Muy Baja, correspondiente a Pozos con caudal menor a un 1 l/s con 10 m de depresión teórica. Siguiendo esta proporción, y se le pudiera extraer 10 litros al acuífero, el nivel deprimiría al menos 100 metros, ya que los valores de permeabilidad son muchos menores a los señalados en la tabla. Esto indica que la situación del rajo es muy favorable a la no afectación del acuífero, como así también sobre la posibilidad de control sobre el mismo.
- Los datos pluviométricos disponibles y otras fuentes, así como parámetros de permeabilidad, porosidad y niveles estimados de la napa freática, indican que la vulnerabilidad de los acuíferos es baja, en relación a la futura infraestructura de la mina (Rajo, escombreras, depósitos de colas e infraestructura industrial).
- Se ha realizado el Balance Hídrico y se consideró, además, la Vulnerabilidad del acuífero, donde se actualizaron los datos en función de la nueva estructura, diseño y operación del depósito de colas (altura de capas vs tiempo de exposición), la nueva ubicación y diseño de las escombreras y el análisis de riesgo de generación de Drenaje Ácido (DAR) del yacimiento minero. Según los estudios indica que la infiltración no superaría los 6 m bajo superficie, estando el nivel freático a más de 120 m de profundidad (Figura Nº 34a y b, 35 y 36), **por lo que se considera que no hay afectación sobre el acuífero subyacente**.

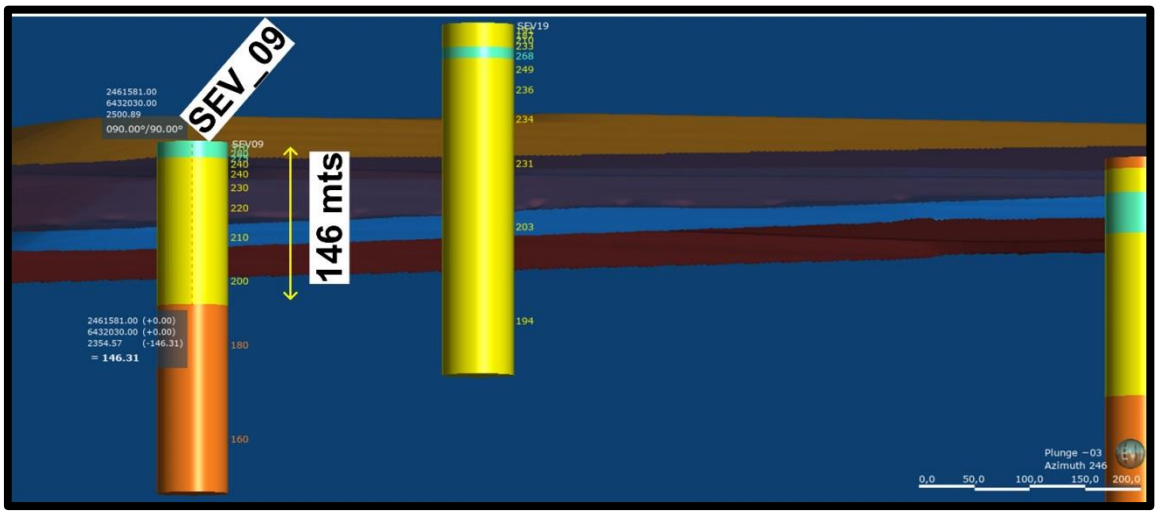


Figura Nº 34a Sondeo SEV-09 mostrando el nivel freático a 146 metros bajo superficie.

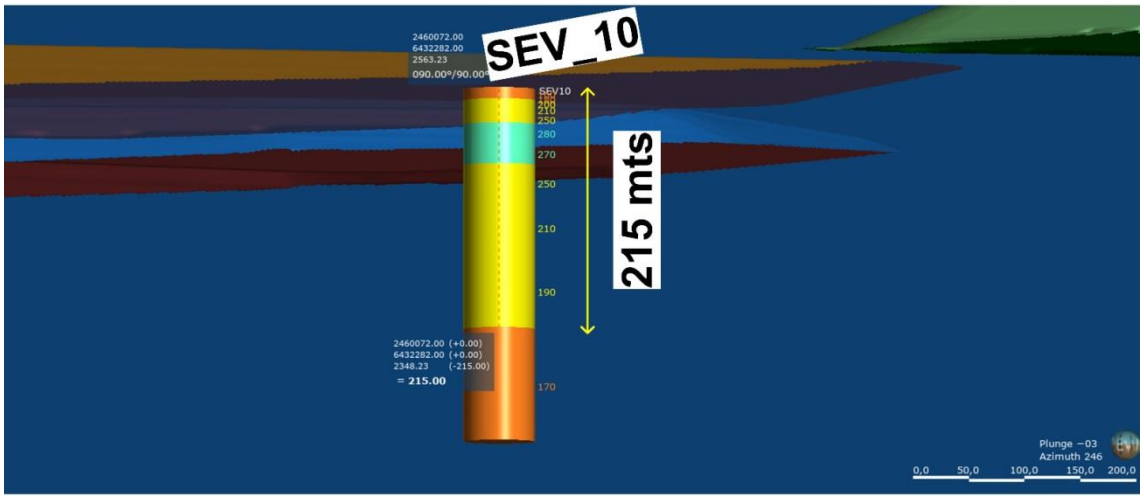


Figura Nº 34b Sondeo SEV-10 mostrando el nivel freático a 215 metros bajo superficie

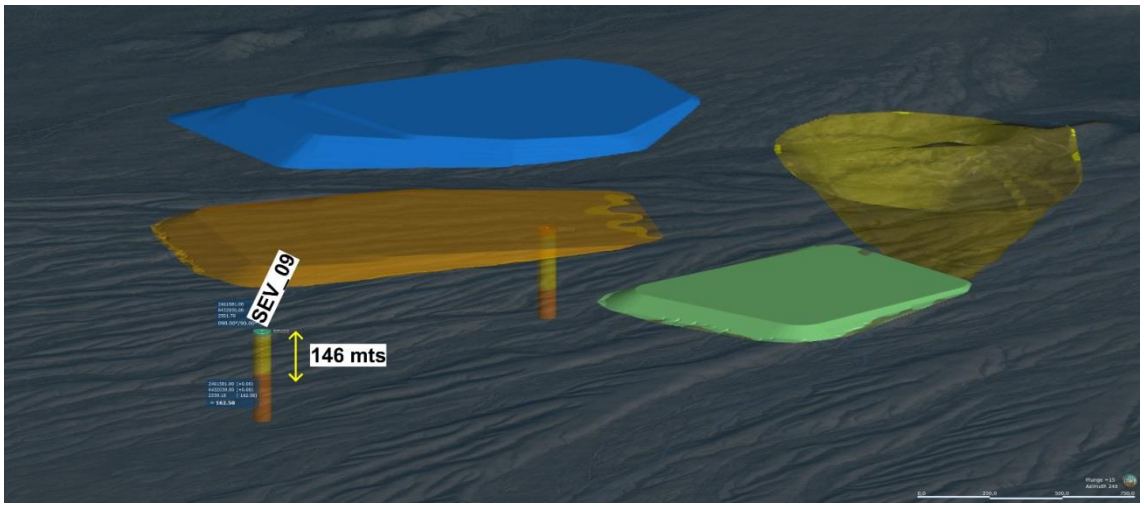


Figura Nº 35 Sondeo SEV-09 mostrando el nivel freático a 146 metros bajo superficie.

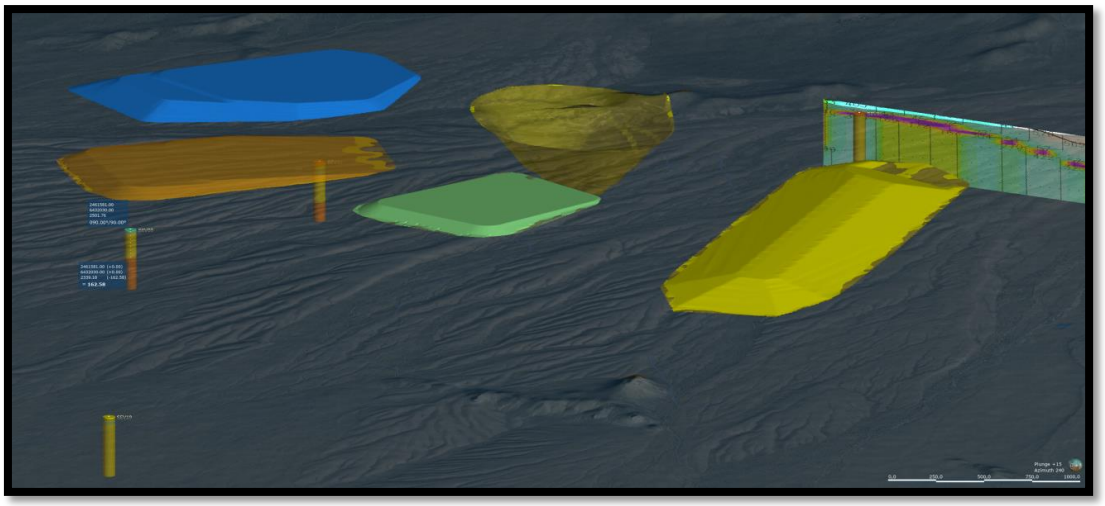


Figura Nº 36: Sondeos SEV-05, SEV-09, SEV-10 y SEV-19 mostrando el nivel freático. Nótese que los SEV 05 y 19, a 213 m de profundidad, no muestran valores acordes a la presencia de un acuífero en el sector de la obra del Colas.

- Las muestras correspondientes a los Afloramientos y Suelos no generarían DAR (Drenaje Ácido de Roca), sin embargo, al considerar los elementos de los ensayos SPLP (Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética), algunos metales, mayoritariamente Cobre, superan los valores establecidos como máximos por la Ley 24585 de la Actividad Minera - Impacto Ambiental, Anexo IV: Niveles guía de calidad de agua. Fuentes de Agua para Bebida Humana y Para Protección de Vida Acuática en Agua Dulce Superficial. Estas

muestras provienen de rocas y suelos que están expuestos desde que se han delineado las provincias geológicas, Precordillera y Cordillera Frontal, lo cual permite suponer que tanto la geología como los acuíferos, se encuentran en equilibrio, indicando que la eventual afectación que pudiera producirse, no es tal.

- El estudio DAR correspondiente a las muestras obtenidas de sondeos, indica la eventual afectación del acuífero, por el grupo de muestras (escasas) que poseen riego bajo a medio, como "Potencialmente formador de ácido", así como algunos metales que superan los valores establecidos como máximos en la citada norma. Teniéndose en cuenta, que estas muestras representan rocas, correspondientes al sector del rajo, las cuales serán procesadas mediante un tratamiento de concentración y flotación, que remueve los metales como el Cobre que es objeto de este proyecto, y ubicadas en los depósitos de cola, relaves y escombreras. En ese sentido, el control sobre estos depósitos de materiales durante la explotación minera, es fundamental para que el impacto sobre los acuíferos sea muy bajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Anddes Argentina SA. 2023. Estudio hidrológico superficial. Proyecto San Jorge. Informe 2201.20.01-12-210-09-ITE-001.
2. Anselmi, Gabriela, Cegarra, Marcelo I., Gaido, María Fernanda, Yamin, Marcela, Pereyra, Fernando Xavier, Herrmann, Carlos Jorge. 2021. Hoja Geológica 3169-27 Barreal, Provincia de San Juan.
3. Artois Consulting Llc, 2022. Proyecto San Jorge: Balance hídrico preliminar. Hooydonck, J. V. El informe Memo-SJ_balance-10142022 (1).pdf.
4. Auge, M. 2004. Regiones Hidrogeológicas República Argentina Y Provincias De Buenos Aires, Mendoza Y Santa Fe. Profesor Titular de Hidrogeología. Universidad de Buenos Aires. Investigador CONICET.

5. Cortés J. M., G. Bonorino, 1997, Hoja Geológica 3369-03 Yalguaraz, Provincias de San Juan y Mendoza.
6. Cortés, José María, González Bonorino, Gustavo, Koukharsky, Magdalena María L. Pereyra, Fernando Xavier, Brodtkorb, Alejo. 1997. Hoja Geológica 3369-09 Uspallata, Provincia de Mendoza - INGEOMA, S.A.
7. Ginot, P., Kull, C., Schwikowski, M., Schotterer, U., Gaggeler, H.W., 2001: "Effects of post depositional processes on snow composition of a subtropical glacier", Journal of Geophysical Research, Vol. 106, No.D23, pág. 32.375-32.386, 16 diciembre 2001.
8. Gobierno y Universidades de la Andina Argentina, 1996: "Mapa hidrogeológico con referencias a las aguas subterráneas Mendoza", Autores: Zambrano J., Torres E., Inventario de los recursos de la región Andina Argentina, Sistema Física Ambiental de Cuyo, Provincia de Mendoza, Coordinación General Elena Maria Abraham y Francisco Rodrigo Martinez, Argentina, 1996.
9. GT Soluciones Integrales. 2022. Estudio de Caracterización Ecohidrológica del arroyo El Tigre y de la ciénaga Yalguaráz. Proyecto San Jorge (PSJ).
10. Hernández et al. 1994. Fallas y cuencas de agua subterránea al Este de la precordillera oriental en el Sur Sanjuanino.
11. Ibanez, S.P, et al., Belén Lana, Marisol Manzano, Susana Rovira, Enrique Montero, Natalia Salvi, Héctor Segal, Pabla Tognoli, Pablo Grizas, Leandro Salvioli, Diego Márquez, Juan Pina y Daniel Cicerone. 2021. Estudio preliminar del origen del agua del Valle de Uspallata y de su contribución al rio Mendoza. Boletín Geológico y Minero, 132. (1-2): 107-114. ISSN: 0366-0176. DOI: 10.21701/bolgeomin.132.1-2.011.
12. Informe de las subcuencas del arroyo Uspallata y del sector Cordillera del Tigre, Cuenca del río Mendoza. Provincia de Mendoza. IF-2018-22305661-APN-DNGAAYEA#MAD. Inventario Nacional De Glaciares. Ianigla. Conicet. U. N. C U Y O Gobierno De Mendoza. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación.

13. Lana, N.B., Salvi, N., Cicerone, D., Manzano, M., 2021: "First conceptual hydrogeological model of two intermountain Andean Basins based on isotopes and hydrochemistry", Isotopes in Environmental and Health Studies, DOI: 10.1080/10256016.2021.1905636.
14. Lucero, S., 2018. Recopilación de información hidrogeológica en el entorno del Proyecto San Jorge.
15. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, PNUD, 2022: "Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático", https://simarcc.ambiente.gob.ar/mapa-riesgo.
16. SRK Consulting, 2008: "Resumen trabajos hidrogeológicos de terreno – Proyecto San Jorge", Memo Hidrogeología Rev. A, 7 octubre 2008.
17. SRK Consulting, 2018: "Actualización estudios de cuencas – Minera San Jorge", Informe, 24 octubre 2018.
18. Williams, W. C. y J. Madrid (1996). Pórfido Cuprífero "San Jorge". Mendoza, Argentina.
19. Zambrano J., Torres E. 1996, Mapa Hidrogeológico con referencia a las cuencas subterráneas - Mendoza. Junta de Andalucía, Inventario de recursos de la Región Andina Argentina.
20. Zambrano, J. J. Victoria, J. Di Chiachio. Fallas y cuencas de agua subterránea al Este de la precordillera oriental en el Sur Sanjuanino. XX Congreso Nacional del Agua. Mendoza. Argentina.

Lic. Alejandro G. Palma

Dr. J. Humberto Ulacco

Resumen del Programa de Pruebas

El programa de pruebas estáticas consistió principalmente en lo que se denomina pruebas de determinación de la "generación neta de ácido" (NAG). Las determinaciones incluyen el pH Inicial NAG, NAG (pH=4.5), NAG (pH=7.0), además, se complementó con pruebas indicadoras, tales como la determinación del pH en pasta, que se utilizan principalmente para facilitar la aplicación de NAG a la roca no sometida a pruebas específicas. Este informe se centra en los resultados de las pruebas NAG y pH Pasta.

La determinación de generación neta de ácido (NAG) es una prueba de laboratorio directa que determina el potencial de DAR: en esta prueba un proceso de digestión permite (o estimula) la interacción entre los componentes ácido y básico de una muestra y luego se mide en forma directa el potencial de generación neta de ácido. Algunos especialistas prefieren la prueba de NAG sobre NNP o la de ANP/AGP, aunque esta última goza de una aceptación más generalizada. Pero se indica que ambas son valiosas y deben ser consideradas.

Ninguno de los métodos considera la neutralización por química de silicato (un factor muy lento pero importante) y tampoco se tiene en cuenta la velocidad de reacción. Asimismo, no se consideran factores tales como la encapsulación de sulfuros por silicato (que desacelera la reactividad y reduce el DAR). Por otra parte, la presencia o ausencia de DAR es sólo un indicador de los impactos potenciales sobre el agua; las pruebas de lixiviación y de celda húmeda producen información más útil a la hora de de predecir los impactos reales sobre la calidad de agua.

En el año 2018 se realizaron pruebas estáticas sobre materiales del depósito, el programa de pruebas consistió principalmente en lo que se denomina pruebas de "balance ácido base" (ABA).

A continuación, se mencionan los análisis realizados sobre minerales y rocas del depósito, todos ellos en forma de composto:

- Tests ABA de Muestras de Cabeza
- Agua Relave
- Estudio del comportamiento de las colas de proceso

CUELLO BORIOLO Mario Alberto
Firmado digitalmente por CUELLO BORIOLO Mario Alberto
DN: SERIALNUMBER=CUIL 20132909297, C=AR, CN=CUELLO BORIOLO Mario Alberto
Razón: el motivo de su firma aquí
Ubicación: la ubicación de su firma aquí
Fecha: 2025.01.09 14:12:56-03'00'
Foxit PhantomPDF Versión: 10.1.1

Resumen de los resultados de las pruebas estáticas

En la tabla Nº 1 se indican las características del material muestreado en la zona del yacimiento, mientras que en la 2 a 8 se resumen los resultados de las pruebas NAG y pH en pasta obtenidos del grupo de muestra, así como los análisis físico – químicos y lixiviado de metales. Las figuras Nº 1 y 2 indican la ubicación de los sectores de muestreo tanto de superficie con de las perforaciones de las cuales provienen los testigos analizados. Se analizaron 53 muestras correspondientes a distintos tipos de litologías (Tabla Nº 1), donde se ha tratado de reflejar las características del futuro material de desecho de roca, como asimismo ver la respuesta de zonas de baja ley y sectores mineralizados.

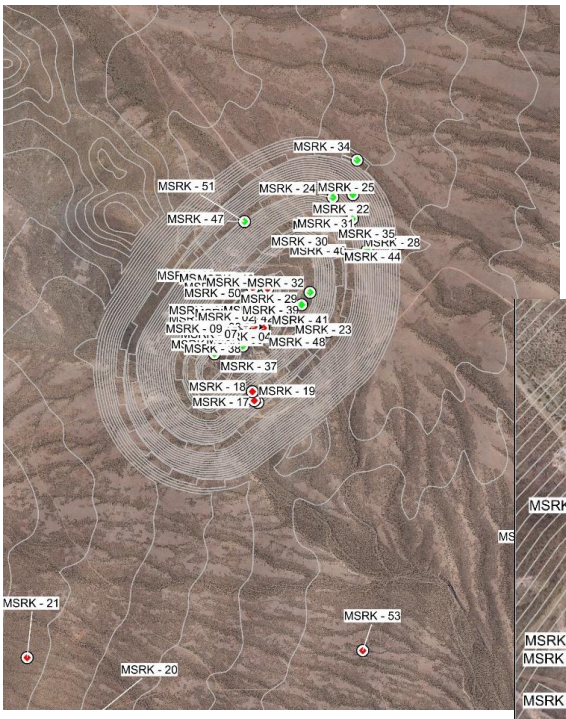


Figura Nº 1: Ubicación de las muestras en el área.

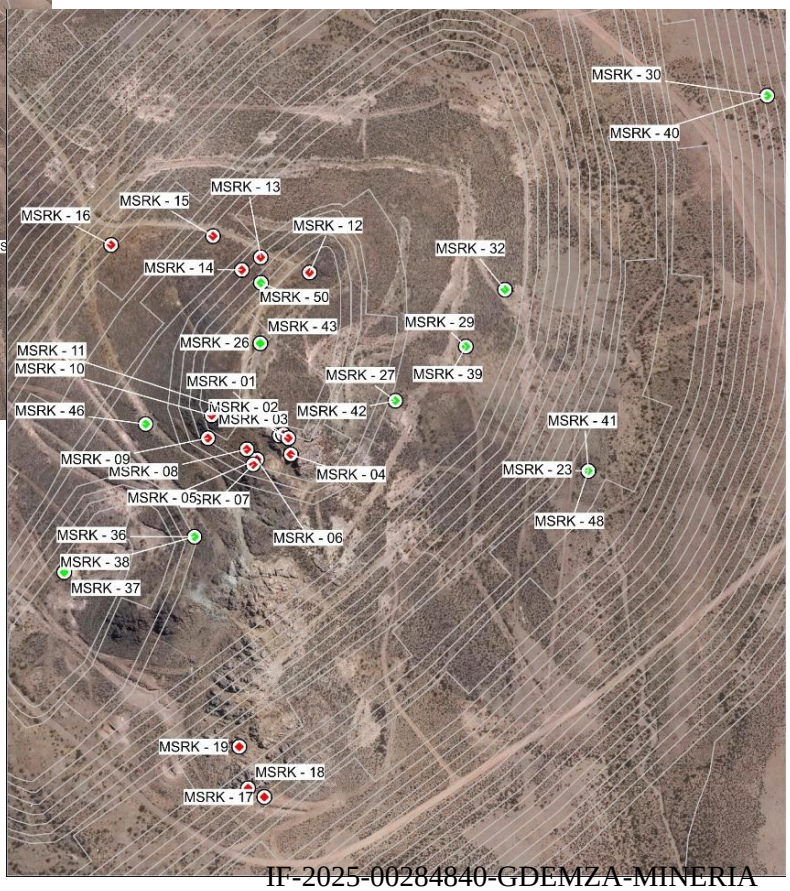


Figura Nº 2: Distribución de muestras en el área del Pit

CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO DE ROCA (DAR)

Empresa Solicitante:

MINERA SAN JORGE S.A.

Ciudad de Mendoza, Argentina

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe, solicitado por la Empresa MINERA SAN JORGE S.A., tiene como finalidad, caracterizar el **Potencial de Drenaje Ácido de Roca** (DAR) de un grupo de muestras de rocas provenientes del yacimiento San Jorge (Tablas Nº 1 y 2).

Las muestras provienen de distintas rocas y mineralización del yacimiento, tales como: brecha de contacto, granito meteorizado, brecha de turmalina, arenisca de grano fino a medio, venillas de cuarzo, limolita, conglomerado, zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita, depósitos coluviales, zona primaria integrada por arenisca, arenisca conglomerádica, lutitas intercaladas con arenisca de grano fino.

La toma de 53 muestras (Figura Nº 1 y 2) fue llevada a cabo por la empresa SRK S.A.

Los análisis químicos fueron realizados por el laboratorio "ALEX STEWART (ASSAYERS) ARGENTINA S.A" (Anexo).

Análisis solicitados:

- Código NAG (Net Acid Generation)
  - pH Inicial NAG: Cód. de Análisis LMAT01, Técnica Miller 1998.
  - NAG (pH=4.5): Cód. de Análisis LMAT01, Técnica Miller 1998.
  - NAG (pH=7.0): Cód. de Análisis LMAT01, Técnica Miller 1998.
- Determinación de pH en pasta: Cód. de Análisis LMAT03, Técnica Sobeck 1982.

- Análisis de los parámetros Físico – Químicos (Conductividad, pH, Alcalinidad total y Aniones mayoritarios).
- Análisis de elementos: Cód. de Análisis: LMIS15. Técnica: SPLP-EPA1312. Norma EPA Método 1312 – Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética. Análisis efluente: metales extraíbles (con ICP-MS). Ensayo sobre rechazo grueso. Parámetros físico-químicos, aniones y nutrientes. Análisis sobre el lixiviado obtenido del SPLP.
- Metales Totales: Cód. de Análisis: LMMT02-S. Técnica: ICP-OES. Determinación de 32 Elementos por ICP-OES en soluciones con SDT < 5%.
- Metales totales: Cód. de Análisis: ICP-MS AR48. Técnica: Digestión en agua regia, Lectura ICP-MS.

Este informe presenta los resultados, así como las conclusiones acerca del diseñó de un programa de DAR, relativamente reducido, a fin de determinar las características del Drenaje Ácido de las rocas que constituirán el desecho y la mineralización del yacimiento.

En primera instancia, se han completado las pruebas estáticas sobre las muestras del material que representaría el desecho potencial que será ubicado en escombreras. También se realizaron pruebas sobre muestras que representan la mineralización con el fin de tener una idea sobre el material que constituirá el concentrado, y posiblemente al ser tratado, una porción será vertida en relaves y diques de colas. Las pruebas estáticas permiten examinar los tipos de rocas y su comportamiento frente a un eventual proceso DAR.

Las pruebas del tipo estáticas permiten predecir el drenaje ácido, estas pruebas son realizadas típicamente como parte del programa de manejo de residuos mineros. Los tests permiten establecer las características globales de las muestras y proporciona información preliminar sobre:

a) Si una muestra tiene potencial de generación de ácido (PGA) y

b) Los cambios potenciales en la geoquímica, tanto de la muestra como del agua de contacto.

Dado que estas pruebas y las de los elementos en la fase sólida, son efectuadas sólo en un instante de tiempo, proporcionan una "vista instantánea" del estado de una muestra, lo que en sí tiene un uso limitado en la predicción del potencial de drenaje ácido de roca (DAR). Se pueden lograr predicciones más confiables a partir de la combinación de los resultados de las pruebas estáticas, cinéticas y un monitoreo in situ.

El depósito San Jorge posee rocas de caja con contenidos variables de sulfuros, zonas de alteración y la mineralización, además, en algunos sectores del proyecto, el tipo de roca donde se ubicarían las escombreras poseen cierto riesgo de generación DAR.

Cuando los sulfuros están presentes, existe una posibilidad de que la roca de descarte producida y las colas resultantes del proceso generen ácido cuando se hallen en contacto tanto con el aire como con el agua. A efectos de la generación de ácido, tanto el agua y el aire son necesario, si alguno de ellos se elimina, se evita dicha generación de ácido. Por lo tanto, debido a la presencia de sulfuros en los sectores mencionados, se confeccionó un programa de Drenaje Ácido de Roca (DAR) a fin de determinar el potencial de la generación de ácido.

En la mineralización las muestras aparentemente son compuestas (rocas con venillas mineralizadas, en parte muy abundantes), en ese sentido el grupo de herramientas interpretativas permite predecir los impactos mineros, fundamentalmente a los sistemas hidrológicos, considerando la calidad del agua antes de iniciado los laboreos, tipo de yacimiento, litología, y los aspectos relacionados a la explotación minera, tratamiento y recuperación, entre otras cosas. La preocupación fundamental la componen los elevados niveles de metales disueltos que puedan entrar al sistema hidrológico, por ello es importante conocer cuáles son todas las fuentes potenciales que generan drenaje ácido.

Se resaltó el tema de la mineralización debido a que no todo es recuperable tanto en la explotación como en el tratamiento. Relacionado a la primera etapa se encuentran los desechos sin tratar, mientras que en la segunda etapa corresponde al tratamiento, la asociación de minerales con la pirita, mineralogía con potencial para contribuir con diferentes contaminantes, tamaño de grano y grado de molienda en el procedimiento, lo cual quedará como colas que también hay que tener en cuenta tanto como las escombreras, y por otro lado

se puede contar con datos que den alguna idea del encapsulamiento por silicatos, si se pudiera cotejar con la petrología y la calcografía.

Por lo tanto, en las explotaciones mineras, las fuentes primarias de drenaje ácido son las áreas en las cuales la roca ha sido perturbada y la superficie expuesta y entre ellas están, además, de lo que se conoce, las labores a "cielo abierto", que por más que se pueda controlar el manejo del agua, no siempre es posible. El tema pasa fundamentalmente por el manejo del agua que, mucha o poca, circula por los laboreos (subterráneos u "open pit"), que son fuentes potenciales de DAR y posiblemente entrar, posteriormente, al sistema hidrológico y el cual puede ser mayor a lo que se produce por procesos naturales.

Las labores suelen ser una fuente considerable de DAR. Las paredes expuestas se encuentran usualmente en áreas mineralizadas y por tanto, tienen contenidos de metal más elevados que el desmonte. Además, toda roca sulfurosa fracturada o afectada, como parte de los trabajos mineros, o sectores colapsados, o debido al relleno, puede generar una extensa área superficial de roca quebrantada que, a su vez, puede producir DAR.

La fuente de agua de las labores es usualmente una combinación de agua subterránea e infiltración de la superficie. Las minas a tajo abierto, pueden originar la continua inundación de las obras. Las operaciones en minas mediante "open pit", presenta diferentes complejidades en el manejo del agua del sector, exponiendo los acuíferos a la contaminación. en una mayor proporción.

Luego del cierre, si se permite la inundación de las obras, puede haber un arrastre inicial de contaminantes provenientes de los productos de oxidación almacenados. En el largo plazo, la inundación probablemente constituirá el mejor mecanismo de control de la generación adicional de ácido.

Por lo antes expuesto, los análisis DAR dan una idea de lo que puede llegar a ser el potencial total para la generación de ácido, todo esto depende de otros monitoreos que se lleguen a realizar, a veces no se tienen referencias previas y después no se puede comparar.

A continuación, se presenta el informe del programa de DAR. Los resultados de laboratorio se incluyen en el Apéndice del presente informe.

2. PROCESO DE DRENAJE ÁCIDO DE ROCA

Existen dos principales corrientes de desechos potenciales de interés en el proyecto: el desecho de roca y las colas del proceso de molienda. El desecho de roca puede, a su vez, dividirse en categorías de acuerdo con su acidez o potencial para generar ácido.

Como se conoce en estos yacimientos la mineralización de sulfuros tendría las siguientes características generales:

- Concentraciones a lo largo de vetas y lentes aisladas;
- Halos de roca con mayor contenido de pirita que rodea las zonas de mineralización de mena.
- Mineralización de sulfuros diseminada en la roca.

3. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Las muestras han sido recogidas de acuerdo a la distribución de las unidades geológicas del sector.

1. Unidades sedimentarias:
    a. Gravas (depósitos coluviales con alguna presencia de óxidos de cobre)
    b. Conglomerados y brechas silicificadas
    c. Lutitas / limolitas
    d. Areniscas
2. Intrusivos:
    a. Granito / pórfido de granodiorita
    b. Diques daciticas
    c. Brecha de contacto
    d. Brecha de turmalina
3. Zonas de alteración (hay duplicación con unidades geológicas): las muestras están compuestas.
    a. Zona lixiviada
    b. Zona de óxidos
    c. Zona de enriquecimiento secundario

d. Zona primeria

4. Muestras procesadas (2 muestras)

a. Relaves (hay pocas muestras de relaves disponibles)

5. Otras muestras:

a. Muestras de suelo en la superficie, recolectado desde el área de los depósitos de los relaves y de los botaderos

b. Afloramientos de roca natural en el sector SE del tajo abierto, representando la capa lixiviada del yacimiento, el pórfido y algunas rocas sedimentarias.

Descripción de las Muestras

En la tabla Nº 1 y 2, se puede observar las características del material muestreado (litología, mineralización, alteración, oxidación y eventualmente el contenido de pirita) (Figura Nº 1 a 3 – Ubicación de las muestras).

Tabla Nº 1 Muestras de Afloramientos y suelos

ID	Descripción
MSRK-1	Brecha de contacto. Silicificada con presencia de óxidos de Fe y Cu.
MSRK-2	Brecha de contacto con fragmentos de la unidad sedimentaria (arenisca). Silicificada con presencia de óxidos de Fe.
MSRK-3	Brecha de contacto con fragmentos de la unidad granítica. Silicificada con presencia de óxidos de Fe y Cu.
MSRK-4	Granito meteorizado en superficie. Se observan cristales de cuarzo, manchas de óxidos de Fe y Cu
MSRK-5	Brecha de turmalina
MSRK-6	Brecha de turmalina
MSRK-7	Brecha de contacto. Cercana a afloramiento de granito
MSRK-8	Brecha de turmalina. Se observan manchas de óxidos de Fe.
MSRK-9	En superficie se observa afloramiento oscuro por la presencia de óxidos de Mn. En corte fresco se observa arenisca de grano medio silicificada. Manchas de óxidos de Fe y de Cu en fracturas.
MSRK-10	Arenisca de grano medio silicificada. Presencia de óxidos de Fe

MSRK-11	Arenisca de grano fino a medio. Presencia de óxidos de fe.
MSRK-12	Arenisca de grano medio. Escasos óxidos de Fe. Presencia de venillas de cuarzo.
MSRK-13	Limolita color verde. Presencia de óxidos de Fe y pátinas de óxido de Mn en superficie.
MSRK-14	Limolita de color verde. Escasos óxidos de Fe.
MSRK-15	Limolita color verde. En superficie meteorizada. Óxidos de Fe.
MSRK-16	Limolita color verde. En superfcie se observa meteorizada, se rompe facilmente. Óxidos de Fe.
MSRK-17	Granito. Se observa cuarzo, mafitos y feldespatos alterados.
MSRK-18	Granito. Se observa cuarzo, feldespatos y biotitas oxidadas.
MSRK-19	Granito se observa cuarzo, mafitos, feldespatos.
MSRK-20	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa
MSRK-21	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa
MSRK-52	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa
MSRK-53	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa

Tabla N° 2: Muestras de sondeos

ID Muestra	ID Sondeo	From	To	Descripción
MSRK-22	SJIN-08	3	23	Zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita
		27	28	
MSRK-23	SJIN-16	55.5	59.2	Gravas depósitos coluviales (se corresponde a la zona oxidada ya que contiene óxidos de cobre)
		59.6	62.8	
MSRK-24	SJMEC-05	40.5	43.95	Zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita
		43.95	46.5	
MSRK-25	SJIN-01	57.9	60.15	Zona lixiviada compuesta por arenisca
MSRK-26	SJIN-24	67	70.05	Brecha de turmalina
MSRK-27	SJIN-25	196.2	199	Brecha de turmalina
MSRK-28	SJIN-15	96	98.6	Brecha de turmalina
MSRK-29	SJMEC-03	13.85	16.4	Zona oxidada integrada por granito. Se observan óxidos/hidróxidos de Fe y óxidos de Cu
MSRK-30	SJMEC-04	82.55	85.15	Zona Oxidada integrada por granito. Se observan óxidos/hidróxidos de Fe
		85.15	88	
MSRK-31	SJIN-08	34.15	36	Zona Oxidada integrada por arenisca. Se observan principalmente óxidos e hidróxidos de Fe
MSRK-32	SJM-14	4.5	54	Zona oxidada integrada por granito.
		54	96	
MSRK-33	SJIN-08	66	68.55	Zona enriquecida integrada por granito.
MSRK-34	SJIN-02	110.5	113.01	Zona enriquecida integrada po arenisca
MSRK-35	SJIN-15	56.3	59	Zona enriquecida integrada por arenisca
		59	61.55	
		61.55	64.25	
		64.25	66.95	
MSRK-36	SJIN-18	117.3	119.65	Zona enriquecida integrada por arenisca
		119.65	123.25	
		123.25	125.75	
		125.75	128.45	

MSRK-37	SJMEC-01	363.2	366	Zona primaria integrada por arenisca
		368.95	371.2	
		373.8	375	
MSRK-38	SJIN-28	85.45	88	Zona primaria integrada por arenisca
MSRK-39	SJMEC-03	287.9	290.6	Zona primaria integrada por arenisca
		298.25	301.1	
MSRK-40	SJMEC-06	229.7	232	Zona primaria integrada por arenisca
		232	234.7	
		234.7	237.1	
		238.15	239.7	
MSRK-41	SJIN-16	63.6	67	Zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita
		67	70.4	
MSRK-42	SJIN-25	38.25	40.9	Granito coincidente con la zona de oxidación
		40.9	43.6	
		43.6	46.15	
MSRK-43	SJIN-24	45.45	48.7	Granito coincidente con la zona de . Se observa malaquita y azurita
MSRK-44	SJIN-15	71.9	74.6	Arenisca coincidente con la zona de oxidación
		74.3	77.2	
MSRK-45	SJIN-24	3.15	6	Arenisca coincidente con la zona de oxidación
		6	8.25	
		8.25	12.4	
MSRK-46	SJIN-19	84	85.3	Fue logueado como conglomerado anteriormente pero se observa que la litología corresponde con la de un granito. Se observan feldespatos alterados a arcilla y óxidos de Fe.
		85.3	88	
MSRK-47	SJIN-21	167	168.5	Conglomerado. Se observan clastos redondeados en matriz tamaño arena gruesa. Presencia de sulfuros diseminados y en venillas.
		168.5	171.25	
MSRK-48	SJIN-16	124	125.7	Conglomerado. Se observan óxidos de Cu
		125.7	128.5	
		128.5	131.3	
MSRK-49	SJIN-24	37.5	40.1	Arenisca conglomerádica. Se observan lentes donde predomina conglomerado. Presencia de óxidos de Cu
		40.1	42.75	
MSRK-50	SJIN-20	43.9	48.4	Lutitas intercaladas cin arenisca de grano fino
		48.6	51	
MSRK-51	SJIN-21	50	52.3	Lutitas intercaladas cin arenisca de grano fino

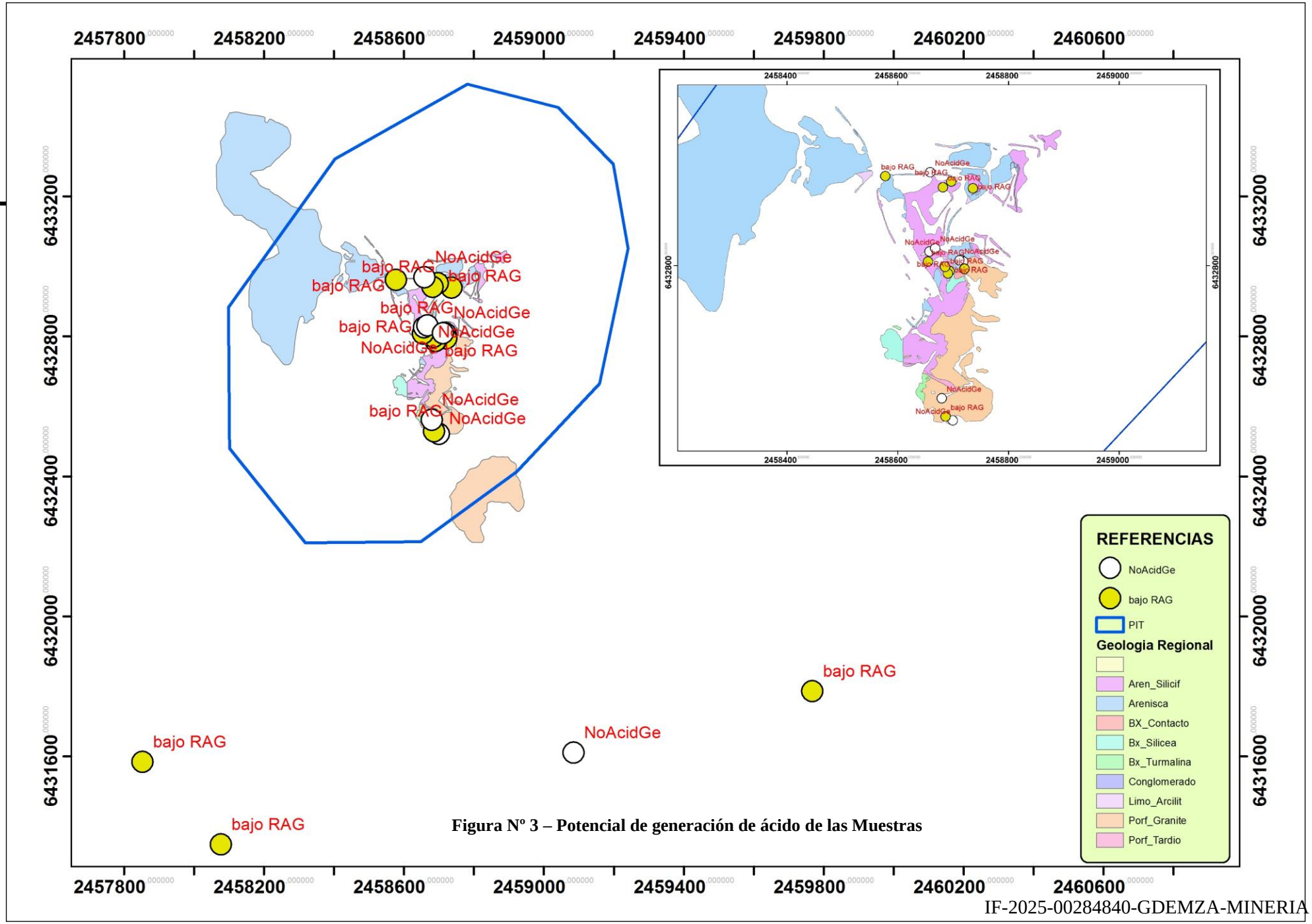


Figura Nº 3 – Potencial de generación de ácido de las Muestras

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

4. INTERPRETACIÓN

La caracterización inicial del material que representa cada litología es importante a los fines de tener un punto de partida geoquímico, a los efectos de definir y comprender las tendencias en ese sentido de cada muestra.

La caracterización inicial suele incluir el Balance Ácido Base (ABA), datos químicos de roca total y una prueba de lixiviación de corto plazo.

Se cuenta con las pruebas de determinación de la "generación neta de ácido" (NAG) (Tablas Nº 12 - Anexos), con la determinación del pH en pasta, prueba de lixiviación SPLP-EPA1312, determinación de Metales Totales en los distintos materiales y los análisis de parámetros Físico – Químicos (Conductividad, pH, Alcalinidad total y Aniones mayoritarios).

La composición química de cada muestra se determina a través de análisis multielemental por medio de ICP-OES e ICP-MS. Este análisis cuantifica el contenido total de metales en las rocas, así como su disponibilidad para la lixiviación.

En este caso, no se cuenta con estudios petro-calcográficos, pero existen datos en los estudios de los sondeos, lo cual permitiría estimar un porcentaje de los sulfuros presentes en las rocas.

En la problemática DAR, en lo que respecta llevar a cabo el control de la calidad del efluente es necesario contar con la caracterización completa del mismo, lo que implica determinar, tanto tipo; concentración y especiación de las especies presentes; parámetros fisicoquímicos como, por ejemplo, pH, alcalinidad total y acidez o alcalinidad neta (expresadas como $CaCO_3$), potencial redox, conductividad.

Otro aspecto a considerar es que a un pH 5-5,5 o bajo éste, el potencial rol de las bacterias hierro-oxidantes de vuelve significativo; desde pH 3 a 5, la muestra es generadora de acidez existiendo condiciones tóxicas; bajo pH 3,5, el rol de la bacteria *T. ferroxidans* en el campo puede ser muy significativo, existiendo condiciones de generación de ácidos fuertes

Por otro lado, la cantidad de efluente: volumen y caudal se debe estudiar desde el punto de vista hídrico, en combinación con lo anterior.

A continuación, se realiza una interpretación de los resultados de los análisis realizados por el Laboratorio Alex Stewart:

1. **pH en pasta:**

El pH de la pasta no es un indicador del Potencial de Generación Ácida (PGA); proporciona una indicación preliminar de la generación de ácido asociado con la muestra. No obstante, pueden proporcionar poca información sobre el comportamiento futuro de la roca.

De acuerdo a los análisis, el valor del pH en pasta promedio, de 7,4 es ligeramente básico, con un mínimo de 4,2 y un máximo de 8,6.

En AMIRA (2002) se propone la siguiente clasificación (Tabla Nº 2a y 2b), en la mismas se observa que hay 48 (>6) muestras que cuentan con **algún potencial de neutralización**, las restantes tendrían disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización.

Para llevar a cabo la interpretación, se han separado las muestras por grupo, en ese sentido, en la Tabla Nº 2a se han representado las correspondientes a **Afloramientos y suelos** y en la Tabla N° 2b, las de los **Sondeos**.

pH en Pasta	Interpretación	Muestras
pH<6	Disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización (PNA).	1
pH>6	La muestra cuenta con algún potencial de neutralización.	22
Total muestras		23

Tabla Nº 2a.

pH en Pasta	Interpretación	Muestras
pH<6	Disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización (PNA).	4
pH>6	La muestra cuenta con algún potencial de neutralización.	26
Total muestras		30

Tabla Nº 2b.

El pH pasta indica si la muestra tiene la capacidad o disponibilidad de generar acidez o alcalinidad. Un valor de pH mayor a 7 sugiere la presencia de carbonatos reactivos, por lo tanto, la capacidad de neutralizar acidez. En cambio, un pH por debajo de 5, indica que el

material tiene capacidad de generar acidez. En este esquema se presentan dos muestras con pH pasta menor a 5.

Por otra parte, según Price et al. (1997) las rocas con valores de pH Pasta mayor a 5,5 no serían Potencialmente generadoras de Drenaje Ácido, por lo tanto, es altamente probable que las rocas contengan carbonatos reactivos. De acuerdo a este criterio, 50 muestras, se han clasificado como "Improbable generador drenaje ácido" (NGA); mientras que 3 serían "Potencialmente generadoras de Drenaje Ácido".

Los valores de pH pasta, pueden observarse en la tabla Nº 8a.

En la Tabla Nº 2a (**Afloramientos y suelos)**, puede observarse que una sola muestra tiene "Disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización (PNA)".

En la Tabla Nº 2b (**Sondeos)**, puede observarse que 5 muestras tiene "Disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización (PNA)".

2. Conductividad

Se recomienda el estudio y evaluación de la cantidad y calidad de los flujos superficiales y subterráneos aguas arriba y aguas abajo de la ubicación de la fuente potencialmente generadora de DAR. En relación a los parámetros para evaluar la calidad de los recursos hídricos, es conveniente la evaluación de parámetros fisicoquímicos (pH, Eh, temperatura, conductividad) y la composición química (concentración de sulfatos, aniones, concentración de metales y metaloides, entre otros).

pH en Pasta y Conductividad

El objetivo de este análisis es determinar el pH y la conductividad eléctrica (CE) de una muestra, generada a partir de la disolución de fases minerales, lo que indica la acidez y salinidad inherente del material al ser depositado en la fuente potencialmente generadora de DAR.

La conductividad eléctrica (CE) proporciona una medida indirecta de la cantidad de sales solubles en agua en la muestra. Un valor de pH inferior a 4 generalmente indica que la

muestra genera ácido y un valor de CE superior a 2000 µS cm-1 indica un alto nivel de sólidos disueltos totales en los lixiviados residuales (Lottermoser, 2010).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente que, el pH indica si la muestra tiene la capacidad o disponibilidad de generar acidez o alcalinidad, donde los valores superiores a 7 sugiere la presencia de carbonatos reactivos, mientras que, por debajo de 5, indica que el material tiene capacidad de generar acidez. En relación a la conductividad, si los valores son altos, indica que hay una considerable cantidad de sales, las que usualmente son sulfatos, aunque pueden ser otras sales metálicas. Los valores de conductividad en general son bajos, lo cual sugieren que no habría una generación de ácido, no obstante, se debería controlar este parámetro frente a los datos NAG.

El pH pasta de las muestras del yacimiento oscila entre un mínimo de 4.2 a 8.6, con un promedio de 7.4 (Tabla Nº 8a), y este valor es similar al valor de pH (Anexo).

En la Figura Nº 4 se puede observar la mala correlación entre la conductividad y el pH en pasta. En este caso, la conductividad se relaciona con sulfatos y bicarbonatos principalmente.

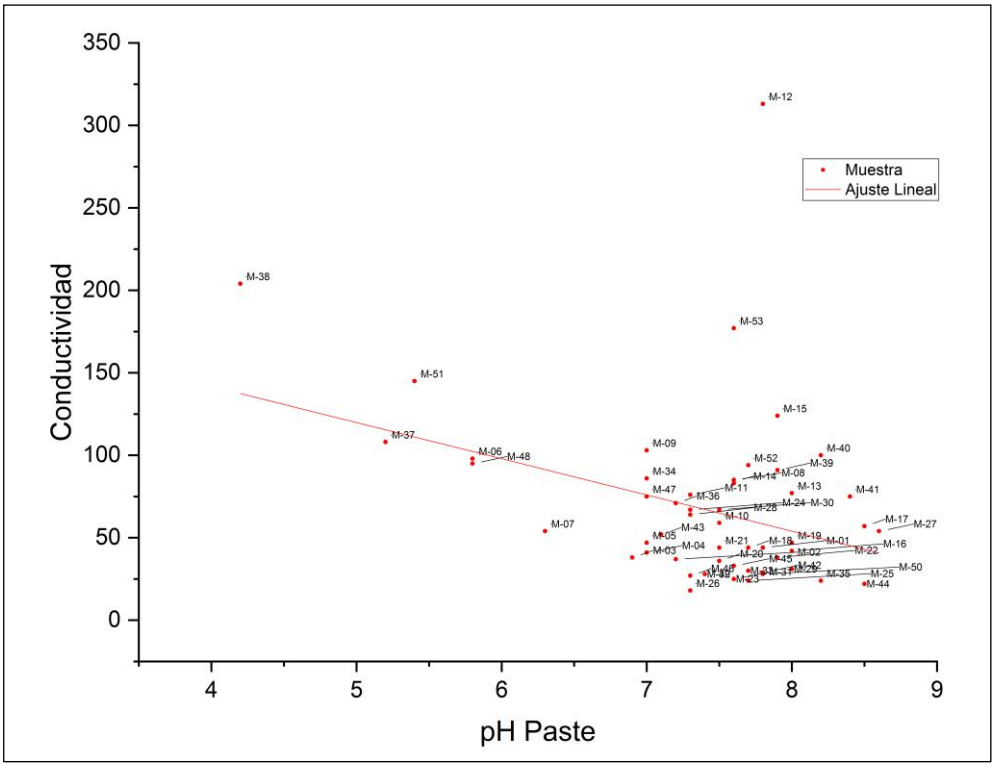


Figura Nº 4, pH en Pasta vs Conductividad

3. Determinación de Generación Acida Neta (Nag)

- **Predicción NAG**

El objetivo de la técnica **Predicción NAG,** realizando las determinaciones pH Inicial NAG, NAG (pH=4.5) y NAG (pH=7.0), es para determinar la Generación Acida Neta (NAG o NAP - Net Acid Generation or Net Acid Potential) de una muestra mineral, la cual está dada por la presencia de especies reductoras. Dichas especies se oxidan al ser lixiviadas con peróxido de hidrógeno hasta reacción total, generando acidez, la cual se titula con hidróxido de sodio.

Se han propuesto varias pruebas diferentes que usan peróxido de hidrógeno como oxidante para minerales sulfurosos. La prueba de producción de ácido neto (NAG o NAP) ha sido desarrollada para proporcionar un procedimiento alternativo al balance ácido-base para la predicción del drenaje de roca ácida. La prueba de NAG tiene la ventaja de no requerir un análisis de azufre y, por lo tanto, tiene el potencial de ser utilizado como un método rápido para su uso en el campo. La prueba NAP también puede proporcionar una evaluación cuantitativa precisa del potencial de generación de ácido cuando se ejecuta en condiciones de laboratorio controladas. Los resultados de la prueba NAG o NAP se correlacionan bien con los resultados del balance ácido-base, particularmente cuando los valores del potencial neto de neutralización (NET NP) son relativamente bajos y negativos (-100 a 0), encontrándose en este caso en el rango donde se requiere certeza.

Cuando los valores Net NP son más negativos, los valores NAP tienden a subestimar el potencial de generación de ácido, pero esto no debería afectar seriamente las decisiones de gestión de residuos.

Se debe tener precaución al interpretar los datos de NAP de esta forma, ya que los valores de pH NAG obtenidos, dependen de la litología y mineralogía específicas del sitio. Por lo tanto, se recomienda la calibración con otras pruebas y análisis si la prueba se va a utilizar de esta manera.

Considerando la clasificación Predicción NAG, donde el pH Final NAG < 4,5 (Tabla Nº 8a) establece que las rocas son Potencialmente generadoras de ácido. En ese sentido cuando se lleva a cabo la determinación de NAG, para lo cual se tiene en cuenta que un pH, después de la reacción (pH NAG) menor de 4,5, indica que la muestra genera ácido neto y la

cantidad de ácido se determina por valoración y se expresa en las mismas unidades que ABA (Balance Ácido – Base).

Los análisis, de acuerdo a la Predicción NAG (Tabla Nº 3a y 3b), indican que el 68% (36 muestras) del material se clasifican como "No genera ácido neto", mientras que las restantes se encuentran en "Genera ácido neto".

La distribución de las muestras se puedo observar en las figuras Nº 1 y 2.

Análisis	Clasificación	Final NAG pH	Muestras	%
NAG pH	No genera ácido neto	> 4,5	18	78
	Genera ácido neto	< 4,5	5	22
Total Muestras			23	100

Tabla Nº 3a - AMIRA, 2002. **Afloramientos y Suelos**

Análisis	Clasificación	Final NAG pH	Muestras	%
NAG pH	No genera ácido neto	> 4,5	18	60
	Genera ácido neto	< 4,5	12	40
			30	100

Tabla Nº 3a - AMIRA, 2002 – **Sondeos.**

Los resultados de la Tabla Nº 3a indican que 5 muestras de 23 se clasifican como "Genera ácido neto", mientras que las restantes se encuentran en "No genera ácido neto"

Los resultados de la Tabla Nº 3b, muestran que 12 muestras se clasifican como "Genera ácido neto", y las restantes como "No genera ácido neto"

Por otra parte, los análisis NAG se han interpretado considerando la clasificación de "Test pH Final NAG" de acuerdo a la clasificación de la Tabla Nº 4a y 4b (Lapakko, K. and Lawrence, 1993).

En general el material analizado, sobre un total de 53 muestras (Tabla Nº 4a y 4b), considerando el análisis pH NAG, posee un 36% de material correspondiente al tipo "No generador de ácido", un 51 % a "Generación de ácido de bajo riesgo", y un 13% a

"Generación de ácido de alto riesgo". En las Figuras N° 5 a 7 se observan las muestras que han sido clasificadas con este test.

Test pH Final NAG	Potencial de generación de ácido	Clasificación	Muestras	%
>5.5	No generador de ácido	NoAcidGe	9	39
3.5 to 5.5	Generación de ácido de bajo riesgo.	bajo RAG	14	61
<3.5	Generación de ácido de alto riesgo.	High RG	0	0
Total Muestras			23	

Tabla Nº 4a: Muestras de Afloramientos y suelos

Test pH Final NAG	Potencial de generación de ácido	Clasificación	Muestras	%
>5.5	No generador de ácido	NoAcidGe	10	33
3.5 to 5.5	Generación de ácido de bajo riesgo.	bajo RAG	13	43
<3.5	Generación de ácido de alto riesgo.	High RG	7	23
Total Muestras			30	

Tabla Nº 4b: Muestras de Sondeos

De acuerdo a lo mencionado precedentemente, en la Tabla Nº 4a (Afloramientos y suelos) se observa que 14 muestras corresponden al tipo "Generación de ácido de bajo riesgo"; mientras que, para los Sondeos (Tabla Nº 4b), hay 13 muestras del tipo "Generación de ácido de bajo riesgo" y 7 correspondientes a "Generación de ácido de alto riesgo".

- **pH NAG-NAG 4,5**

Considerando los análisis pH Final NAG y el NAG (pH=4.5), se realiza la interpretación de los datos (AMIRA, 2002). En la Tabla Nº 5 se observa que el 23% (12 muestras) de las muestras se clasifican como "Potencial Formador de Ácido". De ese total de muestras, 5 corresponden a las de Afloramientos y suelos, y 7 a Sondeos.

Test	Clasificación	Muestras	%
pH NAG-NAG 4,5	PAF: Potencial Formador de Ácido	12	23

Tabla Nº 5

Se puede obtener una indicación del potencial ácido de una muestra a partir de los resultados de pH NAG y NAG de la siguiente manera (Tabla Nº 6):

pH NAG	NAG (kg H2SO4/I)	Clasificación	Potencial ácido de la muestra
=4.5	0	NAF	No formador de ácido
<4.5	= 5*	PAF-LC	Potencialmente formador de ácido - baja capacidad
<4.5	>5*	PAF	Potencialmente formador de ácido

Tabla Nº 6: *Nota: los criterios NAG utilizados para especificar los materiales PAF-LC pueden variar de un sitio a otro.

La clasificación PAF-LC se utiliza para describir materiales que pueden ser susceptibles de tratamiento con cal o mezcla con NAF o material consumidor de ácido.

La interpretación de los valores de NAG a pH 4,5 y 7,0 dependerá de factores específicos del sitio y debe ser realizada inicialmente por una persona debidamente calificada.

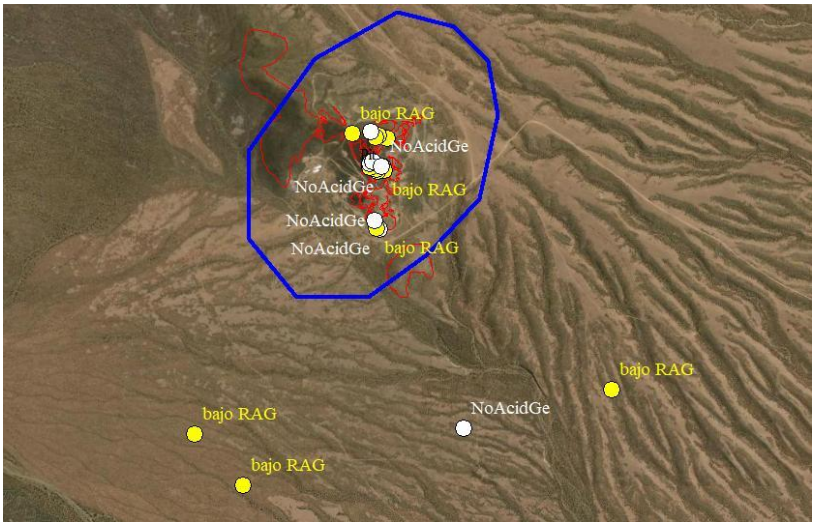


Figura N° 5: Distribución de las muestras en superficie (Colores ver Tabla 8a y 8b)

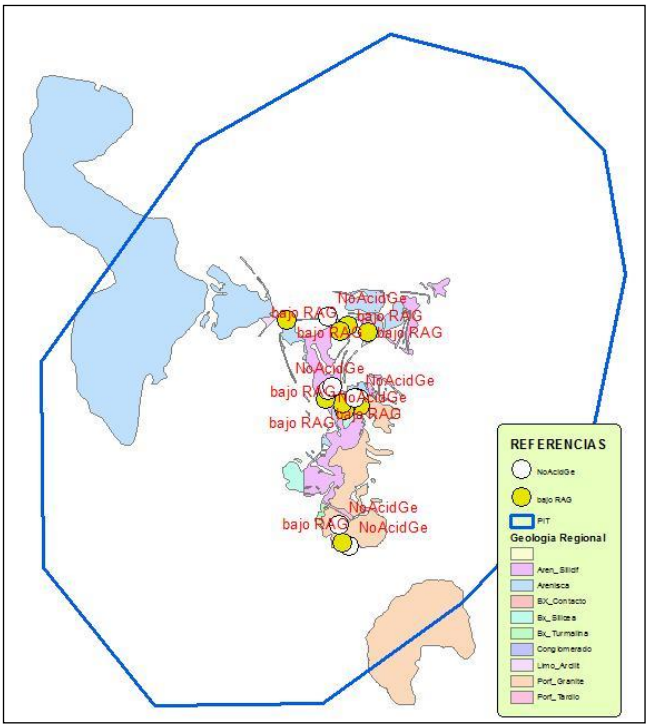


Figura N° 6: Distribución de las muestras en el Pit (Colores ver Tabla 8a y 8b).

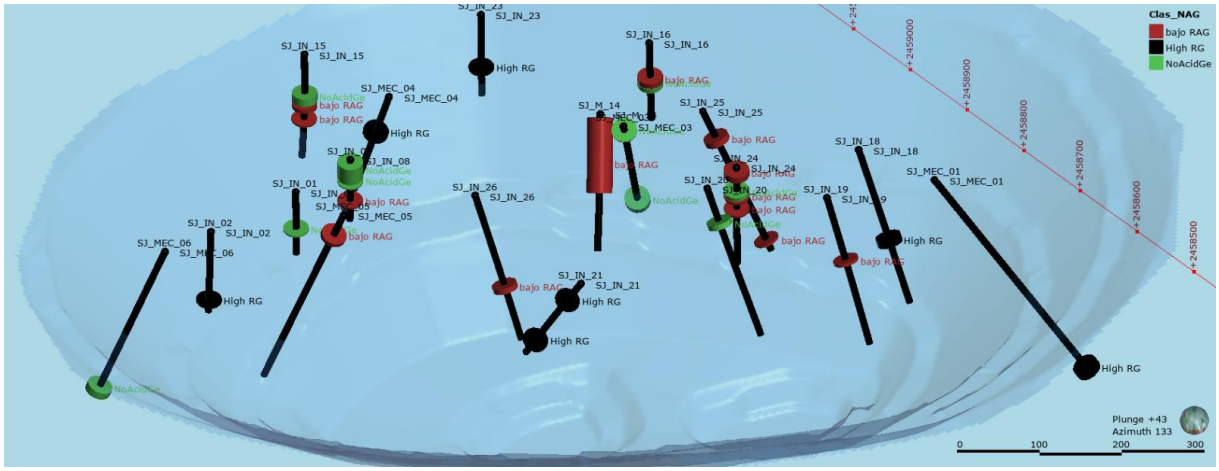


Figura N° 7: Distribución de las muestras en los sondeos (Colores ver Tabla 8a y 8b)

- **pH de la pasta vs pH NAG**

Según la clasificación de **pH pasta versus pH NAG**, en el cúmulo de muestras se puede estimar que los valores más altos de azufre se encuentran en el cuadrante inferior izquierdo y son potencialmente formadoras de ácido (Figura Nº 8a). Pero se requiere realizar Test ABA y determinar S como sulfuro y sulfato, para tener una mayor certeza. En la referida

figura, se observa que la mayoría de las muestras se ubican en el cuadrante "No formador de ácido". En la Tabla Nº 7a se encuentran las muestras con sus respectivas clasificaciones.

Clasificación pH de la pasta vs pH NAG	Muestras
No formador de ácido	42
Potencialmente formador de ácido-(Riesgo bajo de AMD)	6
Potencialmente formador de ácido-(Riesgo medio AMD)	3
Potencialmente formador de ácido-(alto riesgo de AMD)	0
Incierto	2

Tabla Nº 7a

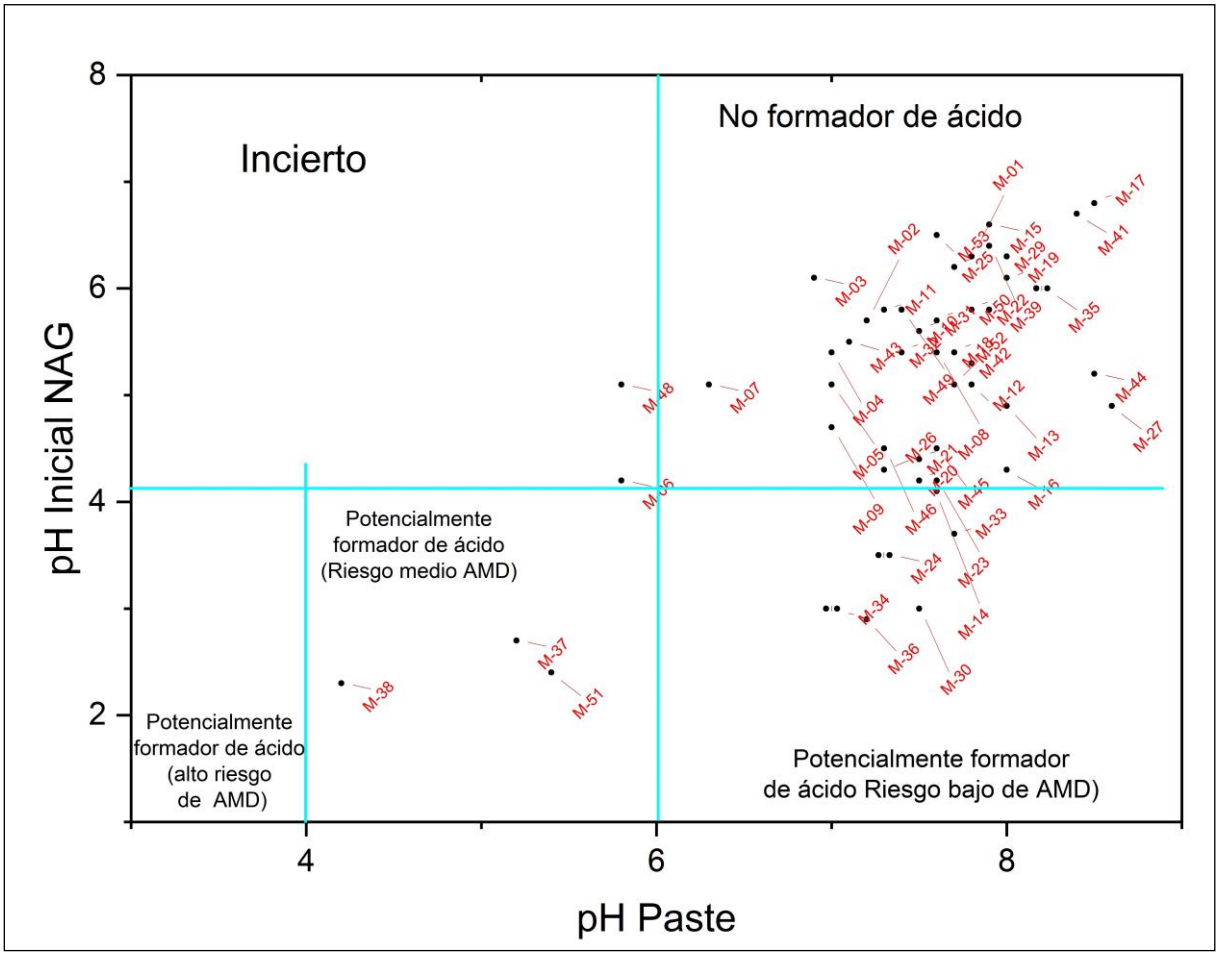


Figura Nº 8a

Por otra parte, en el grupo de muestras correspondiente a Afloramientos y Suelos puede observarse que las mismas se ubican en el cuadrante "No formador de ácido" (Figura

Nº 8b – Tabla Nº 7b). Mientras que, las que corresponden a Suelos, serían las que más influyen en la distribución de la Figura Nº 8a. Su clasificación se presenta en la Tabla Nº 7c y su distribución en la Figura Nº 8c.

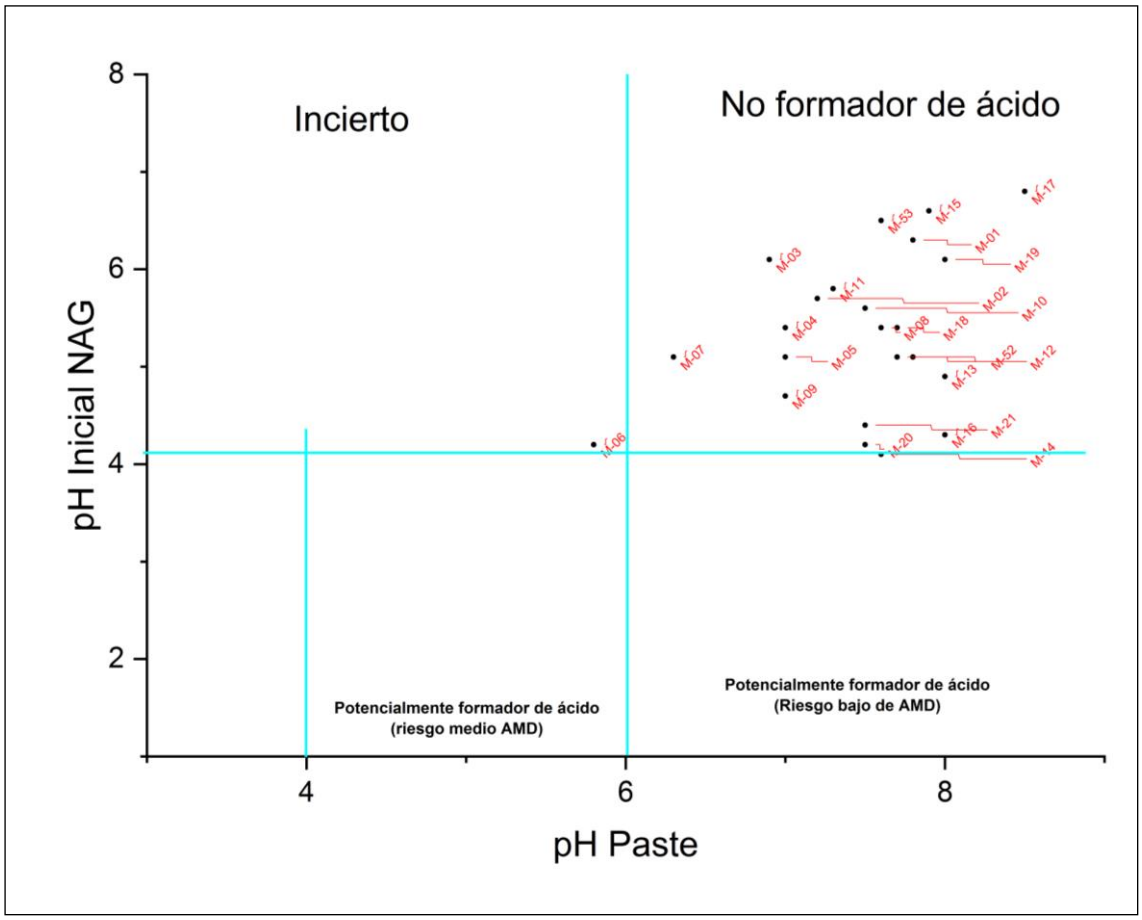


Figura Nº 8b

Clasificación pH de la pasta vs pH NAG	Muestras
No formador de ácido	23
Potencialmente formador de ácido-(Riesgo bajo de AMD)	0
Potencialmente formador de ácido-(Riesgo medio AMD)	0
Potencialmente formador de ácido-(alto riesgo de AMD)	0
Incierto	1
Total muestras	23

Tabla Nº 7b

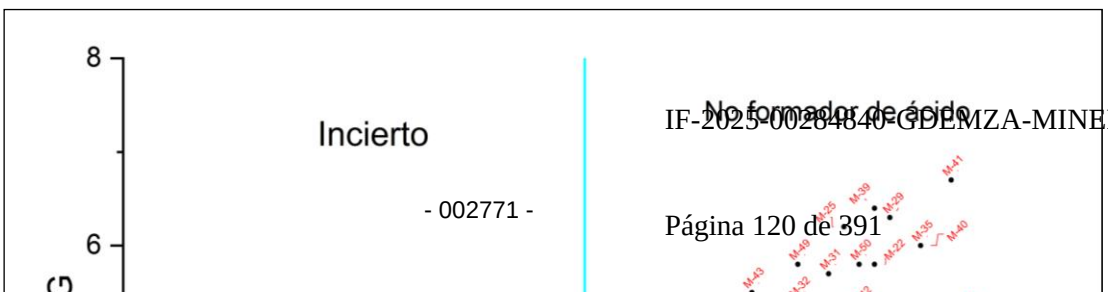


Figura Nº 8c

Clasificación pH de la pasta vs pH NAG	Muestras
No formador de ácido	20
Potencialmente formador de ácido-(Riesgo bajo de AMD)	6
Potencialmente formador de ácido-(Riesgo medio AMD)	3
Potencialmente formador de ácido-(alto riesgo de AMD)	0
Incierto	1
Total muestras	30

Tabla Nº 7c

A	B	C	D	E
ID	Descripción	pH Paste	Clas NAG	pH Inicial NAG
MSRK-1	Brecha de contacto. Silicificada con presencia de óxidos de Fe y Cu.	7.8	NoAcidGe	
MSRK-2	Brecha de contacto con fragmentos de la unidad sedimentaria (arenisca). Silicificada con presencia de óxidos de Fe.	7.2	NoAcidGe	
MSRK-3	Brecha de contacto con fragmentos de la unidad granítica. Silicificada con presencia de óxidos de Fe y Cu.	6.9	NoAcidGe	
MSRK-4	Granito meteorizado en superficie. Se observan cristales de cuerzo, manchas de óxidos de Fe y Cu	7.0	bajo RAG	
MSRK-5	Brecha de turmalina	7.0	bajo RAG	

MSRK-6	Brecha de turmalina	5.8	bajo RAG	4.2
MSRK-7	Brecha de contacto. Cercana a afloramiento de granito	6.3	bajo RAG	
MSRK-8	Brecha de turmalina. Se observan manchas de óxidos de Fe.	7.6	bajo RAG	
MSRK-9	En superficie se observa afloramiento oscuro por la presencia de óxidos de Mn. En corte fresco se observa arenisca de grano medio silicificada. Manchas de óxidos de Fe y de Cu en fracturas.	7.0	bajo RAG	
MSRK-10	Arenisca de grano medio silicificada. Presencia de óxidos de Fe	7.5	NoAcidGe	
MSRK-11	Arenisca de grano fino a medio. Presencia de óxidos de fe.	7.3	NoAcidGe	
MSRK-12	Arenisca de grano medio. Escasos óxidos de Fe. Presencia de venillas de cuarzo.	7.8	bajo RAG	
MSRK-13	Limolita color verde. Presencia de óxidos de Fe y pátinas de óxido de Mn en superficie.	8.0	bajo RAG	
MSRK-14	Limolita de color verde. Escasos óxidos de Fe.	7.6	bajo RAG	4.1
MSRK-15	Limolita color verde. En superficie meteorizada. Óxidos de Fe.	7.9	NoAcidGe	
MSRK-16	Limolita color verde. En superfcie se observa meteorizada, se rompe facilmente. Óxidos de Fe.	8.0	bajo RAG	4.3
MSRK-17	Granito. Se observa cuarzo, mafitos y feldespatos alterados.	8.5	NoAcidGe	
MSRK-18	Granito. Se observa cuarzo, feldespatos y biotitas oxidadas.	7.7	bajo RAG	
MSRK-19	Granito se observa cuarzo, mafitos, feldespatos.	8.0	NoAcidGe	
MSRK-20	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa	7.5	bajo RAG	4.2
MSRK-21	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa	7.5	bajo RAG	4.4
MSRK-22	Zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita	7.9	NoAcidGe	
MSRK-23	Gravas depósitos coluviales (se corresponde a la zona oxidada ya que contiene óxidos de cobre)	7.6	bajo RAG	4.2
MSRK-24	Zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita	7.3	bajo RAG	3.5
MSRK-25	Zona lixiviada compuesta por arenisca	7.7	NoAcidGe	
MSRK-26	Brecha de turmalina	7.3	bajo RAG	4.3
MSRK-27	Brecha de turmalina	8.6	bajo RAG	
MSRK-28	Brecha de turmalina	7.3	bajo RAG	3.5
MSRK-29	Zona oxidada integrada por granito. Se observan óxidos/hidroxidos de Fe y óxidos de Cu	8.0	NoAcidGe	
MSRK-30	Zona Oxidada integrada por granito. Se observan óxidos/hidroxidos de Fe	7.5	High RG	3
MSRK-31	Zona Oxidada integrada por arenisca. Se observan principalmente óxidos e hidróxidos de Fe	7.6	NoAcidGe	
MSRK-32	Zona oxidada integrada por granito.	7.4	bajo RAG	
MSRK-33	Zona enriquecida integrada por granito.	7.7	bajo RAG	3.7
MSRK-34	Zona enriquecida integrada po arenisca	7.0	High RG	3
MSRK-35	Zona enriquecida integrada por arenisca	8.2	NoAcidGe	
MSRK-36	Zona enriquecida integrada por arenisca	7.2	High RG	2.9
MSRK-37	Zona primaria integrada por arenisca	5.2	High RG	2.7
MSRK-38	Zona primaria integrada por arenisca	4.2	High RG	2.3
MSRK-39	Zona primaria integrada por arenisca	7.9	NoAcidGe	

MSRK-40	Zona primaria integrada por arenisca	8.2	NoAcidGe	
MSRK-41	Zona lixiviada compuesta por arenisca y limolita	8.4	NoAcidGe	
MSRK-42	Granito coincidente con la zona de oxidación	7.8	bajo RAG	
MSRK-43	Granito coincidente con la zona de . Se observa malaquita y azurita	7.1	bajo RAG	
MSRK-44	Arenisca coincidente con la zona de oxidación	8.5	bajo RAG	
MSRK-45	Arenisca coincidente con la zona de oxidación	7.6	bajo RAG	
MSRK-46	Fue logueado como conglomerado anteriormente pero se observa que la litología corresponde con la de un granito. Se observan feldespatos alterados a arcilla y óxidos de Fe.	7.3	bajo RAG	
MSRK-47	Conglomerado. Se observan clastos redondeados en matriz tamaño arena gruesa. Presencia de sulfuros diseminados y en venillas.	7.0	High RG	3
MSRK-48	Conglomerado. Se observan óxidos de Cu	5.8	bajo RAG	
MSRK-49	Arenisca conglomerádica. Se observan lentes donde predomina conglomerado. Presencia de óxidos de Cu	7.4	NoAcidGe	
MSRK-50	Lutitas intercaladas cin arenisca de grano fino	7.8	NoAcidGe	
MSRK-51	Lutitas intercaladas cin arenisca de grano fino	5.4	High RG	2.4
MSRK-52	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa	7.7	bajo RAG	
MSRK-53	Fragmentos líticos de entre 1 y 10 cm en matriz areno limosa	7.6	NoAcidGe	

Tabla Nº 8a: Características de las muestras y sus respectivas clasificaciones.

CLASIFICACIONES

Columna C

pH Paste	Clasificación	Muestras
pH<6	Disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización (PNA).	5
pH>6	La muestra cuenta con algún potencial de neutralización.	48
Totales		53

Columna D

Final pH - NAP Test	Potencial de generación de ácido	Clasificación	Muestras	%
>5.5	No generador de ácido	NoAcidGe	19	36
3.5 to 5.5	Generación de ácido de bajo riesgo.	bajo RAG	27	51
<3.5	Generación de ácido de alto riesgo.	High RG	7	13
Totales			53	100

Columna E

Test	Clasificación		Muestras	%
NAG pH	No genera ácido neto	> 4,5	36	68
	Genera ácido neto	< 4,5	17	32
Totales			53	100

Tabla Nº 8b: Características de las muestras y sus respectivas clasificaciones.

4. Pruebas de "balance ácido base" (ABA) - 2018

En el año 2018 se realizaron pruebas estáticas, el programa de pruebas consistió principalmente en lo que se denomina pruebas de "balance ácido base" (ABA).

Los informes son los siguientes:

- Informe 3.8 Test ABA Escombreras: Tests ABA de Muestras de Cabeza, concluyendo que las muestras no presentan potencial de producción.
- Informe 3.9 Análisis de lixiviado de colas: se ha realizado el análisis de Agua Relave. No hay conclusiones.
- Informe 3.10 Estudio del comportamiento de las colas de proceso: concluyendo que, luego de depositadas, las colas reducen su humedad en forma sustancial por evaporación y succión capilar de las capas subyacentes. Indicando en líneas generales que predomina la evaporación sobre la infiltración.
- Informe 3.11 Test ABA colas: Este estudio comprende la realización de pruebas de Acido- Base Acounting (ABA), sobre grupos de muestras de Relaves Rougher generados a partir de pruebas de Tets de Ciclo.
    - Concluye lo siguiente:

Todas de las muestras de relaves presentan valores netos de neutralización positivos, y por tanto poca tendencia a generar drenajes ácidos, pero a la vez muy cercanas al límite del valor que las clasificaría como No generadoras de ácido, excepto una de ella que si clasifica como No generadora de ácido.

El valor de la razón NP/A|P son en todos los relaves mayores a 1.28 lo que confirma que estas muestras son inciertas generadores de ácido. Por otra parte, el valor de potencial de neutralización neto (NetNP) son menores a 20 lo que clasificaría a estos productos de acuerdo a algunos estándares en la categoría de "incierto productor de ácido", excepto la muestra 2 que mencionamos anteriormente, se clasifica como No generadora de ácido.

5. Aniones y Cationes Mayoritarios

Se realizaron los análisis de los parámetros Físico – Químicos (Conductividad, pH, Alcalinidad total y Aniones mayoritarios) en el Laboratorio Alex Stewart Argentina.

Determinaciones químicas

En los a tabla Nº 10 se muestran los análisis de los siguientes parámetros: Conductividad, Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Alcalinidad Total, Carbonatos, Bi-Carbonatos, Cloruros, Fluoruros, Fosfatos, P Total, Sulfatos y pH. Tanto Carbonatos, Cloruros y Fluoruros, los resultados indican que "No contiene" (NC), mientras que en algunas muestras se han determinado Fosfatos.

En la Tabla Nº 9 se encuentran las correlaciones que presentan los parámetros analizados. En general, salvo algunas excepciones las correlaciones entre análisis físico-químicos son de regular a malas. Esto se puede observar en la Figura Nº 10 (Análisis de grupos) donde se presentan los vínculos entre los parámetros. Esto se debería probablemente al carácter disímil que presentarían las muestras entre sí.

Se observan variaciones en las distribuciones de los datos, en lo que respecta a las muestras de Afloramientos-Suelos y las de los Sondeos.

A continuación, se realiza una interpretación de los resultados de los referidos análisis físico – químicos.

Conductividad

Se ha hecho referencia a que la conductividad eléctrica (CE) proporciona una medida indirecta de la cantidad de sales solubles en agua en la muestra. Si los valores son altos, indica que hay una considerable cantidad de sales, las que usualmente son sulfatos, aunque pueden ser otras sales metálicas. Los valores de conductividad en general son bajos, lo cual sugieren que no habría una generación de ácido, no obstante, se debería controlar este parámetro frente a los datos NAG.

En general, se observa una relación baja entre la Alcalinidad Total, Bi-Carbonatos, y algo menor aún con los STD y Sulfatos. En la Figura Nº 9 se puede observar la correlación regular entre la Conductividad y Alcalinidad Total.

La correlación de la conductividad en las muestras de Afloramientos – Suelos, es regular con la Alcalinidad Total, Bi-Carbonatos, Fosfatos y SDT, mientras que en las muestras de los Sondeos es mala en general.

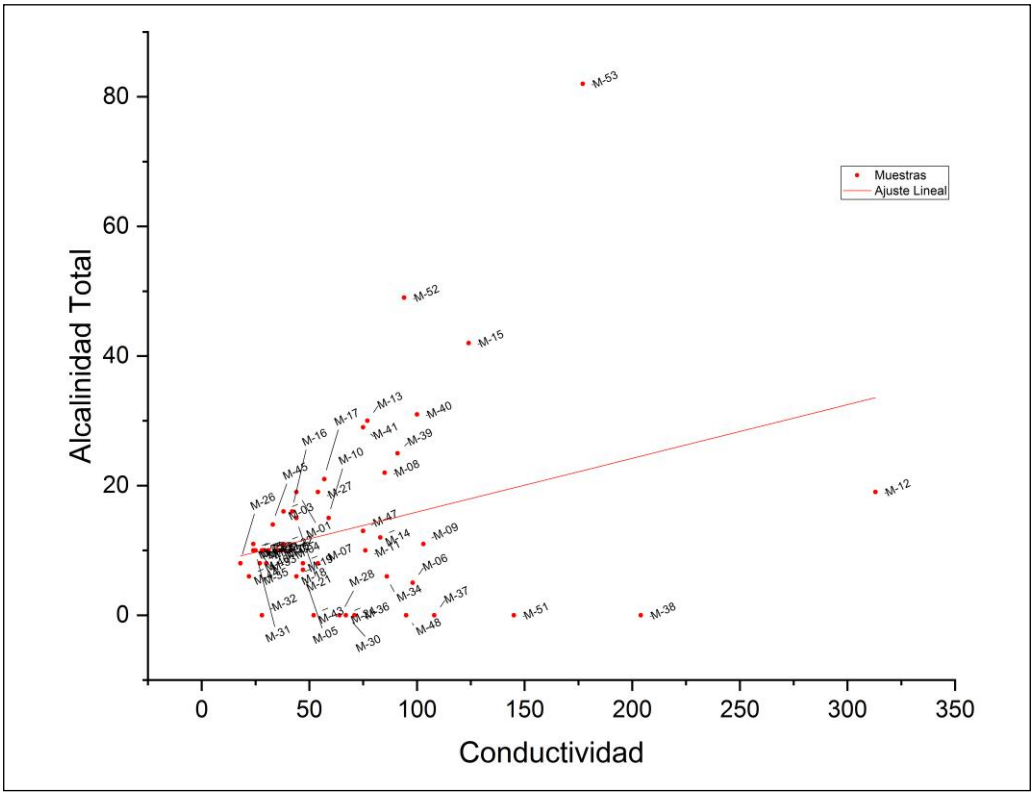


Figura Nº 9

Sólidos Totales Disueltos (SDT): Los valores, en general son bajos, varían de 40 a 320 mg/L, con un promedio de 127 mg/L.

En general, se observa una correlación positiva regular a buena con sulfatos y P Total, y regular a mala con Alcalinidad Total y Bi-Carbonatos.

Si se consideran las muestras de Afloramientos – Suelos, hay buena correlación positiva con Alcalinidad Total, Bi-Carbonatos, Fosfatos, P Total y Sulfatos; mientras que en las de los Sondeos es regular con P Total y buena con Sulfatos.

Alcalinidad: Los valores varían de 0 a 82 mg/L, con un promedio de 13 mg/L.

La alcalinidad es necesaria para neutralizar la acidez, es decir, determinar la cantidad de material alcalino que asegura la eficiencia de dicho proceso. A medida que se consume la alcalinidad disponible, el Fe3+ se convierte en oxidante en rangos de pH < 3,5 y con una velocidad de oxidación considerablemente más alta que en las reacciones iniciales, ya que se estima que la acción catalizadora de las bacterias aumenta en proporciones muy altas.

La solubilidad de muchos elementos metálicos aumenta a medida que el pH disminuye hacia niveles por debajo de pH 7, y de manera inversa a medida que el pH aumenta estos pueden precipitar en forma de óxidos e hidróxidos, o bien ser adsorbidos. Aun así, existen elementos que no requieren condiciones ácidas para movilizarse y, en condiciones de neutralidad y alcalinidad pueden alcanzar concentraciones significativas. Tal es el caso por ejemplo de antimonio (Sb), arsénico (As), cadmio (Cd), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn).

En este caso no se ha determinado la presencia de Carbonatos y sí, de Bicarbonato. Es por ello que la Alcalinidad está dada por este último. La correlación de ambos parámetros es máxima.

En los datos en general, se puede observar que con el pH pasta vs Alcalinidad no hay buena correlación, pero la correlación es positiva, es decir que cuando la Alcalinidad es baja, la acidez aumenta. En ese sentido, al ser el Bicarbonato el principal agente alcalino, es el que regula la referida acidez.

La Alcalinidad Total en las muestras de Afloramientos – Suelos, tiene buena correlación positiva con los Fosfatos y menor con P Total y SDT. Mientras que con las muestras de los Sondeos se observa que hay buena correlación con el pH y pH pasta.

Carbonatos: Los análisis de este parámetro han sido informados como “No Contiene”.

Bi-Carbonatos: sus tenores oscilan entre 0 a 100 mg HCO_3^-/L (Tabla Nº 10) con un promedio de 16,58 mg HCO_3^-/L.

Su relación es directa con la Alcalinidad Total, como se puede observar en la Tabla Nº 9 y sería el principal regulador de la acidez.

Cloruros y Fluoruros: como los Carbonatos, los análisis de estos parámetros han sido informados como "No Contiene".

Fosfatos: los fosfatos, como el Apatito, son menos comunes, y son altamente reactivos, se combinan con el hierro para formar compuestos de fosfato de hierro insolubles, lo cual puede colabora en la neutralización de la acidez.

En los análisis, sólo 11 muestras han dado valores por encima del límite de detección del método de análisis. Sus tenores oscilan entre 0 a 0,7 mg/L (Tabla Nº 10) con un promedio de 0,068 mg/L.

Tiene regular a buena correlación con la Alcalinidad Total, Bi-Carbonatos y P Total, y algo menor con los Sulfatos.

Fósforo Total (P Total): el P se encuentran entre los factores que controlan la generación y migración del DAR., entre otros están los factores biológicos. Un control importante en la generación de DART es la oxidación bacteriana de Fe2+ a Fe3+, el que a su vez puede oxidar a la pirita. La tasa de crecimiento y la densidad de población de las bacterias dependen de la disponibilidad de CO_2 y oxígeno, de la cantidad de nutrientes (N, P), del elemento químico donante de electrones (Fe2+ o S) y de la temperatura.

La velocidad de oxidación bacteriana depende de factores tales como la temperatura, pH, disponibilidad de O_2 y de CO_2 para la reproducción de las células, cantidad de nutrientes (N, P) y área superficial del mineral sulfuroso.

Los tenores oscilan entre 0 a 1,77 mg/Kg, con un promedio de 0,48 mg/L. Los contenidos determinados en general son bajos.

En general tiene regular a buena correlación con los Fosfatos, STD y Sulfatos, pero en las muestras de Sondeos se correlaciona con STD y Sulfatos, mientras que con las de los Afloramientos – Suelos se relaciona con Fosfatos y STD.

Sulfatos: en un ambiente como el que se analiza, corresponde a la oxidación química de la pirita, biótica o abióticamente, con el oxígeno como oxidante principal, con la consecuente liberación de protones y sulfatos al medio. Finalmente, el drenaje se caracteriza por alcanzar niveles elevados de sulfatos y rangos de pH > 4,5.

Algunos de los mecanismos de atenuación son, la formación de minerales secundarios tales como sulfatos, óxidos, hidróxidos, arseniatos, carbonatos, silicatos y elementos nativos; las reacciones de sorción y la interacción con agentes neutralizantes que influyen en las características químicas del efluente. Corresponden a procesos que reducen la movilidad y la concentración de los constituyentes disueltos en el efluente (INAP, 2012).

Los tenores en general son bajos, oscilan entre 0 y 145,0 mg/L. con un promedio de 35,26 mg/L.

pH: Los tenores oscilan entre 4,1 a 8,4 con un promedio de 6,92. Este parámetro tiene amplias variaciones y en general tiene buena correlación con el pH pasta.

Correlaciones

	Alcalinidad Total	Bi-Carbonatos	Conductividad	Fosfatos	P Total	pH	pH Pasta	STD	Sulfatos
Alcalinidad Total		0.996	0.305	0.580	0.415	0.448	0.001	0.419	0.079
Bi-Carbonatos	0.996		0.308	0.580	0.405	0.438	-0.005	0.420	0.065
Conductividad	0.305	0.308		0.294	-0.129	-0.062	-0.127	0.267	0.270
Fosfatos	0.580	0.580	0.294		0.703	0.157	-0.056	0.496	0.285
P Total	0.415	0.405	-0.129	0.703		0.203	0.129	0.639	0.577
pH	0.448	0.438	-0.062	0.157	0.203		0.004	0.133	-0.011
pH Pasta	0.001	-0.005	-0.127	-0.056	0.129	0.004		0.091	0.070
STD	0.419	0.420	0.267	0.496	0.639	0.133	0.091		0.645
Sulfatos	0.079	0.065	0.270	0.285	0.577	-0.011	0.070	0.645	

Tabla Nº 10

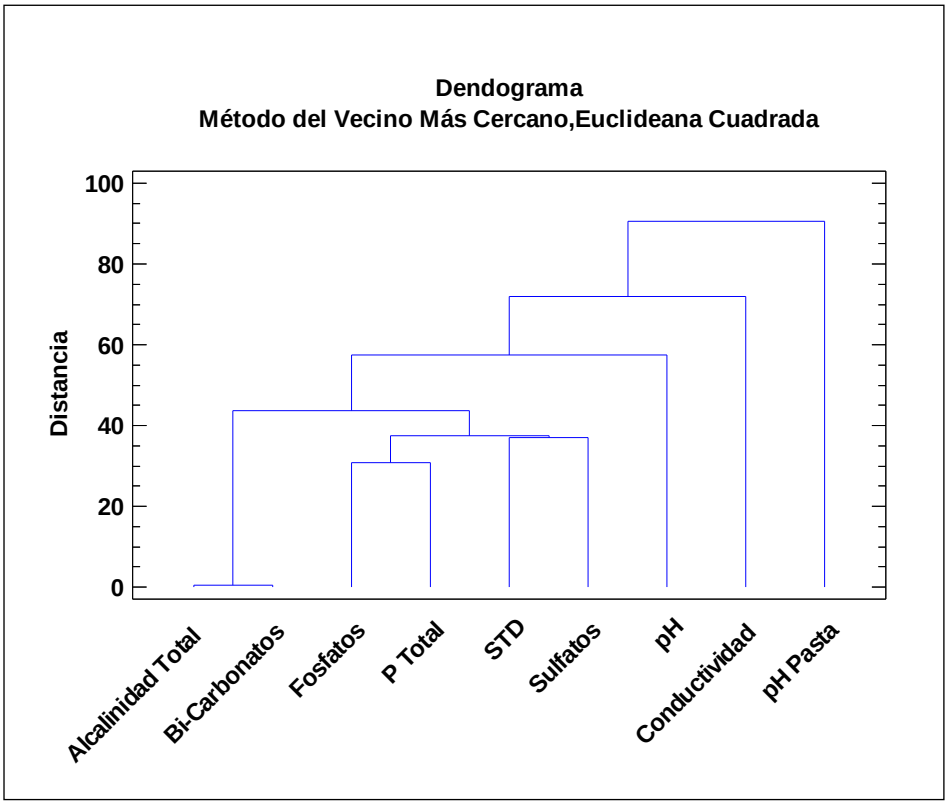


Figura Nº 10

6. Determinación de Metales totales

Se realizaron los siguientes ensayos: SPLP (LMIS15), LMMT02 e ICP-MS AR48, cada uno de ellos con mayor agresividad en el ataque de la muestra. El último se realiza con agua regia.

- **Test SPLP EPA 1312 (LMIS15),**

El Test SPLP (procedimiento de precipitación sintética EPA 1312), fue originalmente diseñado para evaluar el nivel de limpieza de un suelo en los programas de cierre de faenas de la EPA.

SPLP – efluente: El ensayo se realiza con líquido de extracción acida (Sulfonitrica) y la lectura del lixiviado es por ICP OES

El test podría estimar la liberación de metales desde residuos puestos en un vertedero y expuestos a lluvia ácida.

El extracto líquido obtenido después de la lixiviación es analizado por los parámetros: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, Zn, para determinar si presenta cualquiera de estos elementos considerados como peligrosos, en concentraciones superiores a los valores establecidos por el Código Alimentario Argentino.

Los resultados obtenidos de la aplicación del test se presentan en la Tabla N° 12 (Anexo)

- **Test LMMT02**

El extracto líquido obtenido después de la lixiviación del Test LMMT02 es analizado por los parámetros: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, Zn, Nitratos.

Lectura del lixiviado por ICP-OES

En este test se realiza un ataque más enérgico que el anterior.

Los resultados obtenidos de la aplicación del test se presentan en la Tabla N° 12 (Datos Alex Stewart).

- **Test ICP-MS AR48.**

El extracto líquido obtenido después de la lixiviación del Test ICP-MS AR48 es analizado por los parámetros: Al, Ag, As, Au, Sb, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Ce, Cs, Co, Cu, Cr, Sc, Sn, Sr, P, Ga, Ge, Hf, Fe, In, Y, La, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Nb, Ni, Pb, K, Re, Rb, Se, Na, Tl, Ta, Te, Ti, Th, W, U, V, Zn, Zr.

El ensayo se realiza con extracción por método Aqua Regia y la lectura del lixiviado es por ICP MS.

En este test se realiza un ataque muy enérgico con el método referido anteriormente.

Los resultados obtenidos de la aplicación del test se presentan en la Tabla N° 13 (Datos Alex Stewart).

- **Resultados e Interpretación de los Test**

Con el test SPLP se puede estimar la liberación de metales desde residuos puestos en un vertedero y expuestos a lluvia ácida.

Los resultados del ensayo llevado a cabo en los materiales del yacimiento se compararon con los parámetros indicados por la Ley 24585 De la Actividad Minera - Impacto Ambiental, Anexo IV: Niveles guía de calidad de agua. Fuentes de Agua para Bebida Humana y Para Protección de Vida Acuática en Agua Dulce Superficial.

Se destaca que existen algunos metales que poseen tenores particularmente anormales (Tabla 11a y 11b). A continuación, se mencionan los elementos que superarían en algunas muestras, los valores establecidos como máximos en la norma.

Respecto a las muestras provenientes de los Afloramientos y Suelo se encuentran los siguientes metales: Hierro, Arsénico, Aluminio, Boro, Cobre, Manganeso y Cinc.

Muestra Nro	Fe	As	Al	B	Cu	Mn	Zn
MSRK-1	0.346	0.000	1.490	0.460	0.887	0.000	0.034
MSRK-2	0.310	0.000	1.890	0.487	0.719	0.000	0.063
MSRK-3	0.229	0.000	0.990	0.478	0.567	0.000	0.040
MSRK-4	0.750	0.000	1.510	0.451	0.510	0.014	0.098
MSRK-5	0.000	0.000	0.070	0.471	0.036	0.081	0.108
MSRK-6	0.000	0.000	0.000	0.452	0.895	0.415	0.166
MSRK-7	0.000	0.000	0.000	0.495	0.047	0.084	0.133
MSRK-8	0.277	0.206	0.110	0.476	0.124	0.013	0.013
MSRK-9	0.000	0.000	0.000	0.539	0.063	0.077	0.077
MSRK-10	0.585	0.000	0.470	0.524	0.284	0.012	0.028
MSRK-11	0.024	0.000	0.080	0.433	0.289	0.028	0.098
MSRK-12	0.000	0.526	0.000	0.342	0.031	0.000	0.000
MSRK-13	0.000	0.538	0.000	0.320	0.000	0.000	0.000
MSRK-14	4.411	0.329	6.380	0.427	0.109	0.013	0.099
MSRK-15	0.000	0.131	0.000	0.321	0.000	0.000	0.000
MSRK-16	0.079	0.000	0.120	0.303	0.000	0.000	0.000
MSRK-17	0.051	0.000	0.090	0.281	0.081	0.000	0.000
MSRK-18	0.147	0.000	0.160	0.359	0.101	0.050	0.056
MSRK-19	0.079	0.000	0.230	0.354	0.200	0.008	0.025
MSRK-20	0.234	0.000	0.390	0.379	0.000	0.071	0.000
MSRK-21	0.273	0.000	0.410	0.375	0.000	0.092	0.000
MSRK-52	1.341	0.000	2.400	0.044	0.019	0.093	0.000
MSRK-53	0.060	0.000	0.100	0.026	0.000	0.091	0.000

Tabla Nº 11a: Los tenores en rojo, son los que superan los valores de la norma.

Las muestras correspondientes a los Sondeos poseen los siguientes metales: Hierro, Arsénico, Aluminio, Cobre, Manganeso, Níquel, Antimonio y Cinc.

Muestra Nro	Fe	As	Al	Cu	Mn	Ni	Sb	Zn
MSRK-22	0.060	0.208	0.160	0.034	0.000	0.000	0.000	0.024
MSRK-23	0.082	0.000	0.090	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000
MSRK-24	0.000	0.000	0.000	0.021	0.023	0.000	0.000	0.000
MSRK-25	0.000	0.000	0.120	0.042	0.031	0.000	0.000	0.000
MSRK-26	0.000	0.000	0.000	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000

MSRK-27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
MSRK-28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000
MSRK-29	0.096	0.000	0.110	0.185	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-30	0.000	0.000	0.000	0.032	0.051	0.000	0.000	0.029
MSRK-31	0.063	0.000	0.580	0.175	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-32	0.042	0.000	0.080	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-33	0.018	0.000	0.230	0.032	0.011	0.000	0.000	0.000
MSRK-34	0.000	0.000	0.000	0.017	0.049	0.000	0.000	0.000
MSRK-35	0.081	0.000	0.140	0.013	0.023	0.000	0.000	0.000
MSRK-36	0.000	0.000	0.000	0.191	0.009	0.000	0.000	0.000
MSRK-37	0.000	0.000	0.000	0.322	0.212	0.070	0.000	0.292
MSRK-38	18.289	0.000	3.160	1.067	0.276	0.100	0.000	0.130
MSRK-39	0.000	0.000	0.130	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
MSRK-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-41	0.000	0.177	0.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-42	0.074	0.000	0.180	0.243	0.000	0.000	0.291	0.000
MSRK-43	0.000	0.000	0.000	0.367	0.015	0.000	0.000	0.000
MSRK-44	0.254	0.000	0.430	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-45	0.292	0.230	0.580	0.047	0.004	0.000	0.000	0.000
MSRK-46	0.734	1.140	1.850	0.254	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-47	0.000	0.000	0.110	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000
MSRK-48	0.000	0.000	0.000	3.972	0.036	0.000	0.000	0.000
MSRK-49	0.298	0.520	1.030	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-50	0.394	0.000	0.990	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000
MSRK-51	0.028	0.000	0.000	0.359	0.228	0.080	0.000	0.019

Tabla Nº 11b: Los tenores en rojo, son los que supera los valores de la norma.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo antes expuesto se concluye lo siguiente:

- Los valores de pH de pasta:
  - De acuerdo a los análisis, el valor del pH en pasta promedio de las 53 muestras, es de 7,4 siendo éste ligeramente alcalino, con un mínimo de 4,2 y un máximo de 8,6.
  - Los valores de pH de pasta mayores a 6, sugieren que la muestra cuenta con un **algún potencial de neutralización** (PN). Se observan 48 (>6) muestras, las restantes tendrían disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización.
  - Un valor de pH mayor a 7 sugiere la presencia de carbonatos reactivos, por lo tanto, la capacidad de neutralizar acidez. En cambio, un pH por debajo de 5, indica que el material tiene capacidad de generar acidez. En este esquema se presentan dos muestras con pH pasta menor a 5.
  - Según Price et al. (1997), 50 muestras, se han clasificado como “Improbable generador drenaje ácido” (NGA); mientras que 3 serían “Potencialmente generadoras de Drenaje Ácido”.

- De acuerdo al pH pasta, son escasas las muestras que generarían DAR o que tendrían disponibilidad limitada de Potencial de Neutralización

- pH en Pasta y Conductividad
  - El pH indica que hay algunas muestras "Potencialmente generadoras de Drenaje Ácido", por otro lado, los valores de conductividad en general son bajos, lo cual sugieren que no habría una generación de ácido, no obstante, se debería controlar este parámetro frente a los datos NAG.

- **Predicción NAG**
  - Los análisis, de acuerdo a la Predicción NAG, indican que el 68% (36 muestras) del material se clasifican como "No genera ácido neto", mientras que las restantes se encuentran en "Genera ácido neto".
  - Por otra parte, los análisis NAG se han interpretado considerando la clasificación de "Test pH Final NAG". El material analizado, sobre un total de 53 muestras, considerando el análisis pH NAG, posee un 36% de material correspondiente al tipo "No generador de ácido", un 51 % a "Generación de ácido de bajo riesgo", y un 13% a "Generación de ácido de alto riesgo".
  - Considerando los análisis pH Final NAG y el NAG (pH=4.5), se observa que el 23% de las muestras se clasifican como "Potencial Formador de Ácido".
  - Con la clasificación de **pH pasta versus pH NAG**, se indica que 42 muestras son "No formador de ácido", 6 muestras son "Potencialmente formador de ácido-(Riesgo bajo de AMD)", 3 muestras son "Potencialmente formador de ácido-(Riesgo medio AMD)", ninguna muestras del tipo "Potencialmente formador de ácido-(alto riesgo de AMD)" y 2 muestras "Incierto".
  - Considerando esta clasificación, se observa que las muestras de Afloramientos y Suelos, se ubican prácticamente en su totalidad en el cuadrante "No Formador de Ácido", de la Figura Nº 8b.

- **Determinación de Generación Acida Neta (Nag)**

Considerando en su conjunto los análisis encuadrados dentro de la técnica Predicción NAG, con las determinaciones pH Inicial NAG, NAG (pH=4.5) y NAG (pH=7.0), realizadas con el fin de determinar la Generación Acida Neta (NAG o NAP - Net Acid Generation or Net Acid Potential) de una muestra mineral, se puede concluir que:

- Las muestras correspondientes a los Afloramientos y Suelos (Tabla Nº 1) se las considera en general, como "No Formador de Ácido".
- Las muestras correspondientes a los Sondeos, gran parte de ellas (67%) se encuadran como "No Formador de Ácido", mientras que las restantes (33 %) corresponden a "Potencialmente formador de ácido-(Riesgo bajo de AMD)", "Potencialmente formador de ácido-(Riesgo medio AMD)" e Incierto.

- **Aniones y Cationes Mayoritarios**

Se realizaron los análisis de los siguientes parámetros: Conductividad, Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Alcalinidad Total, Carbonatos, Bi-Carbonatos, Cloruros, Fluoruros, Fosfatos, P Total, Sulfatos y pH.

Tanto Carbonatos, Cloruros y Fluoruros, los resultados indican que "No contiene" (NC), mientras que en algunas muestras se han determinado Fosfatos.

Se describen las características de los parámetros físico – químicos indicando las correlaciones que presentan los mismos. En general, salvo algunas excepciones las correlaciones entre análisis físico-químicos son de regular a malas. Esto se debería probablemente al carácter disímil que presentarían las muestras entre sí.

Se observan variaciones en las distribuciones de los datos, en lo que respecta a las muestras de Afloramientos-Suelos y las de los Sondeos.

De lo observado en este grupo de análisis se destaca lo siguiente:

- Los valores de conductividad en general son bajos, lo cual sugieren que no habría una generación de ácido, no obstante, se debería controlar este parámetro frente a los datos NAG.

- En los Sólidos Totales Disueltos (SDT), los valores, en general son bajos, varían de 40 a 320 mg/L, con un promedio de 127 mg/L. Si se consideran las muestras de Afloramientos – Suelos, hay buena correlación positiva con Alcalinidad Total, Bi-Carbonatos, Fosfatos, P Total y Sulfatos; mientras que en las de los Sondeos es regular con P Total y buena con Sulfatos.

La Alcalinidad posee valores que varían de 0 a 82 mg/L, con un promedio de 13 mg/L. En este caso no se ha determinado la presencia de Carbonatos y sí, de Bicarbonato. Es por ello que la Alcalinidad está dada por este último. La correlación de ambos parámetros es máxima. En los datos en general, se puede observar que con el pH pasta vs Alcalinidad no hay buena correlación, pero la correlación es positiva, es decir que cuando la Alcalinidad es baja, la acidez aumenta. En ese sentido, al ser el Bicarbonato el principal agente alcalino, es el que regula la referida acidez.

- En los Sulfatos los tenores en general son bajos, oscilan entre 0 y 145,0 mg/L. con un promedio de 35,26 mg/L. En el ambiente como el que se analiza, corresponde a la oxidación química de la pirita, biótica o abióticamente, con el oxígeno como oxidante principal.
- La zona muestreada en general, se encontraría en una etapa inicial del desarrollo del DAR, desde luego con variaciones locales, donde a medida que continúa la generación de ácido y se agotan o se vuelven inaccesibles los minerales carbonatados, el pH del agua disminuye. Cuando el pH del microambiente disminuye hasta 4.5, ocurren reacciones de oxidación tanto química como biológica.

- **Determinación de Metales totales**

Se realizaron los siguientes ensayos: SPLP (LMIS15), LMMT02 e ICP-MS AR48, cada uno de ellos con mayor agresividad en el ataque de la muestra. El último se realiza con agua regia.

Los resultados del ensayo llevado a cabo en los materiales del yacimiento se compararon con los parámetros indicados por la Ley 24585 De la Actividad Minera - Impacto Ambiental, Anexo IV: Niveles guía de calidad de agua. Fuentes de Agua para Bebida Humana y Para Protección de Vida Acuática en Agua Dulce Superficial.

Se destaca que existen algunos metales que poseen tenores particularmente anormales. Considerando las muestras provenientes de los Afloramientos y Suelo se encuentran los siguientes metales: Hierro, Arsénico, Aluminio, Boro, Cobre, Manganeso y Cinc.

Las muestras correspondientes a los Sondeos poseen los siguientes metales: Hierro, Arsénico, Aluminio, Cobre, Manganeso, Níquel, Antimonio y Cinc.

- **Vulnerabilidad de Acuíferos**

De acuerdo a lo referido anteriormente, respecto a los ensayos realizados sobre 53 muestras provenientes de afloramientos y suelos, y Sondeos del Yacimiento San Jorge, con el fin de establecer si se generará DAR en el mismo; surgen las siguientes consideraciones:

Se puede concluir que las muestras correspondientes a los Afloramientos y suelos no generarían DAR, sin embargo, al considerar los elementos de los ensayos SPLP, algunos metales, mayoritariamente cobre, superan los valores establecidos como máximos en la norma. Estas muestras provienen de rocas y suelos que están expuestos desde que se han delineado las provincias geológicas, Precordillera y Cordillera Frontal, lo cual permite suponer que tanto la geología como los acuíferos, se encuentran en equilibrio, indicando que la eventual afectación que pudiera producirse, no es tal, dado que no se observa una incidencia de tales metales en el agua de los acuíferos.

No obstante, se considera que se tengan en cuenta las sugerencias vertidas en el apartado correspondiente.

Respecto a las muestras correspondientes a los Sondeos, ninguna de ellas resultó en riesgo alto de ser generadoras de drenaje ácido (Potencialmente formador de ácido), y sólo una baja proporción, poseen riegos bajo a medio. Además, al considerar los elementos de los ensayos SPLP, la lixiviación de los mismos podría afectar también los acuíferos, debido a que algunos metales superan los valores establecidos como máximos en la norma. Se debe tener en cuenta, por otra parte, que estas muestras, correspondientes al sector del Pit, serán procesadas mediante un proceso de concentración y flotación que remueve los metales como el cobre que es objeto de este proyecto, y ubicadas en los depósitos de cola, relaves y escombreras. En ese sentido, el control sobre estos depósitos de materiales durante la explotación minera, es fundamental para que el impacto sobre los acuíferos sea bajo.

……

Dr. José H. Ulacco

SUGERENCIAS

La identificación prematura de los materiales potencialmente generadores de ácido y el desarrollo de un plan de manejo adecuado del Drenaje Ácido de Roca pueden reducir considerablemente los problemas ambientales de largo plazo y los costos de las medidas correctivas. Además, la identificación prematura y la incorporación de medidas de control, pueden reducir las obligaciones financieras de mantener instalaciones de recolección y tratamiento a largo plazo; por ejemplo, mantener a perpetuidad una planta de tratamiento químico.

El Balance ácido-base es una de un grupo de las herramientas interpretativas para predecir impactos mineros fundamentalmente a los sistemas hidrológicos. La experiencia, demuestra que las interpretaciones más importantes vienen de la evaluación colectiva de varios factores. Éstos incluyen datos ABA, calidad del agua antes de iniciado los laboreos, tipo de yacimiento y litología, los sistemas de flujo del agua subterránea, los efectos de la meteorización, y los aspectos concernientes a la explotación minera, tratamiento y recuperación.

Es importante reconocer que la acidez y el pH bajo, no son factores críticos en la definición de "drenaje contaminado" o DAR. En realidad, la preocupación fundamental la constituyen los elevados niveles de metales disueltos.

Frente a la perspectiva que la zona sería propensa a producir un drenaje ácido es conveniente, por lo antes expuesto, realizar lo siguiente:

Realizar análisis del tipo Test ABA al grupo de muestras analizadas.

Posiblemente realizar un muestreo que sea más representativo, dada la magnitud del área que se está analizando.

Sería conveniente realizar pruebas cinéticas en algunas de las muestras que se consideran de carácter “incierto”.

El objetivo de las pruebas cinéticas (celda húmeda) es confirmar el potencial de generación de ácido y predecir la calidad del agua de drenaje, a corto y largo plazo, en el campo. Las pruebas cinéticas geoquímicas comprenden someter al intemperismo a las muestras, bajo condiciones controladas de laboratorio, con el fin de confirmar el potencial para generar acidez, determinar las velocidades de generación de ácido, oxidación de sulfuros,

neutralización y agotamiento de metales y, además, con el fin de probar las técnicas de control/tratamiento.

La concentración de metales en el drenaje de sectores donde se desarrollan los trabajos mineros y los componentes disueltos, tales como sulfato no son directamente pronosticables por el análisis ABA. Este procedimiento cuantifica a grupos minerales y no elementos individuales o especies químicas. El comportamiento de los metales individuales o de otros componentes disueltos es mejor evaluado a través de las consideraciones del pH, estado redox, y la solubilidad

En resumen, sería conveniente realizar el siguiente grupo de estudios que incluyen tanto pruebas estáticas como dinámicas:

1. Conocer de la abundancia relativa de los minerales constituyentes de una muestra de roca, para la caracterización global del material estéril potencialmente reactivo, mediante las siguientes técnicas:
    a. Conteo modal en cortes petro-calcográficos de roca, utilizando microscopio óptico (métodos visuales).
    b. Cálculos de balance de masa que convierten los análisis químicos de roca entera, en abundancia mineral.
2. Determinar el contenido de metales.
3. Pruebas de Solubilidad
4. Pruebas Cinéticas (Celdas Húmedas)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amec, 2005a. Report on Tailings Disposal, Kupol Project, AMEC Earth & Environmental, June.2005

Amec, 2005b. Report on Water Quality, Kupol Project, AMEC Earth & Environmental, June.2005

Atkin, S, 2004b. Memorandum to Bill Lytle, Sample selection for humidity cell test work for the 2004 ARD Samples.

Atkin, S. 2005. Geochemical Characterization of Waste Rock and Ore Materials at the Kupol Project, Russian Far East. Prepared for BEMA Gold Corporation: Vancouver, BC, Canada.

Brady, K.B., Perry, E.F., Beam, R.L., Bisko, D.C., Gardner, M.D. and Tarantino, J.M., 1994. Evaluation of Acid-Base Accounting to Predict the Quality of Drainage at Surface Coal Mines in Pennsylvania, USA, Proc. International Land Reclamation and Mine Drainage Conference and 3rd International Conference on the Abatement of Acidic Drainage, Pittsburgh, PA; USBM SP 06A-94, v1, p138-146.

Frostad, S., 2003. Operational prediction of the ARD and metal leaching potential of a strongly oxidized, low NP waste rock. Proceedings from the sudbury, mining and the environment conference. Laurentian university, Sudbury, Canada.

Fundación Chile y Sernageomin. 2015. y Guía Metodológica para La Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras. Chile. 248 p.

Lapakko, K. and Lawrence, R.W., 1993. Modification of the Net Acid Production (NAP) Test. Proc. BC Mine Reclamation Symposium, Port Hardy, B.C., 145-159.

Lappako, K. A., 1994. Evaluation of neutralization potential determinations for metal mine waste and a proposed alternative. In: International Land Reclamation and Mine Drainage Conference and Third International Conference on the Abatement of Acidic Drainage, U. S. Bureau of Mines Special Publication SP 06A-94, pp. 129-137.

Price, W. A.; Errington, J. A., 1998. Guidelines for metal leaching and acid rock drainage at minesites in British Columbia. Ministry of energy and mines, British Columbia.

Price, W.A., Morin, K. and Hutt, N., 1997b. Guidelines for the Prediction of Acid Rock Drainage and Metal Leaching for Mines in British Columbia: Part II - Recommended Procedures for Static and Kinetic Testing, Proc. 4th International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, BC, p15-30.

Sobek, A., W. Schuller, J. R. Freeman, and R. M. Smith, 1978. Field and Laboratory Methods Applicable to Overburdens and Minesoils. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. EPA-600/2-78-054, 203 p.

William A. Price, 2009. CANMET- Mining and Mineral Sciences Laboratories Smithers, British Columbia, VOJ 2N0.

ANEXOS

		Fuentes de Agua Bebida Humana		Protección de Vida Acuática Agua Dulce Superficial	
Elementos		Elementos	mg/L	Elementos	mg/L
Sodio	Na				
Calcio	Ca				
Silicio	Si				
Potasio	K				
Hierro	Fe	Hierro total (Fe) máx.	0,3		
Magnesio	Mg				
Arsénico	As	Arsénico (As) máx.	0,01	Arsénico (Total)	0,05
Molibdeno	Mo				
Mercurio	Hg	Mercurio (Hg) máx.	0,001	Mercurio (Total)	0,0001
Plata	Ag	Plata (Ag) máx.	0,05	Plata (Total)	0,0001
Aluminio	Al	Aluminio residual (Al) máx.	0,2		
Boro	B	Boro (B) máx.	0,5	Boro (Total)	0,75
Bario	Ba				
Berilio	Be				
Cadmio	Cd	Cadmio (Cd) máx.	0,005	Cadmio (Total)	0,0002
Cobalto	Co				
Cromo	Cr	Cromo (Cr) máx.	0,05	Cromo (Total)	0,002
Cobre	Cu	Cobre (Cu) máx.	1	Cobre (Total)	0,002
Litio	Li				
Manganeso	Mn	Manganeso (Mn) máx.	0,1	Manganeso	0,1
Niquel	Ni	Niquel (Ni) máx.	0,02	Niquel (Total)	0,025
Plomo	Pb	Plomo (Pb) máx.	0,05	Plomo (Total)	0,001
Antimonio	Sb	Antimonio máx.	0,02	Antimonio (Total)	0,016
Selenio	Se	Selenio (Se) máx.	0,01		
Estaño	Sn				
Estroncio	Sr				
Talio	Tl				
Vanadio	V			Vanadio (Total)	0,1
Zinc	Zn	Cinc (Zn) máx.	5	Cinc (Total)	0,03
Uranio	U			Uranio (Total)	0,02

Muestra Nro	Min	Max	MSRK-1	MSRK-2	MSRK-3	MSRK-4	MSRK-5	MSRK-6	MSRK-7	MSRK-8	MSRK-9	MSRK-10	MSRK-11	MSRK-12	MSRK-13	MSRK-14	MSRK-15	MSRK-16	MSRK-17	MSRK-18	MSRK-19	MSRK-20	MSRK-21	MSRK-22	MSRK-23	MSRK-24	MSRK-25	MSRK-26	MSRK-27	MSRK-28	MSRK-29	MSRK-30	MSRK-31	MSRK-32	MSRK-33	MSRK-34	MSRK-35	MSRK-36	MSRK-37	MSRK-38	MSRK-39	MSRK-40	MSRK-41	MSRK-42	MSRK-43	MSRK-44	MSRK-45	MSRK-46	MSRK-47	MSRK-48	MSRK-49	MSRK-50	MSRK-51	MSRK-52	MSRK-53
Na	0.000	5.400	3.020	2.750	2.640	2.550	2.130	1.550	2.270	1.850	2.280	2.110	2.200	0.680	2.380	2.290	2.330	2.060	1.920	1.730	1.880	2.630	2.730	2.720	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.560	0.000	0.000	0.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.310	1.900	1.450	0.000	0.000	0.000	1.360	1.980	0.000	0.000	0.000	5.400	0.000	0.000	0.000
Ca	0.134	59.407	1.995	1.140	0.489	1.095	2.714	13.832	3.417	13.586	15.379	7.868	8.097	59.407	11.864	8.243	20.184	4.037	6.270	1.481	2.599	1.194	2.274	1.025	1.160	4.108	0.353	0.134	5.320	2.125	1.469	2.387	0.516	0.766	0.550	2.970	0.719	2.998	4.459	1.832	11.236	11.511	8.841	1.266	1.973	0.250	1.642	1.201	2.076	2.846	0.791	1.005	6.492	15.252	27.661
	0.000	0.000																																																					
K	0.000	12.350	5.970	4.720	5.980	5.700	2.870	1.300	4.190	0.920	0.000	1.150	4.320	2.770	1.040	5.980	0.660	0.750	2.390	3.750	3.910	2.480	2.910	3.820	1.800	6.120	3.820	2.850	5.930	8.090	3.620	8.450	5.250	3.960	3.630	12.350	3.740	11.800	10.720	3.870	5.070	7.110	4.060	3.780	7.750	3.860	3.400	4.450	11.460	9.860	5.770	6.410	10.080	6.590	9.650
Fe	0.000	18.289	0.346	0.310	0.229	0.750	0.000	0.000	0.000	0.277	0.000	0.585	0.024	0.000	0.000	4.411	0.000	0.079	0.051	0.147	0.079	0.234	0.273	0.060	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.000	0.063	0.042	0.018	0.000	0.081	0.000	0.000	18.289	0.000	0.000	0.000	0.074	0.000	0.254	0.292	0.734	0.000	0.000	0.298	0.394	0.028	1.341	0.060
Mg	0.000	6.200	0.220	0.000	0.000	0.000	0.320	0.230	0.220	0.390	0.350	0.290	0.340	0.700	0.190	1.610	0.900	0.000	0.150	0.330	0.100	0.210	0.420	0.000	0.000	1.120	0.000	0.000	0.480	1.220	0.000	0.450	0.000	0.000	0.000	1.470	0.000	0.630	3.740	5.680	1.170	1.500	0.260	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	2.300	1.850	0.130	0.130	6.200	1.770	2.260
As	0.000	1.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.206	0.000	0.000	0.000	0.526	0.538	0.329	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.177	0.000	0.000	0.000	0.230	1.140	0.000	0.000	0.520	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.000	1.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.206	0.000	0.000	0.000	0.526	0.538	0.329	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.177	0.000	0.000	0.000	0.230	1.140	0.000	0.000	0.520	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.000	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	6.380	1.490	1.890	0.990	1.510	0.070	0.000	0.000	0.110	0.000	0.470	0.080	0.000	0.000	6.380	0.000	0.120	0.090	0.160	0.230	0.390	0.410	0.160	0.090	0.000	0.120	0.000	0.000	0.000	0.110	0.000	0.580	0.080	0.230	0.000	0.140	0.000	0.000	3.160	0.130	0.000	0.140	0.180	0.000	0.430	0.580	1.850	0.110	0.000	1.030	0.990	0.000	2.400	0.100
B	0.000	0.539	0.460	0.487	0.478	0.451	0.471	0.452	0.495	0.476	0.539	0.524	0.433	0.342	0.320	0.427	0.321	0.303	0.281	0.359	0.354	0.379	0.375	0.376	0.229	0.190	0.197	0.310	0.239	0.189	0.202	0.275	0.196	0.182	0.195	0.066	0.098	0.122	0.099	0.099	0.072	0.134	0.096	0.013	0.000	0.012	0.037	0.030	0.017	0.015	0.028	0.166	0.020	0.044	0.026
B	0.000	0.539	0.460	0.487	0.478	0.451	0.471	0.452	0.495	0.476	0.539	0.524	0.433	0.342	0.320	0.427	0.321	0.303	0.281	0.359	0.354	0.379	0.375	0.376	0.229	0.190	0.197	0.310	0.239	0.189	0.202	0.275	0.196	0.182	0.195	0.066	0.098	0.122	0.099	0.099	0.072	0.134	0.096	0.013	0.000	0.012	0.037	0.030	0.017	0.015	0.028	0.166	0.020	0.044	0.026
Ba	0.000	0.320	0.189	0.200	0.090	0.199	0.262	0.264	0.287	0.270	0.289	0.243	0.206	0.140	0.105	0.320	0.183	0.102	0.227	0.187	0.171	0.028	0.042	0.067	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
Be	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Co	0.000	0.256	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.132	0.256	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	3.972	0.887	0.719	0.567	0.510	0.036	0.895	0.047	0.124	0.063	0.284	0.289	0.031	0.000	0.109	0.000	0.000	0.081	0.101	0.200	0.000	0.000	0.034	0.000	0.021	0.042	0.111	0.000	0.000	0.185	0.032	0.175	0.092	0.032	0.017	0.013	0.191	0.322	1.067	0.000	0.000	0.000	0.243	0.367	0.047	0.047	0.254	0.000	3.972	0.241	0.121	0.359	0.019	0.000
Cu	0.000	3.972	0.887	0.719	0.567	0.510	0.036	0.895	0.047	0.124	0.063	0.284	0.289	0.031	0.000	0.109	0.000	0.000	0.081	0.101	0.200	0.000	0.000	0.034	0.000	0.021	0.042	0.111	0.000	0.000	0.185	0.032	0.175	0.092	0.032	0.017	0.013	0.191	0.322	1.067	0.000	0.000	0.000	0.243	0.367	0.047	0.047	0.254	0.000	3.972	0.241	0.121	0.359	0.019	0.000
Li	0.000	0.046	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.009	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.009	0.000	0.000	0.008	0.014	0.000	0.010	0.019	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.023	0.015	0.000	0.000	0.046	0.014	0.013
Mn	0.000	0.415	0.000	0.000	0.000	0.014	0.081	0.415	0.084	0.013	0.077	0.012	0.028	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.050	0.008	0.071	0.092	0.000	0.015	0.023	0.031	0.000	0.006	0.020	0.000	0.051	0.000	0.000	0.011	0.049	0.023	0.009	0.212	0.276	0.004	0.000	0.000	0.015	0.000	0.004	0.000	0.027	0.036	0.000	0.000	0.228	0.093	0.091
Ni	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sb	0.000	0.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.080	0.011	0.008	0.004	0.008	0.012	0.028	0.015	0.029	0.030	0.020	0.021	0.071	0.037	0.028	0.053	0.015	0.014	0.010	0.010	0.005	0.009	0.006	0.008	0.012	0.002	0.000	0.016	0.006	0.013	0.010	0.002	0.004	0.003	0.010	0.005	0.013	0.016	0.009	0.030	0.020	0.028	0.005	0.011	0.002	0.008	0.033	0.005	0.002	0.005	0.007	0.007	0.049	0.080
Tl	0.000	0.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.292	0.034	0.063	0.040	0.098	0.108	0.166	0.133	0.013	0.077	0.028	0.098	0.000	0.000	0.099	0.000	0.000	0.056	0.025	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.292	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000
Zn	0.000	0.292	0.034	0.063	0.040	0.098	0.108	0.166	0.133	0.013	0.077	0.028	0.098	0.000	0.000	0.099	0.000	0.000	0.056	0.025	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.292	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000
U	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P	0.000	1.010	0.000	0.000	0.000	0.470	0.000	0.000	0.000	0.420	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160	0.000	0.300	0.000	0.000	0.470	1.010
Pd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Si	1.190	12.230	6.930	6.360	5.380	5.230	2.210	1.430	2.100	4.200	1.990	3.970	2.840	2.030	3.010	12.230	5.950	2.800	3.050	2.130	3.250	5.320	5.810	2.450	3.480	1.510	2.250	1.590	1.750	1.380	3.740	2.210	3.330	2.440	2.590	2.110	2.620	1.920	1.190	1.480	1.550	1.500	2.520	3.020	1.740	2.290	4.580	5.460	1.500	2.120	3.950	4.450	1.360	11.140	4.900
Th	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.118	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.013	0.000	0.080	0.000

Tabla N° 12: Los tenores en rojo superar los máximos establecidos por la Norma.

Anddes Argentina SA
info.argentina@anddes.com
www.anddes.com
Vicente Gil 330
Mendoza, Argentina
T +54 261 696 3989

Ingeniería de Prefactibilidad

Proyecto San Jorge

Estudio hidrológico superficial

2201.20.01-12-210-09-ITE-001

Revisión 2

Diciembre 2023



Preparado para:

Proyecto San Jorge

Rev.	Fecha	Descripción	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Firma del aprobador	Gerente de proyecto
1	07-06-23	Documento final	R. Martinez	N. Roth	M. Toledo		M. Corvalan
2	29-12-23	Documento final	R. Martinez	N. Roth	M. Toledo		M. Corvalan

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

CUELLO BORIOLO Mario Alberto
Firmado digitalmente por CUELLO BORIOLO Mario Alberto
DN: SERIALNUMBER=CUIL 20132909297, C=AR, CN=CUELLO BORIOLO Mario Alberto
Razón: el motivo de su firma aquí
Ubicación: la ubicación de su firma aquí
Fecha: 2025.01.09 14:13:36-03'00'
Foxit PhantomPDF Versión: 10.1.1

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN 1

2.0 GENERALIDADES 1
2.1 Clima 2
2.2 Vegetación y cobertura vegetal 4
2.3 Suelos 5
2.4 Geología y geomorfología 5
2.5 Topografía 6
2.6 Hidrografía 7

3.0 ANTECEDENTES 8

4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES 8
4.1 Cuencas hidrográficas 10
4.2 Aforo de caudales 10

5.0 MODELACION HIDROLOGICA 14
5.1 Delimitación de cuencas 14
5.2 Características físicas de las cuencas delimitadas 16
5.3 Tormenta de proyecto 18
5.4 Análisis estadístico de datos 19
5.5 Tormentas de duraciones menores a 24 h 21
5.6 Curvas IDF 21
5.7 Método CN para el cálculo de las pérdidas por infiltración 22
5.7.1 Mapa de pendientes 23
5.7.2 Suelos 25
5.7.3 Mapa de combinación de variables 26
5.8 Hietogramas 27
5.9 Decaimiento espacial 27
5.10 Aplicación del modelo HEC-HMS 27
5.10.1 Método del hidrograma unitario SCS 29
5.11 Cálculo de caudales 29

6.0 MANEJO DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL 31
6.1 Canales perimetrales depósito y escombreras 32
6.2 Canales en caminos 32
6.3 Alcantarillas y badenes 32
6.4 Canales de desvío 33

7.0 CONCLUSIONES 35

Tablas

Tabla 5.1 Intensidad de precipitación máxima en 24 h para distintos tiempos de recurrencia ... 20
Tabla 5.2 Relaciones IDF estación Uspallata 21
Tabla 5.3 Parametros hidrologicos 28
Tabla 5.4 Parametros hidrologicos cuenca El Tigre 28
Tabla 5.5 Caudales de escorrentía determinados para las cuencas delimitadas 30
Tabla 5.6 Caudales determinados para la cuencas El Tigre 31
Tabla 6.1 Coeficientes de manning 34

Anexos

Anexo A - Parámetros hidrológicos. Arroyo El Tigre

Anexo A-1 Parámetros hidrológicos. Sistema Proyecto

Anexo B - Badenes

Anexo A - Canales

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

1.0 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Minero San Jorge consiste en un plan de explotación a cielo abierto del depósito San Jorge y posterior procesamiento de los minerales para la obtención de concentrados de cobre y oro. La explotación se desarrollará por el método a “cielo abierto” durante un período de 16 años de operación.

El desarrollo del proyecto incluye una serie de estructuras que involucra el proceso productivo e infraestructura auxiliar. Como parte de la ingeniería de prefactibilidad a ser desarrollada por Anddes, se considera el diseño de las obras de manejo de escorrentía superficial para permitir la captación y conducción controlada de los escurrimientos evitando su incidencia sobre las estructuras que forman parte del proyecto.

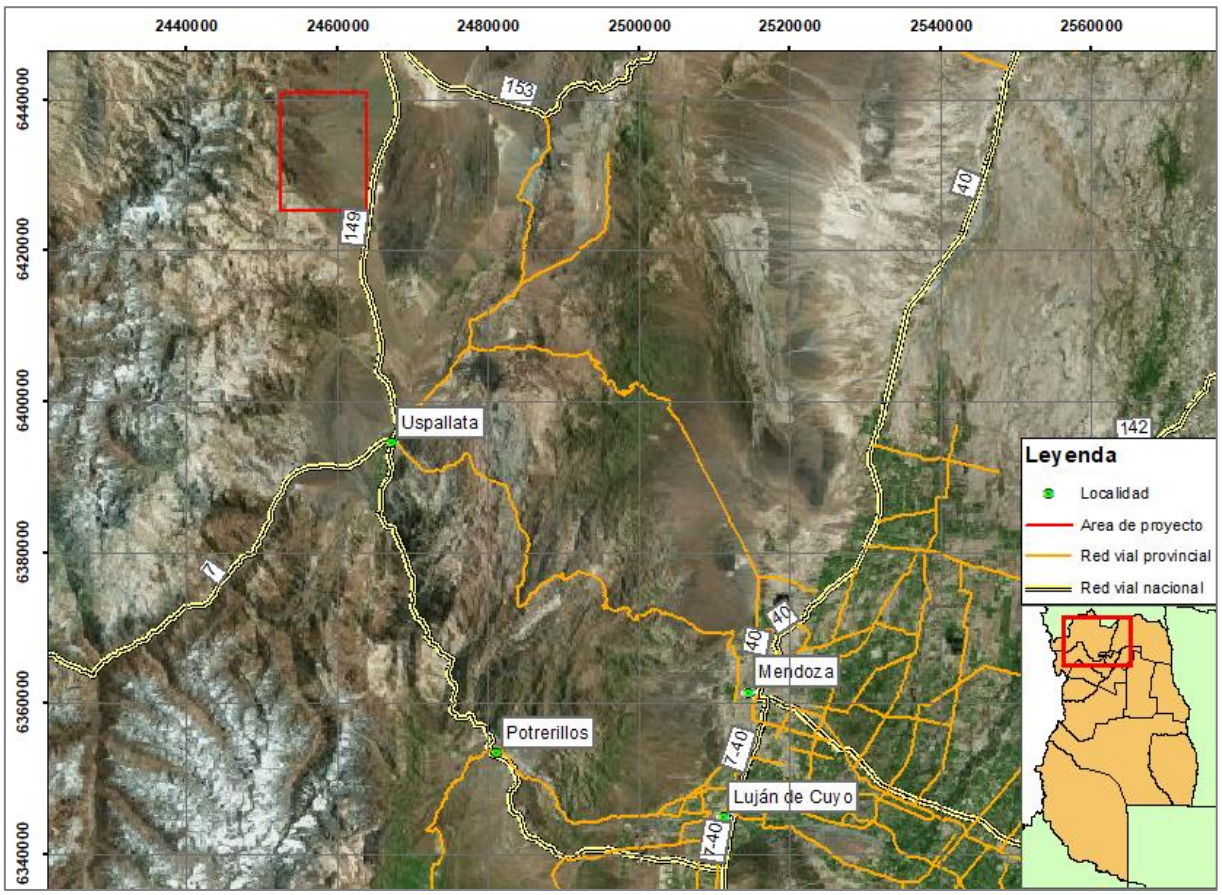
El presente documento comprende el estudio hidrológico superficial del área dentro de la cual se encuentra comprendido el proyecto San Jorge, con el objetivo de determinar el comportamiento hidrológico de los cauces presentes en la región y determinar los caudales para el diseño de las obras de manejo de escorrentía, presentado en el documento 2201.20.01-12-160-02-ITE-001. Informe técnico Ingeniería de Prefactibilidad.

2.0 GENERALIDADES

El Proyecto San Jorge se encuentra localizado en la Estancia Yalguaráz, en el Distrito Uspallata, al noroeste del departamento Las Heras, en la provincia de Mendoza, Argentina. Para acceder a la propiedad minera desde la ciudad de Mendoza, se debe transitar 107 km hacia el Oeste por Ruta Nacional Nº 7 hasta llegar al distrito de Uspallata y desde allí transitar unos 40 km en dirección norte por la Ruta Nacional Nº 149.

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Figura 2.1
Ubicación del área de estudio



Fuente:
Elaboración propia

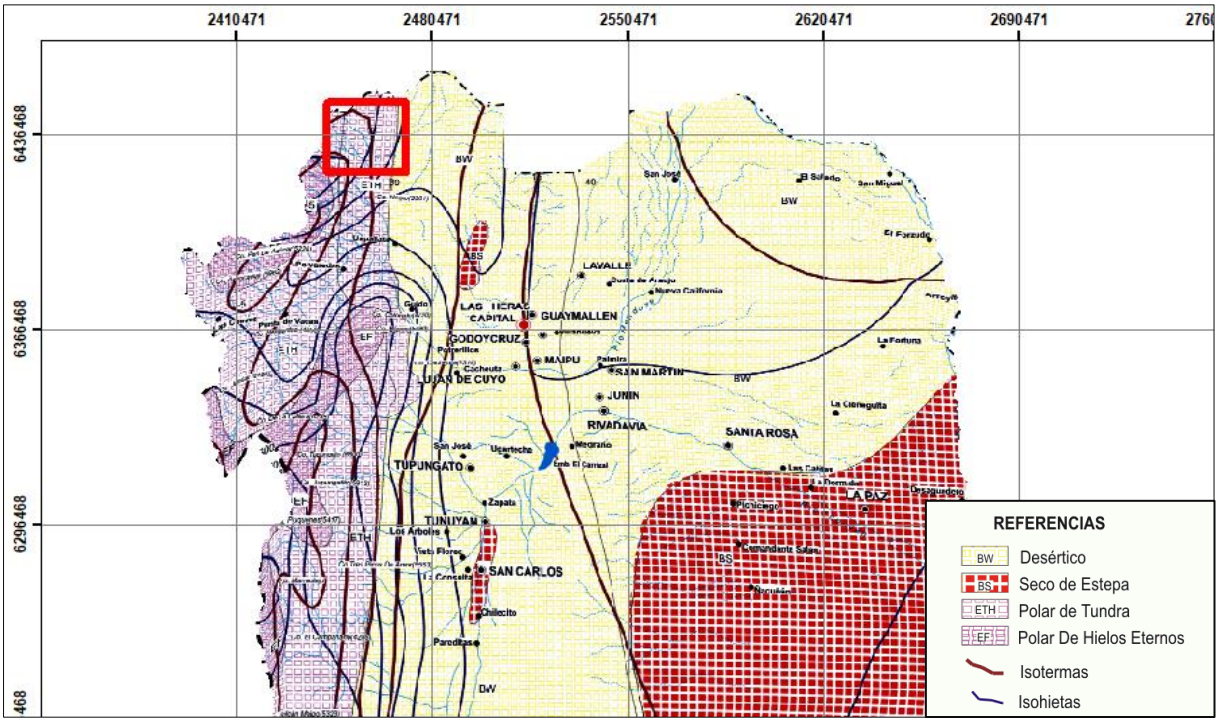
2.1 Clima

El mapa climatológico de la provincia de Mendoza, ubica el clima de la zona de proyecto entre desértico y polar de tundra que presenta grandes amplitudes térmicas y predomina un clima de altura tipo “andino”, con elevadas tasas de evapotranspiración.

Se enmarca dentro de una caracterización general de árido de montaña con inviernos fríos y veranos frescos. El clima es seco, con escasas lluvias y temporales de nieve. De acuerdo al mapa de precipitaciones medias anuales, los valores van desde los 400 a los 600 mm.

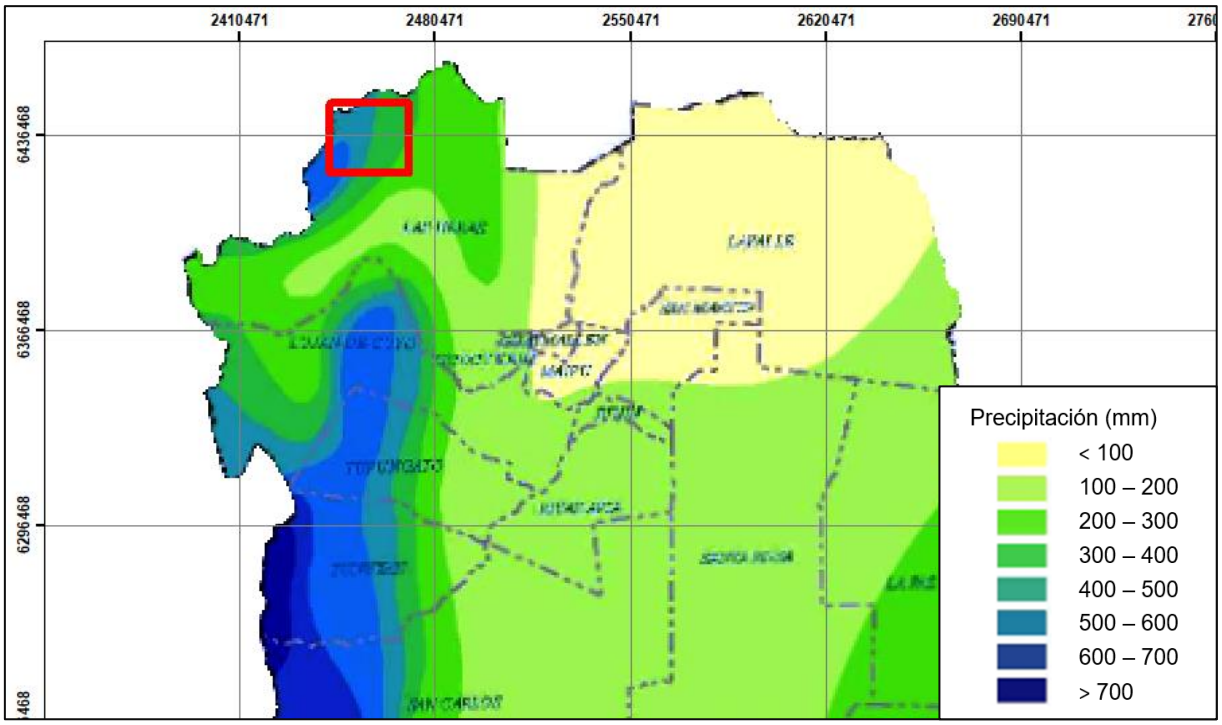
Esta zona, se encuentra relativamente aislada de los sistemas nivosos ingresantes desde el Pacífico y los secos desde el Atlántico.

Figura 2.2
Mapa climatológico de la provincia de Mendoza



Fuente:
https://www.mendoza.gov.ar/ambiente/

Figura 2.3
Precipitaciones medias anuales de la provincia de Mendoza



Fuente:
https://www.mendoza.gov.ar/ambiente/

Las precipitaciones en forma de nieve ocurren por encima de los 2 600 msnm, mientras que las precipitaciones líquidas se distribuyen a lo largo de las llanuras del valle. La ubicación de la línea de nieve varia a lo largo del año, en invierno se ubica a los 2 600 msnm, y sube a medida que aumentan las temperaturas durante la primavera y verano hasta alcanzar una cota de 4 100 msnm.

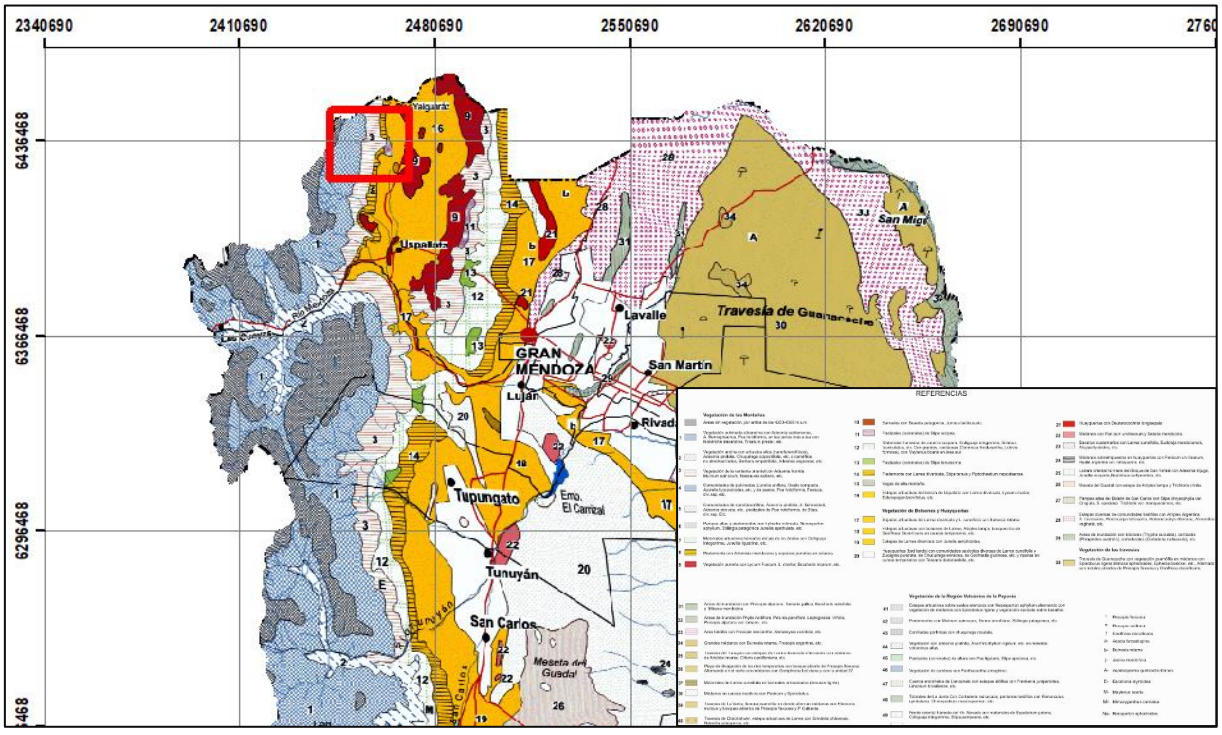
2.2 Vegetación y cobertura vegetal

El área en estudio está conformada por un conjunto de unidades fitogeográficas. Entre ellas están Provincia del Monte, Provincia Puna y la Provincia Altoandina.

La vegetación está compuesta por áreas de vegetación de la vertiente con Adesmia horrida, Mulinum spinosum, Nassauvia axillaris. En el piedemonte, Artemisia mendozana y especies puneñas en solanas. Mientras que al este del proyecto encontramos estepas arbustivas del bolsón de Uspallata con Larrea divaticata, Lycium chañar, Scleropogon brevifolius, etc.

La cobertura se entiende como la proyección vertical de la copa, dosel o canopia de la vegetación sobre el suelo. Este parámetro es requerido para estimar adecuadamente las pérdidas por infiltración e intercepción en el fenómeno lluvia-escorrentía. Mayores coberturas vegetales implican valores mayores de intercepción inicial y por ende menores caudales y volúmenes de escurrimiento.

Figura 2.4
Mapa de vegetación de la provincia de Mendoza

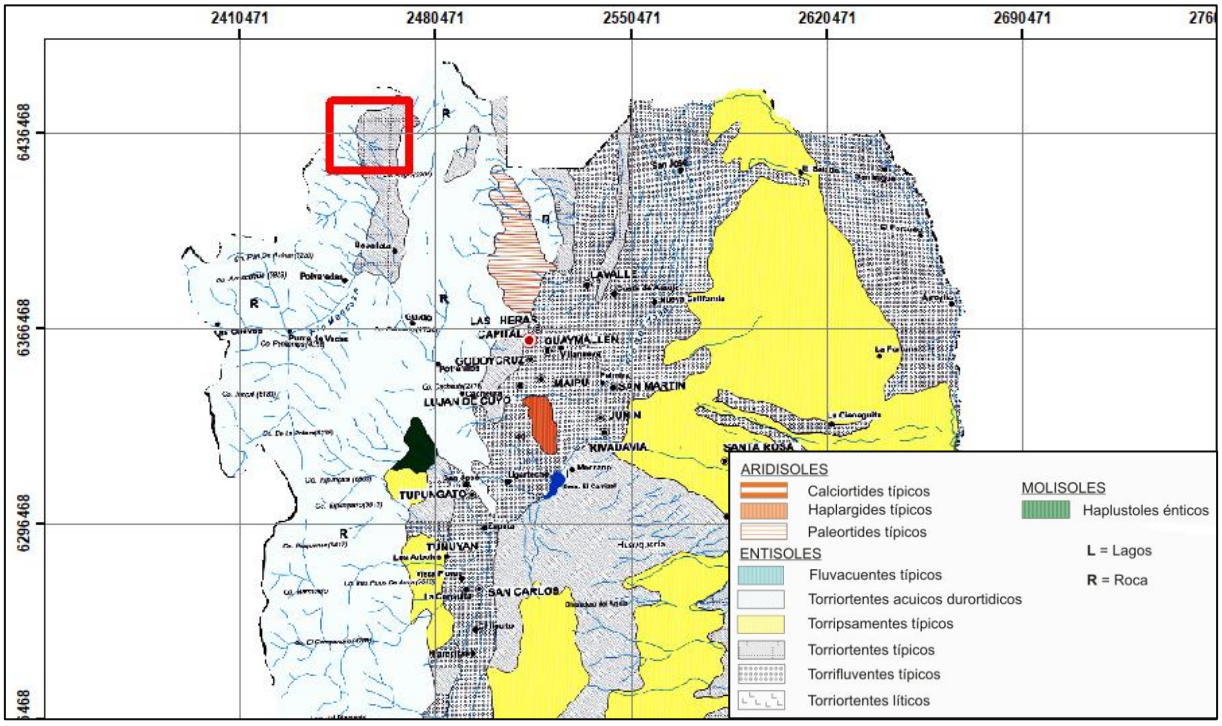


Fuente:
http://www.geointa.inta.gob.ar/descargas/

2.3 Suelos

El área en la que se ubica el proyecto, tiene como tipo de suelo predominante rocas y suelos que pertenecen al orden de los entisoles, subgrupo torriortentes típicos. En estos últimos se evidencia una sucesión de capas de granulometría variable. La textura superficial es franca y en profundidad franco limosa con un drenaje moderado. Los suelos descriptos se localizan en planicies aluviales y en las zonas pedemontanas. El subgrupo caracterizado es dominante en el valle de Uspallata.

Figura 2.5
Mapa de suelos de la provincia de Mendoza



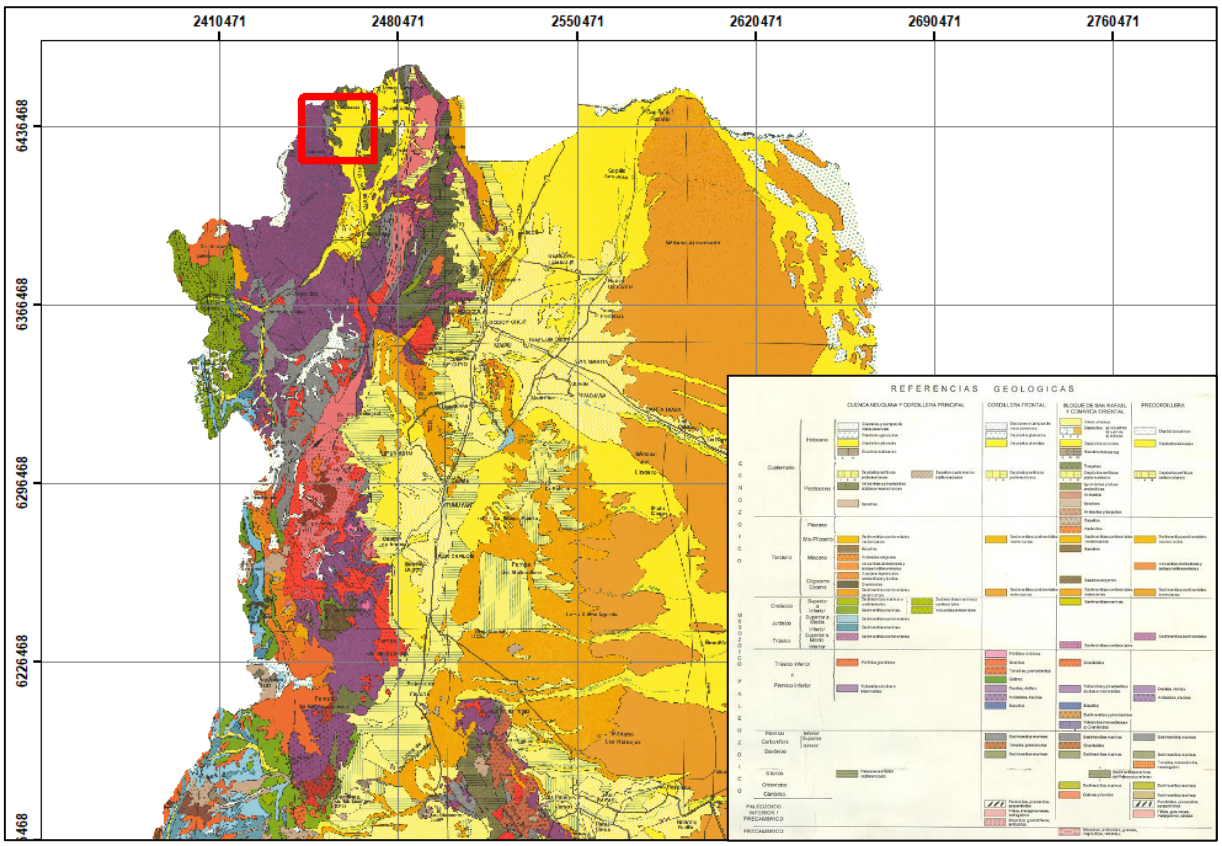
Fuente:
http://www.geointa.inta.gob.ar/descargas/

2.4 Geología y geomorfología

En la zona de proyecto se identifican desde el punto de vista geomorfológico, la cordillera frontal (sedimentitas y vulcanitas mesozoicas), ubicada hacia el oeste, precordillera (sedimentitas y metamorfitas paleozoicas), hacia el este.

Entre ambas formaciones se ubica la depresión intermontana originada por la tectónica andina rellena por sedimentos continentales terciarios y cuaternarios. En esta depresión se observan conos aluviales y en la zona más bajas se ubica la ciénaga de Yalguaraz, que constituye una salina.

Figura 2.6
Mapa geológico de la provincia de Mendoza

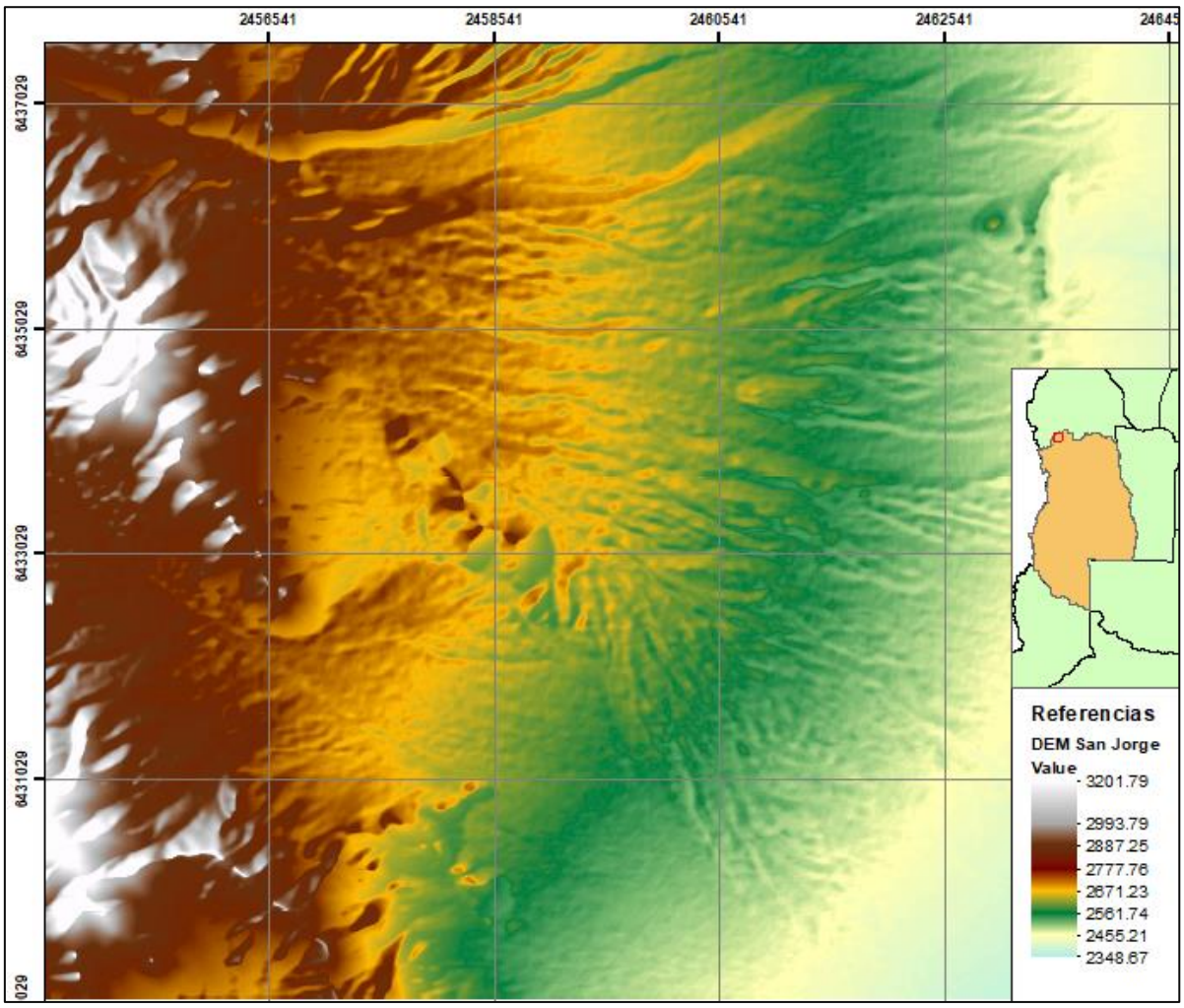


Fuente:
https://repositorio.segemar.gob.ar/

2.5 Topografía

Para el análisis topográfico del área, se cuenta con un modelo digital de elevaciones obtenido mediante relevamiento de detalle mediante tecnología VANT (vuelo aéreo no tripulado), con una resolución de 0,19 m por píxel. Como complemento, para la delimitación de cuencas que se extienden más allá de los límites del relevamiento descripto, se utilizó el MDE ALOS PALSAR con una resolución de 12,5 m. El modelo utilizado se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 2.7
Modelo digital de elevaciones ALOS PALSAR en el área de proyecto



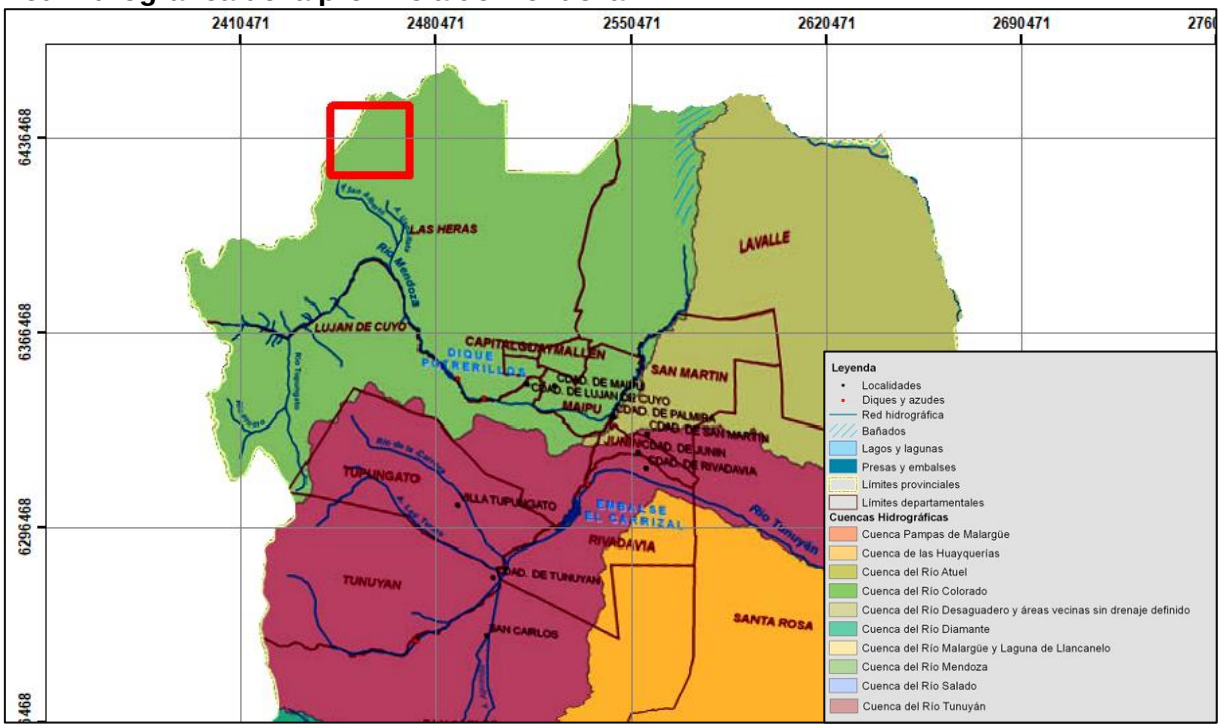
Fuente:
Elaboración propia

2.6 Hidrografía

El área de estudio se encuentra en la cuenca del Rio Mendoza, la cual está ubicada al noroeste de la provincia de Mendoza y tiene un área aproximada de 20 000 km^2 desembocando finalmente en la laguna de Guanacache. Las precipitaciones medias anuales varían entre los 500 mm que ocurren en la parte alta de la cordillera en forma de nieve y los 200 mm en la parte oriental de la cuenca.

En la Figura 2.8, se presenta un mapa hidrográfico con las principales cuencas de la provincia de Mendoza, indicando el área de proyecto como un recuadro en color rojo.

Figura 2.8
Red hidrográfica de la provincia de Mendoza



Fuente:
IADIZA - CONICET. Validado por Departamento General de Irrigación, (2014)

3.0 ANTECEDENTES

Para la elaboración del presente estudio de actualización de hidrología superficial, se utilizaron como base los siguientes documentos:

- Análisis de no afectación del recurso hídrico Proyecto San Jorge. SRK Consulting, 2010.
- 180424_036 – Rev00. Actualización Informe de Impacto Ambiental de Explotación. Gt Ingeniería, noviembre de 2018.
- ARMA380-Actualización del Estudio de Cuencas-1. SRK Consulting S. A. Octubre de 2018.
- Proyecto San Jorge: Balance hídrico preliminar. Artois Consulting LLC. Octubre de 2022.

4.0 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Dentro del área de proyecto se ha identificado al arroyo El Tigre como el único escurrimiento superficial permanente. Se ubica hacia el norte del proyecto y sus nacientes se encuentran a 15 km hacia el oeste sobre la cordillera frontal o del Tigre. Posee en sus nacientes, el comportamiento típico de un arroyo de montaña, mientras que su curso inferior, su caudal disminuye hasta desaparecer por completo al infiltrarse aproximadamente a 4 km desde su desembocadura en el valle.

En ocasiones, los escurrimientos del arroyo pueden alcanzar la ruta 149 como resultado de la ocurrencia de eventos de precipitación extraordinaria.

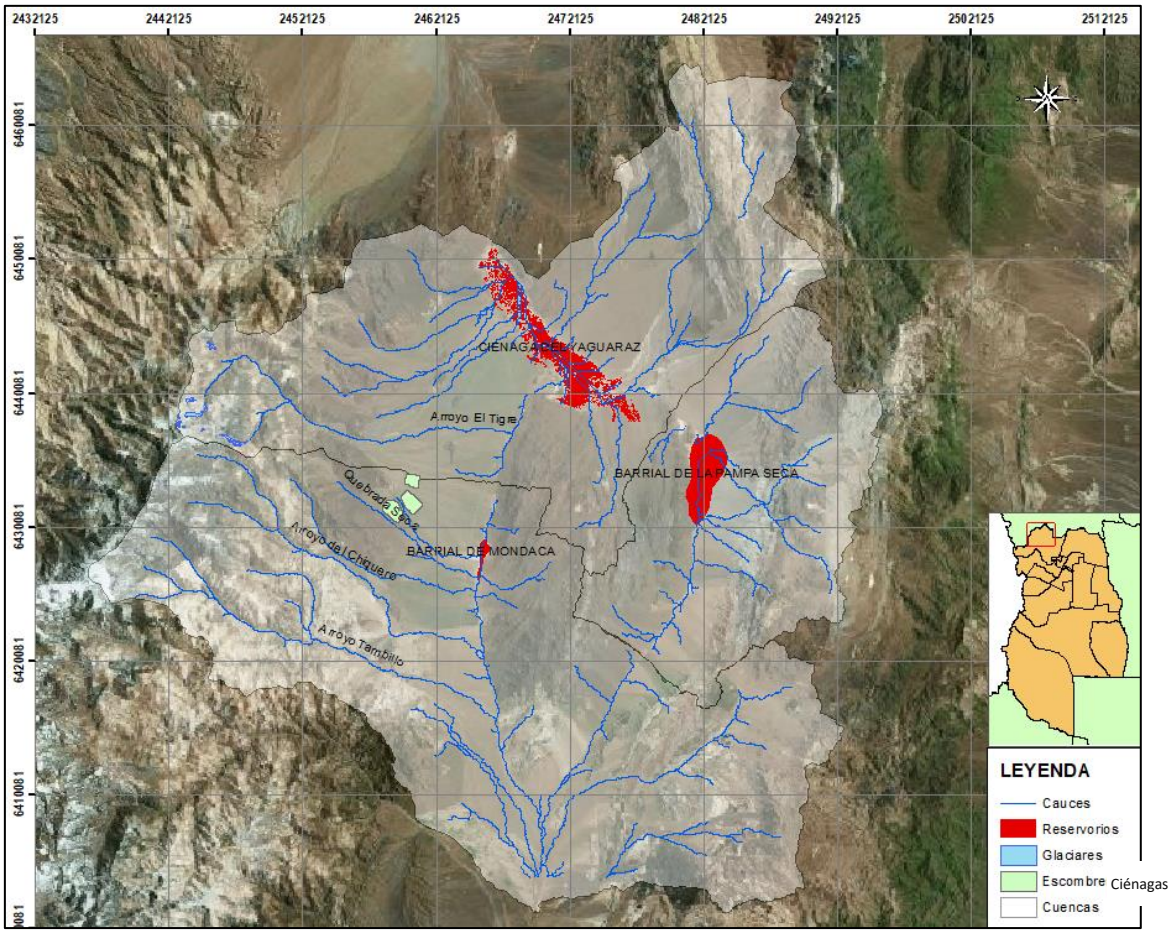
Al sur del área del proyecto se ubica la Quebrada Seca. Dicha quebrada no presenta cauces de carácter permanente, sólo presenta escurrimientos en caso de ocurrencia de precipitaciones.

La denominada Lomada de las Manieras constituye una zona elevada que actúa como divisoria de las cuencas del arroyo El Tigre y la Quebrada Seca. Como resultado, las aguas del arroyo El Tigre escurren hacia el norte, mientras que las de la Quebrada Seca, escurren hacia el sur hacia el barrial de Las Lomadas.

Al sur de la Quebrada Seca se ubican los arroyos El Chiquero y Tambillos. Ambos poseen características similares al arroyo el Tigre, nacen la cordillera Frontal y corren de oeste a este infiltrando luego de su desembocadura en el valle, generalmente antes de la ruta 149.

En la siguiente figura se muestra la red de drenaje en la zona de proyecto y sectores aledaños, identificando los cauces principales.

Figura 4.1
Red de drenaje y escurrimientos principales



Fuente:
Elaboración propia

4.1 Cuencas hidrográficas

La ciénaga de Yalguaráz, posee una cuenca de aporte con una superficie de 760 km^2, la misma se extiende en dirección el oeste hacia la cordillera frontal y al este hacia la precordillera, quedando la ciénaga en la zona central de la cuenca. Si bien de acuerdo a la topografía superficial se ha delimitado la cuenca descripta, en función de estudios hidrogeológicos llevados a cabo en las instancias previas, se deduce que la cuenca de aporte subterránea se extiende hacia el sur abarcando la Quebrada Seca. La recarga está constituida principalmente por el ingreso de flujo subterráneo y por la infiltración directa que pudiera haber desde las precipitaciones. A la ciénaga no llega ningún escurrimiento superficial permanente, en ciclos hidrológicos muy húmedos llega un pequeño aporte del arroyo El Tigre.

La cuenca del A° El Tigre posee un área aproximada a 133 km^2, con una longitud del cauce principal de 23,5 km con una cota máxima de 5 190 msnm y una cota mínima de 2 400 msnm (ver Figura 2-1 Cuencas). La pendiente media de la zona Cordillera Frontal es de aproximadamente 50% en cambio la zona del valle o llano es de aproximadamente 8%. La cuenca del Arroyo El Tigre tiene un régimen de precipitaciones mixto, una es nival que corresponde a la zona cordillerana y otra de régimen pluvial, que corresponde a la zona los conos aluviales.

Al sur del proyecto se encuentra la cuenca de La Quebrada Seca la cual cuenta con una superficie de aproximadamente 71 km^2. El cauce de esta cuenca permanece seco la mayor parte del año, salvo en época de precipitaciones de magnitud considerable.

La cuenca hidrográfica Uspallata, tiene una superficie de 1 018,3 km^2 hasta la descarga del Arroyo Tambillo. Colinda con la cuenca Yalguaraz y, tectónicamente, es la continuación de la depresión intermontana anteriormente mencionada. La Pre-cordillera disminuye en elevación hasta desaparecer en la confluencia con el rio Mendoza. Debido a su mayor superficie, mantiene un recurso hídrico mayor, alimentado por las escorrentías del deshielo y, en menor grado, por las lluvias estivales.

4.2 Aforo de caudales

El Arroyo El Tigre es el único curso superficial permanente por lo cual el proyecto San Jorge estableció un sistema de control de flujo mediante un aforador que fue construido en el año 2007. El mismo se encuentra ubicado sobre el Arroyo El Tigre, un poco antes de desembocar en la planicie y consiste en un vertedero triangular con una barra graduada. La ubicación en coordenadas es 32º12´43” de latitud sur 69º28´04” de longitud oeste y su altitud es de 2 715 msnm. Hasta el año 2010 se realizaban mediciones de caudal dos veces por día, a las 12 h y las 20 h.

El aforador quedó fuera de servicio, por lo que no se dispone de datos de aforo posteriores a los presentados.

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Figura 4.2
Aforador Arroyo El Tigre en el año 2010



Fuente:
Actualización del Estudio de Cuencas. SRK, 2018.

Existen mediciones de la altura del nivel de agua en la sección de aforo desde el día 25 de octubre de 2008 al 02 de abril de 2010. Inicialmente, estas se tomaban en forma aleatoria respecto al horario de medición. A partir del 24 de septiembre de 2009 se comenzaron a tomar dos mediciones por día y en forma sistemática a las 12 h y 20 h, todos los días.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante gráficos de caudal en función del tiempo.

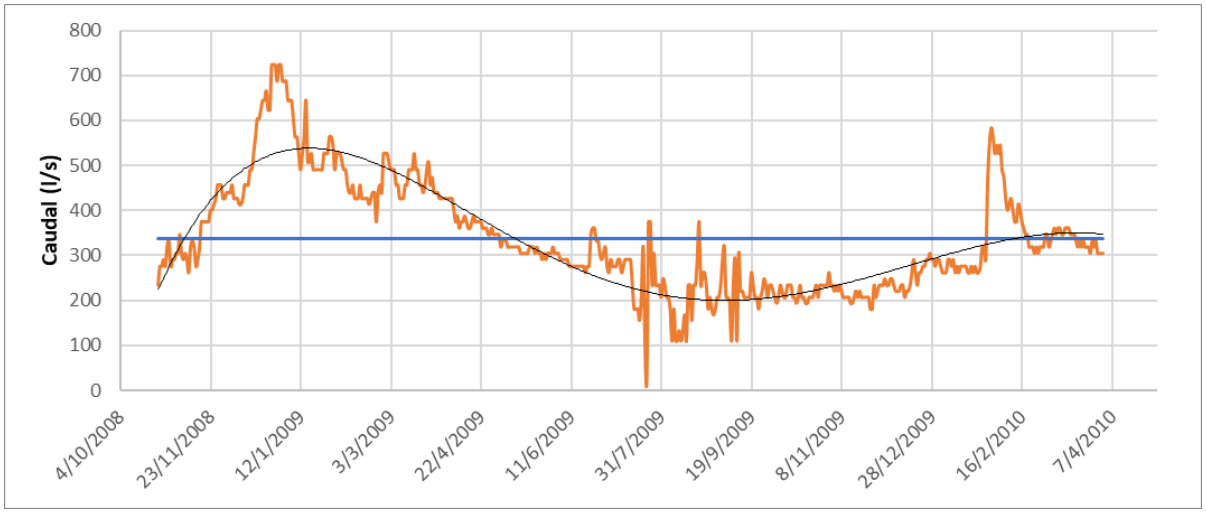
El primer gráfico muestra todos los registros obtenidos sin discriminar hora. El caudal promedio resultante, considerando todas las mediciones registradas hasta la fecha, desde el 25 de octubre de 2008, es de 318 l/s.

El caudal máximo registrado corresponde a 723 l/s, caudal que se registró durante tres días en el mes de diciembre del año 2008.

Por otro lado, el caudal mínimo registrado corresponde a 18 l/s, este se encuentra asociado a un 85% de hielo, el día 23 de julio de 2009.

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Figura 4.3
Aforador Arroyo El Tigre 2008 a 2010

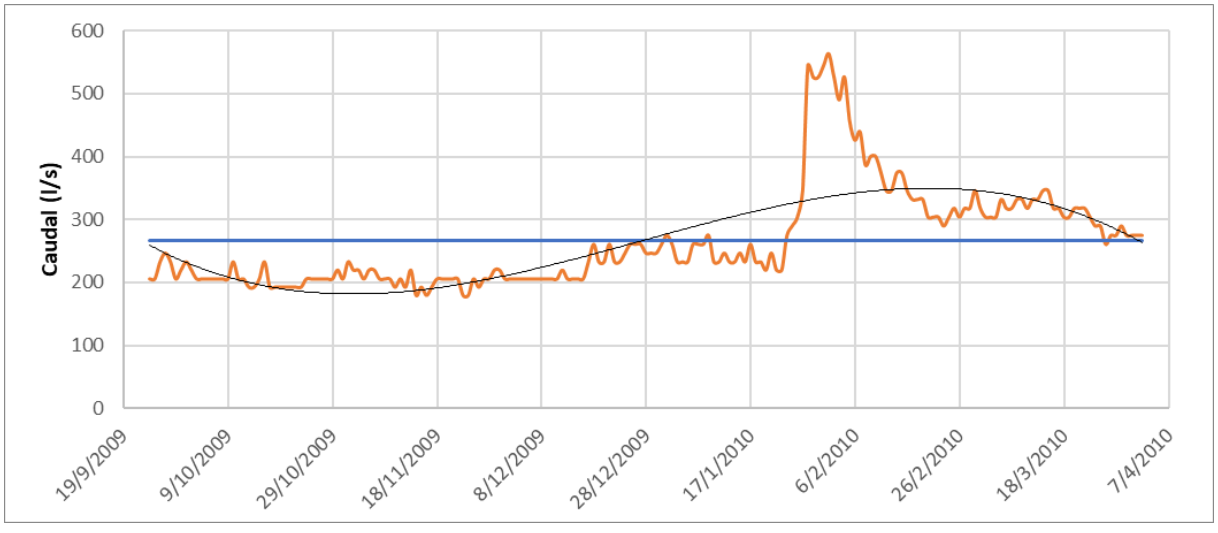


Fuente:
Actualización del Estudio de Cuencas. SRK, 2018.

La Figura 4.4 y Figura 4.5 representan mediciones diarias para las 12 h y a las 20 h, respectivamente. A fin de poder comparar resultados se tomó un mismo período de evaluación.

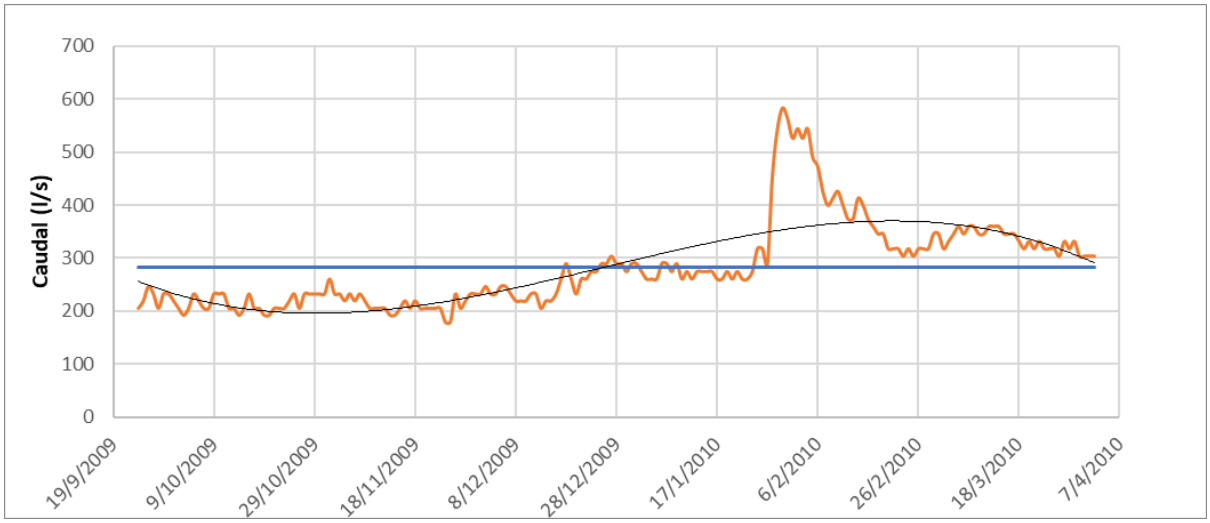
Estos gráficos permiten comparar la variación de caudales para estos dos momentos del día. Entre el 24/09/2009 y el 01/04/2010, el caudal promedio para el medio día es de 284 l/s y para las 20 h de 266 l/s aproximadamente.

Figura 4.4
Caudales registrados a las 12:00 hs, período 10/2009- 03/2010



Fuente:
Actualización del Estudio de Cuencas. SRK, 2018.

Figura 4.5
Caudales registrados a las 20:00 hs, período 10/2009 – 03/2010

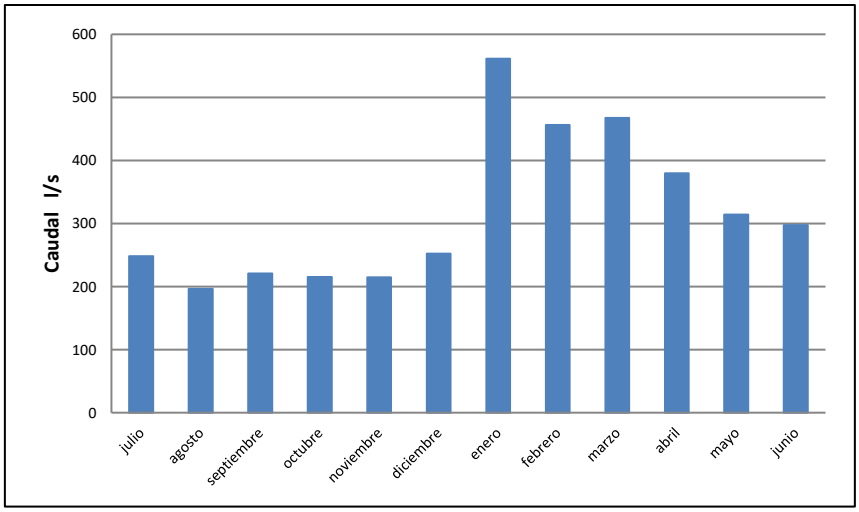


Fuente:
Actualización del Estudio de Cuencas. SRK, 2018.

Los valores característicos registrados son los siguientes:

- caudal máximo registrado: 723 l/s (27-12-2008)
- caudal mínimo registrado: 18 l/s (23-07-2009), con 85% hielo
- caudal medio mensual: 300 l/s
- caudal medio mensual máximo: 436 l/s (enero)
- caudal medio mensual mínimo: 196 l/s (agosto)

Figura 4.6
Caudales medios mensuales en la estación El Tigre en l/s



Fuente:
Actualización del Estudio de Cuencas. SRK, 2018.

5.0 MODELACION HIDROLOGICA

5.1 Delimitación de cuencas

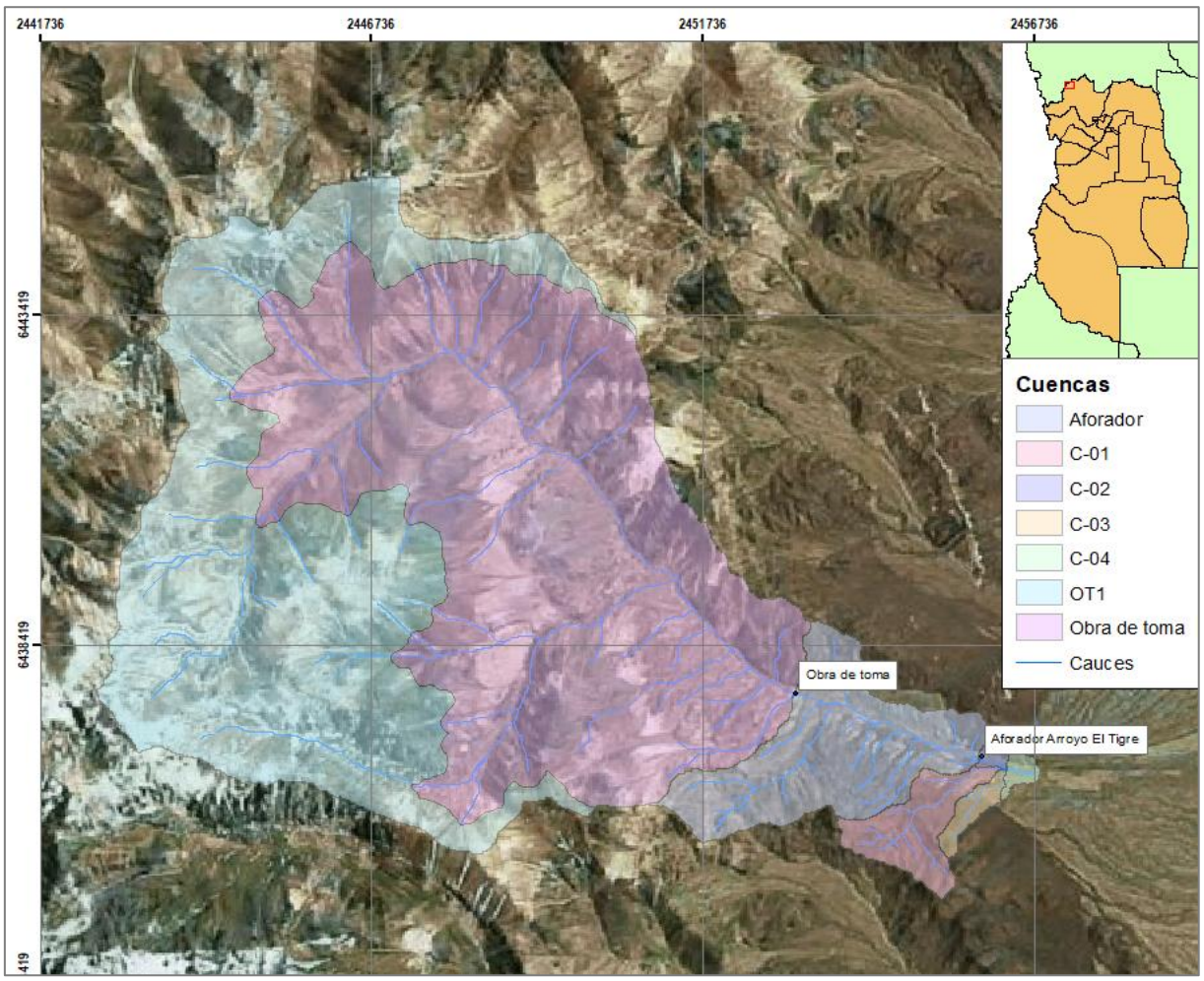
La cuenca es representada en el modelo mediante elementos hidrológicos conectados en una red dendrítica que simula los procesos de derrame. Los elementos utilizados en el modelo son subcuencas, conducciones y confluencias. Para su composición se procede desde aguas arriba hacia aguas abajo, posteriormente debe optarse por alguno de los métodos disponibles para la simulación de las pérdidas por infiltración, para la transformación del exceso de precipitación en derrame (transformación lluvia-caudal) y para la propagación de la crecida por el cauce.

Para definir las cuencas hidrológicas de la zona de estudio, se utiliza el MDE obtenido a partir del relevamiento topográfico con una resolución de 0,19 m de píxel. Como complemento, para la delimitación de cuencas que se extienden más allá de los límites del relevamiento topográfico de detalle realizado, se utilizó el modelo digital Alos Palsar, con una resolución de 12,5 m. Posteriormente se realiza el procesamiento del mismo mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para delimitar e identificar cuencas aluvionales y sus respectivas redes de drenaje.

En la siguiente figura se muestra la red de drenaje y las cuencas de aporte del arroyo El Tigre. Se consideraron como puntos de cierre el sitio donde se ha propuesta la ubicación de una obra de toma para el abastecimiento de la planta de procesos, el punto donde se ubica el aforador (actualmente fuera de servicio) y el punto previo al ingreso del arroyo en el valle.

A los fines de la modelación hidrológica, se ha considerado como área de aporte, la superficie de la cuenca que se encuentra por debajo de los 4 100 msnm, ya que, como se mencionó anteriormente, la línea de nieve en época estival, se ubica a esta altura. En Anexo A, se presentan los parámetros hidrológicos de las cuencas delimitadas para el Arroyo El Tigre.

Figura 5.1
Mapa de cuencas y red de drenaje Arroyo El Tigre



Fuente:
Elaboración propia

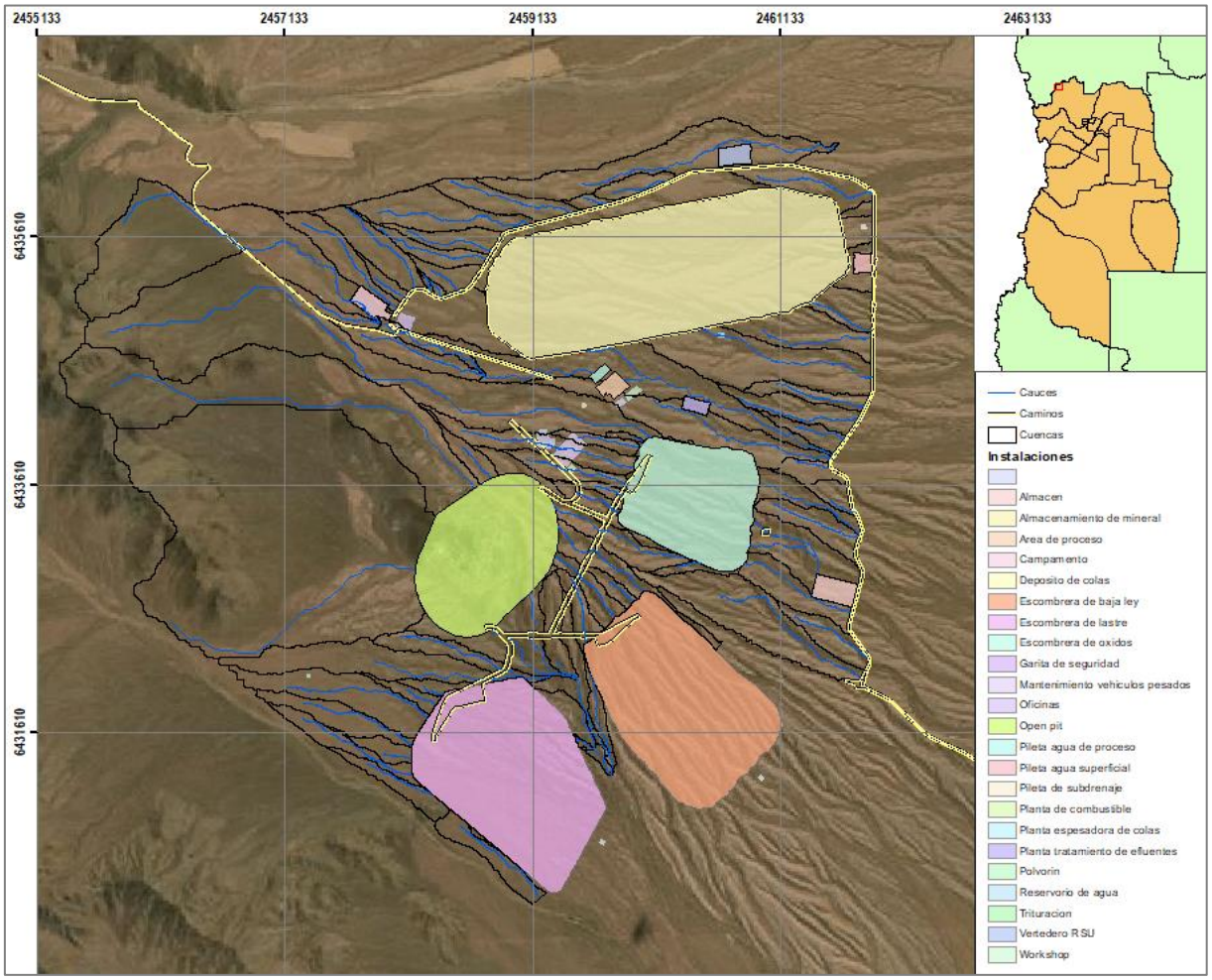
A continuación, se delimitaron las cuencas de aporte en el área de proyecto en Anexo A-1 se presentan los parámetros hidrológicos de las cuencas del proyecto, teniendo en cuenta la ubicación de la infraestructura proyectada, de manera de determinar los caudales de diseño a utilizar en el dimensionamiento de las obras de manejo de escorrentía superficial asociadas a escombreras y depósito de colas.

Como obras de manejo de escorrentía superficial, se diseñarán canales de guardia ubicados en forma perimetral a las escombreras y depósito de colas. Dichos canales captarán los flujos provenientes de las cuencas ubicadas aguas arriba de las instalaciones y los conducirán en forma controlada para descargar en cauces naturales ubicados aguas abajo de las mismas.

De igual manera, los escurrimientos que interceptan la traza de los caminos serán captados y conducidos hacia aguas arriba por canales de guardia, mientras que en los casos en que los mismos interceptan a los cauces en forma perpendicular, se diseñarán alcantarillas para permitir el paso de los flujos.

En el capítulo 6.0, se presenta el análisis del manejo de aguas superficiales en función de esta delimitación de subcuencas. En la figura siguiente se presentan las subcuencas del proyecto:

Figura 5.2
Mapa de cuencas y red de drenaje área de proyecto



Fuente:
Elaboración propia

5.2 Características físicas de las cuencas delimitadas

Estas características están dadas por la topografía del área de estudio. En el presente estudio se considera:

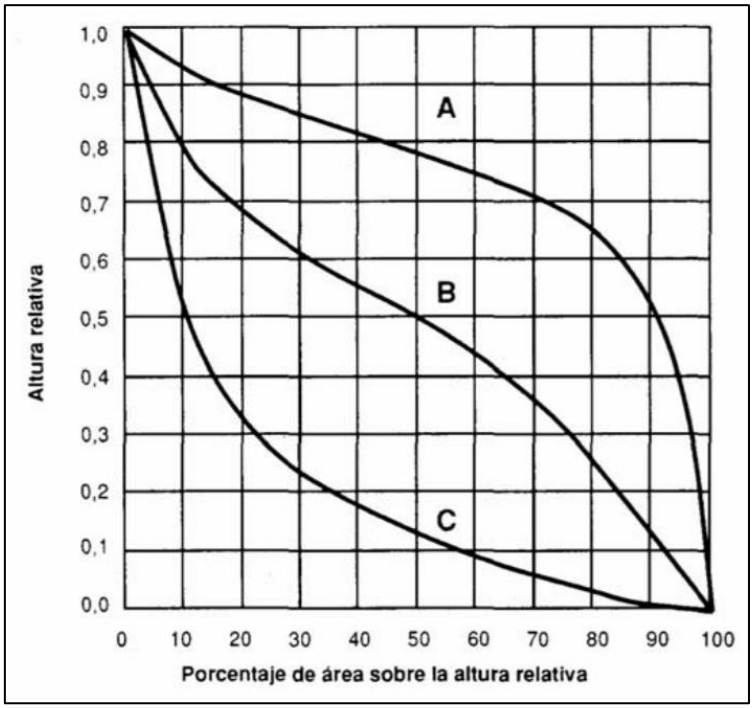
- Alturas máximas (Hmax) y mínima (Hmin): se refiere a las cotas máximas y mínimas de la cuenca. Se obtienen de analizar la información del DEM con el polígono de la cuenca en GIS.
- Desnivel altitudinal, D: se calcula como la diferencia entre las alturas máxima y mínima.
- Pendiente media de la cuenca, Sm: se obtiene de analizar un mapa de pendientes contra el polígono de la cuenca en GIS.

- Curva hipsométrica: es la representación gráfica utilizada para indicar la proporción de la superficie con respecto a la altura (Strahler, 1952). Permite conocer la distribución de masa en la cuenca desde arriba hacia abajo. Cuando las curvas hipsométricas presentan variaciones, ya sea por apartarse de las teóricas o por presentar más de un punto de inflexión, ello puede relacionarse con controles tectónicos o litológicos (Racca, 2007).

El valor del área relativa que yace bajo la curva (denominada integral hipsométrica) es indicativo del estado de desarrollo de la cuenca o área de estudio. Valores superiores al 60% indican fase de desequilibrio o "juventud", valores cercanos al 47% representan equilibrio o "madurez" e inferiores a 30% implican fase de "vejez" (Racca, 2007; Senciales y Ferre, 1992).

La Figura 5.3 indica las curvas hipsométricas correspondientes a cuencas que tienen potenciales evolutivos distintos. La curva superior (curva A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo, la curva intermedia (curva B) es característica de una cuenca en equilibrio y la curva inferior (curva C) es típica de una cuenca sedimentaria. Se representan así las distintas fases de la vida de los ríos, fase de juventud, fase de madurez y fase de vejez respectivamente.

Figura 5.3
Modelo de curvas hipsométricas



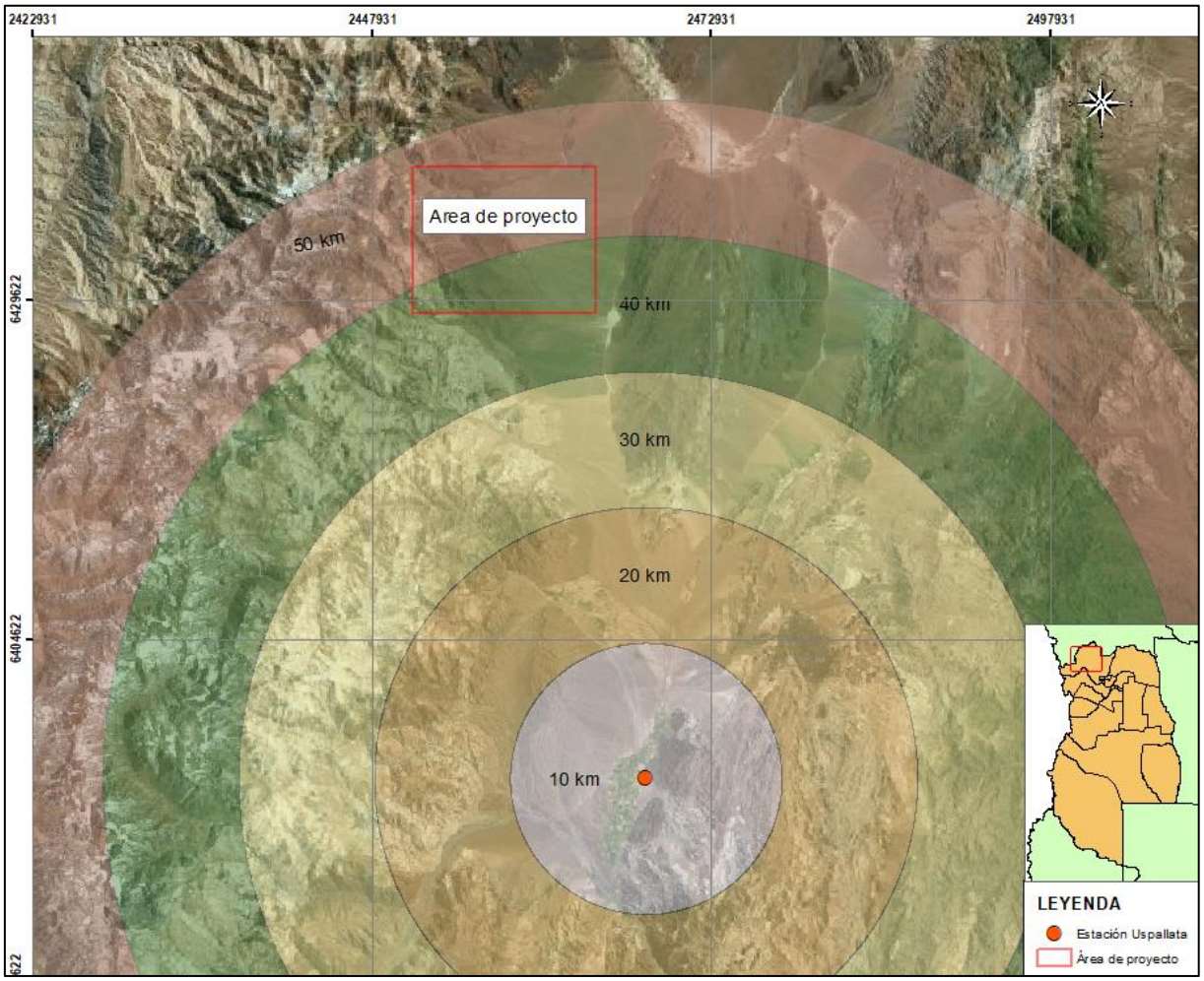
La integral hipsométrica (Hsi) es también un indicador del "ciclo de erosión" (Strahler, 1952). El ciclo de erosión puede dividirse en tres etapas: vieja (Hsi<0,3), en el cual la cuenca está completamente estabilizada, etapa de madurez o equilibrio (Hsi entre 0,3 a 0,6) y etapa de juventud o desequilibrio (Hsi>0,6), donde la cuenca es altamente susceptible a la erosión (Strahler, 1952). En este estudio, la integral hipsométrica o área bajo la curva fue calculado de acuerdo al método propuesto por Pike y Wilson (1971), como la relación (E) Elevación-Relieve.

$$E \approx Hsi = \frac{Elevación\ media - Elevación\ media}{Elevación\ máxima - Elevación\ mínima}$$

5.3 Tormenta de proyecto

En el área de proyecto, no se dispone de registros de precipitación con una longitud que resulte suficiente para la aplicación de un análisis estadístico. Por este motivo se recurre al análisis de datos de estaciones pluviométricas cercanas y se utilizaron en este caso, los datos de la estación meteorológica Uspallata. La estación mencionada se ubica a 40 km de distancia del área de proyecto como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 5.4
Ubicación relativa de la estación Uspallata



Dicha estación se ubica en las coordenadas 32° 35' 40.0 de latitud oeste y 69° 20' 23.0 de longitud oeste a una altura de 1 891 msnm. Cuenta con registros de precipitación diaria desde el año 1983 hasta la actualidad.

Mediante el procesamiento de los datos de precipitación diaria de la estación Uspallata, se obtuvieron los valores de precipitación máxima mensual en 24 hs para el periodo de registro disponible.

Para el sitio de proyecto, se dispone de datos de precipitación de la estación San Jorge, ubicada en las coordenadas 32° 13' 48.0 de latitud oeste y 69° 26' 49.0 de longitud oeste a una altura de 2 600 msnm. Existen datos de registro de esta estación desde julio de 2007 hasta agosto de 2010.

Es importante tener en cuenta que se produce un cambio en la tasa de precipitación en función de la altura topográfica, motivo por el cual, se observan mayores registros de precipitación para el mismo período, en la estación San Jorge en relación a la estación Uspallata.

De acuerdo a lo indicado en el memorándum “Balance hídrico preliminar”, elaborado por Artois en octubre de 2022, se calcula un aumento en la precipitación anual de 10 mm por cada 100 m de cambio en elevación. Si se considera que la precipitación para la estación Uspallata es de 159 mm/año, y que la diferencia de elevación con el proyecto San Jorge es de 700 m, la precipitación anual para el proyecto alcanzaría 229 mm/año, lo que implica un aumento del 45 % respecto de los registros de la estación Uspallata.

5.4 Análisis estadístico de datos

La magnitud x_T de un evento hidrológico se puede representar como la media μ más una desviación estándar Δx_T de la variable con respecto a la media.

$$x_T = \mu + \Delta x_T$$

Esta desviación con respecto a la media puede igualarse al producto de la desviación estándar σ y el factor de frecuencia k_T, es decir $\Delta x_T = k_T * \sigma$. La desviación Δx_T y el factor de frecuencia k_T son funciones del período de retorno y del tipo de distribución de probabilidad a utilizarse en el análisis. Por lo tanto, la ecuación anterior puede expresarse como:

$$x_T = \mu + k_T \sigma \cong \mu + k_T s$$

La ecuación del factor de frecuencia fue propuesta por Chow, y aplica a muchas distribuciones de probabilidad utilizadas en el análisis de frecuencia hidrológica.

El estudio de eventos hidrológicos extremos incluye la selección de una secuencia de observaciones máximas de conjuntos de datos para cada uno de los años de la serie de registros históricos.

Existen tres formas asintóticas para las distribuciones de valores extremos conocidas como Tipo I, Tipo II y Tipo III.

La distribución de probabilidad de valor extremo Tipo I (EVI), es:

$$F(x) = e^{-e^{-(\frac{x-u}{\alpha})}}$$

Los parámetros se estiman como:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

El parámetro u, es la moda de la distribución (punto de máxima densidad de probabilidad). Una variable reducida “y” puede definirse como:

$$y = \frac{x - u}{\alpha}$$

Sustituyendo la variable reducida, se encuentra que:

$$F(x) = e^{-e(-y)}$$

Entonces;

$$y = -ln\left[ln\left(\frac{1}{F(x)}\right)\right]$$

$$\frac{1}{T} = 1 - F(x_T)$$

$$F(x_T) = \frac{T-1}{T}$$

$$y_T = -ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$$

$$x_T = y + \alpha y_T$$

A partir de las expresiones indicadas, se determinan las intensidades correspondientes a cada tiempo de recurrencia para una duración de 24 h. Los resultados obtenidos fueron afectados por un factor de corrección por altura geográfica, como se mencionó anteriormente.

Las intensidades obtenidas para diferentes tiempos de recurrencia en función del análisis estadístico descripto, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.1
Intensidad de precipitación máxima en 24 h para distintos tiempos de recurrencia

Precipitación máxima en 24 horas (mm)						
Estación de referencia	Recurrencia					
	2	5	10	25	50	100
Uspallata	39,27	61,75	76,62	95,42	109,37	123,22

5.5 Tormentas de duraciones menores a 24 h

Para estimar la lámina de las tormentas cuyas duraciones sean mayores a 1 hora y menores de 24 horas se aplicó el Método de Intensidad Contigua, cuya expresión es la siguiente.

$$I_D\ (mm/h) = 13{,}98 \cdot I_{24} \cdot D^{(-0{,}83)}$$

Donde:

ID: Intensidad máxima media para la duración D y el tiempo de recurrencia adoptado.
D: es la duración en horas, con 1 < D ≤ 24 horas.
I24: es la intensidad máxima media de la lluvia de 24 horas en mm/h, para el tiempo de recurrencia adoptado.

Para tormentas con una duración menor a 1h se aplicó la ecuación de Cartaya:

$$I_D = \frac{P_D}{D} = (1.041 D^{0.49}\ P_{1h})/D$$

Donde:

Id es la intensidad máxima media de la precipitación en mm/h para la duración D y la recurrencia estipulada,
D es la duración (igual o menor a 1 hora) y
P_{1h} es la precipitación máxima acumulada en 1 hora para la recurrencia estipulada.

5.6 Curvas IDF

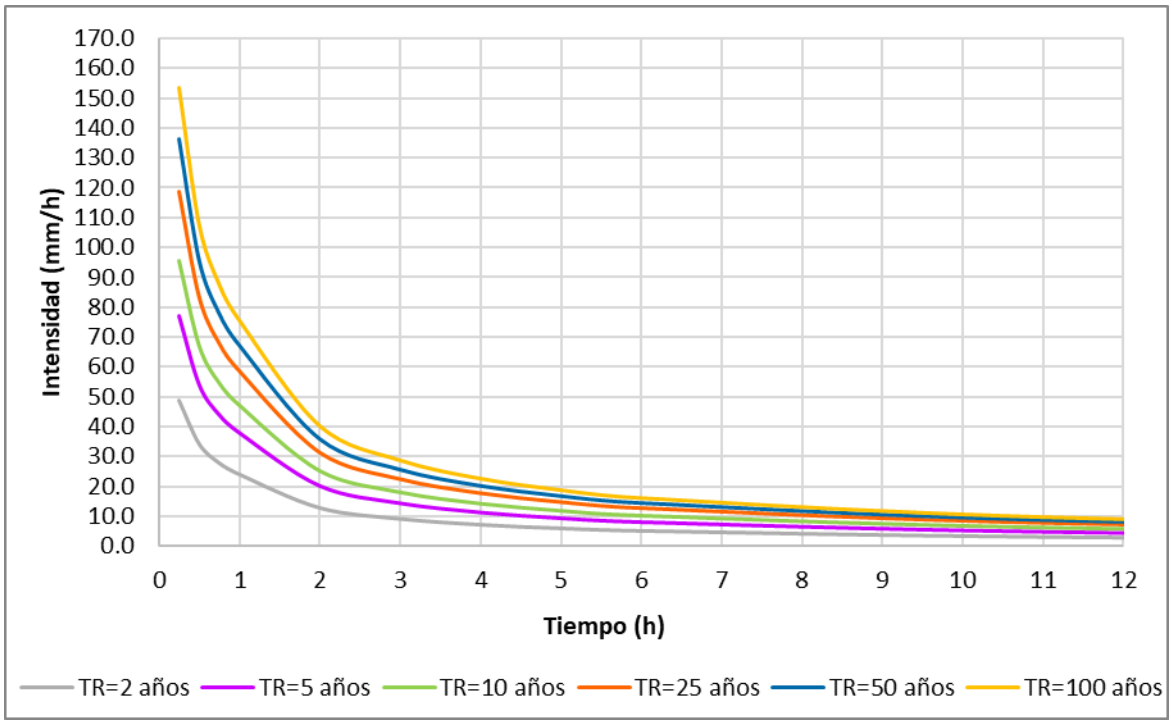
A través de la aplicación de las fórmulas descriptas, se determinaron las intensidades de precipitación para diferentes duraciones y períodos de recurrencia. De esta manera, se construyen las curvas IDF correspondientes a la estación Uspallata. La intensidad de precipitación para diferentes duraciones de tormenta y períodos de recurrencia se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.2
Relaciones IDF estación Uspallata

Duración (h)	TR (años)					
	2	5	10	25	50	100
0,25	48,91	76,91	95,44	118,85	136,23	153,47
0,5	34,35	54,00	67,02	83,46	95,66	107,77
0,75	27,93	43,92	54,50	67,87	77,79	87,64
1	24,12	37,92	47,06	58,61	67,18	75,68
2	12,87	20,23	25,11	31,27	35,84	40,37
3	9,19	14,45	17,93	22,33	25,60	28,84
4	7,24	11,38	14,12	17,59	20,16	22,71
5	6,01	9,46	11,74	14,62	16,75	18,87
6	5,17	8,13	10,09	12,56	14,40	16,22
12	2,91	4,57	5,67	7,07	8,10	9,13
24	1,64	2,57	3,19	3,98	4,56	5,13

Fuente:
Elaboración propia

Figura 5.5
Curvas IDF estación Uspallata



Fuente:
Elaboración propia

5.7 Método CN para el cálculo de las pérdidas por infiltración

En apartados previos se han analizado las características del área en lo que se refiere a vegetación, cobertura vegetal, suelos y geomorfología.

Para la determinación de los coeficientes de escurrimiento de las cuencas se ha utilizado la metodología de Número de Curva CN del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, ampliamente difundida y aplicada a nivel internacional y local.

Esta se basa en analizar los tres factores fundamentales que inciden en la capacidad de retención o escurrimiento de una cuenca:

- Características del suelo
- Características de la cobertura vegetal
- Condición de humedad del suelo

La combinación de estos tres factores origina el llamado “CN” o número de curva, que es el coeficiente de escurrimiento, el cual puede tomar valores entre 1 y 100 (100 = máximo potencial de escurrimiento, es decir, todo lo que precipita escurre).

Debe tenerse en cuenta que, desde el punto de vista hidrológico, el concepto de suelo no es aplicable en sentido estricto. A efectos de determinar las pérdidas por infiltración se asume como tal a toda la cubierta superior del terreno más o menos permeable, capaz o no de soportar vegetación, incluyendo rocas diaclasadas y fragmentadas.

Este parámetro es compatible con la mayoría de los modelos hidrológicos determinísticos de eventos aislados o continuos, lo que lo convierte en una excelente herramienta para la modelación hidrológica. Además, ha sido usado en numerosos estudios en la zona andina y ha sido calibrado en varias cuencas, previa adaptación a las características de la geomorfología y de la vegetación local, ya que originalmente fue desarrollado para zonas rurales y suburbanas.

Su principal ventaja la constituye la simplicidad de las estimaciones y la posibilidad de síntesis que brinda. En efecto, clasifica los suelos en sólo cuatro grupos A, B, C y D, en orden creciente de potencial de escurrimiento. La cobertura se analiza en función del tipo (arbórea, arbustiva, herbácea, mantillo, etc.) y el grado de cobertura.

Luego se determinan los complejos suelo – cobertura por combinación de los grupos hidrológicos de suelo con la cobertura vegetal y finalmente se determina la “Condición de Humedad Antecedente” (CHA) entre tres niveles posibles que van de I (suelo seco) al III (suelo saturado).

Otro parámetro que se tiene en cuenta es la abstracción inicial, que contempla las pérdidas por intercepción, y que se calcula con base en la siguiente expresión de origen empírico:

$$Ia = \left[\frac{25400}{CN} - 254\right]^{0.55}$$

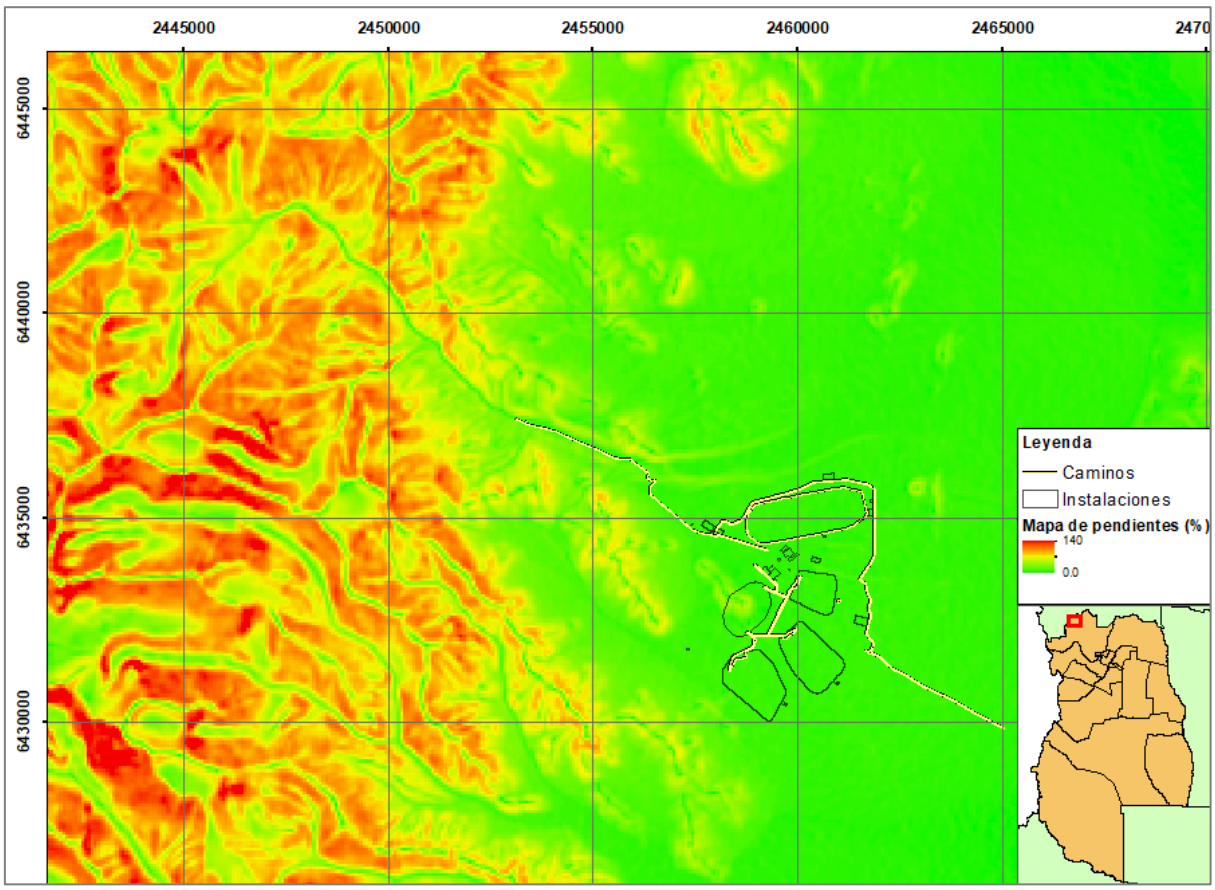
Como se ha dicho, el valor del parámetro número de curva para condiciones medias de humedad en el suelo depende del uso del suelo, las características hidrológicas, la pendiente del terreno y el tipo de suelo.

5.7.1 Mapa de pendientes

Una de las variables necesarias para definir el número de curva es la pendiente. Aun cuando el escurrimiento, varía con la pendiente para todos los valores de ésta, se considera suficiente clasificarla en dos grupos, menor al 3 %, o mayor o igual al 3 %.

El mapa de pendientes se obtiene a partir del procesamiento del modelo digital de elevaciones presentado en la Figura 2.7. A continuación, se presenta el mapa de pendientes del área.

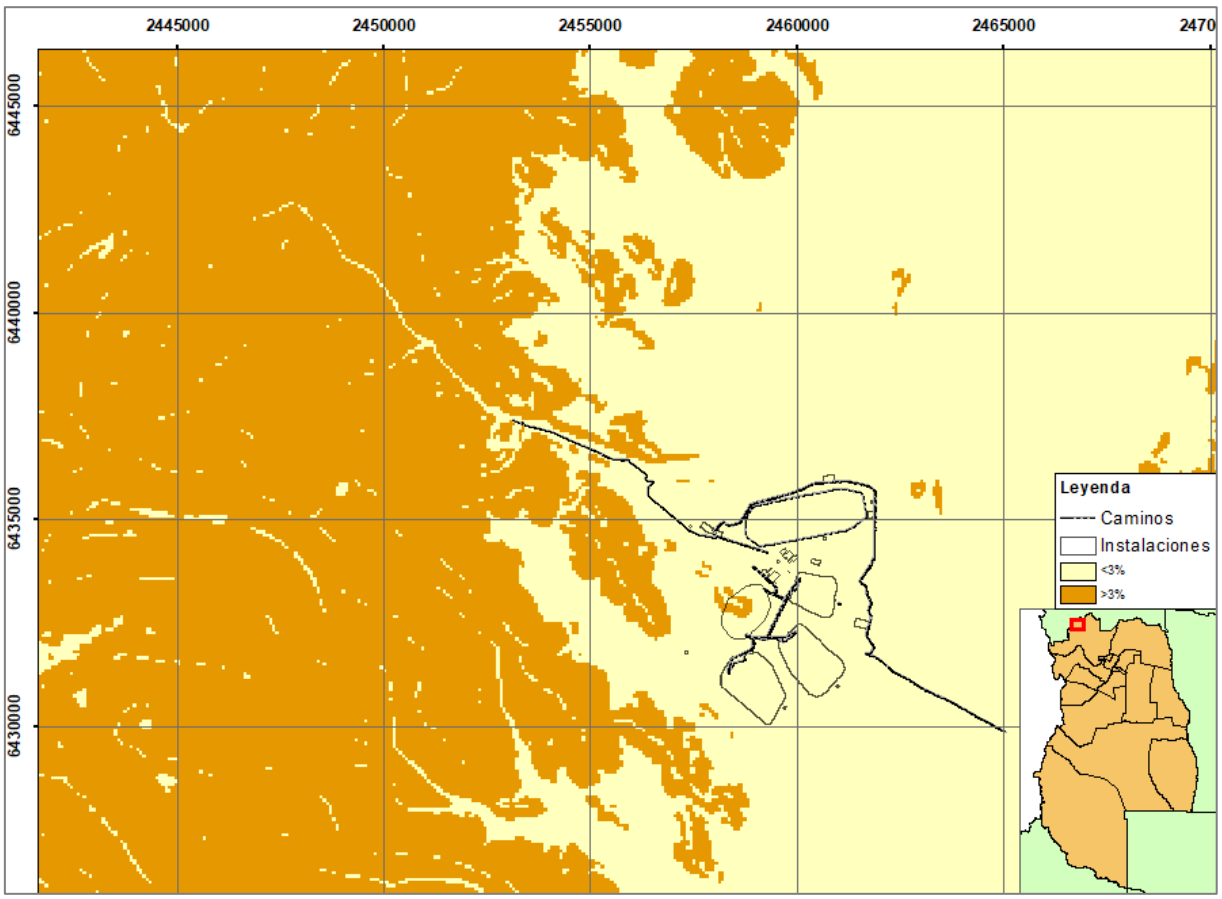
Figura 5.6
Mapa de pendientes



Fuente:
Elaboración propia

Teniendo en cuenta que se evaluarán por separado las áreas con pendientes menores y mayores al 3 %, el mapa anterior fue reclasificado según este criterio, obteniéndose el que se observa a continuación.

Figura 5.7
Mapa de pendientes reclasificado



Fuente:
Elaboración propia

5.7.2 Suelos

Este mapa debe tener en cuenta la clasificación hidrológica en cuatro grupos que establece el SCS:

A. En ellos el agua se infiltra rápidamente, aun cuando estén muy húmedos. Profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas), están excesivamente drenados.

B. Cuando están muy húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad de suelo es de media a profunda y su textura es franco-arenosa, franca, francoarcillosa o franco-limosa. Están bien o moderadamente drenados.

C. Cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad de suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcillosa, francoarcillo-limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.

D. Cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y están pobremente o muy pobremente drenados. También se incluyen aquí los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos).

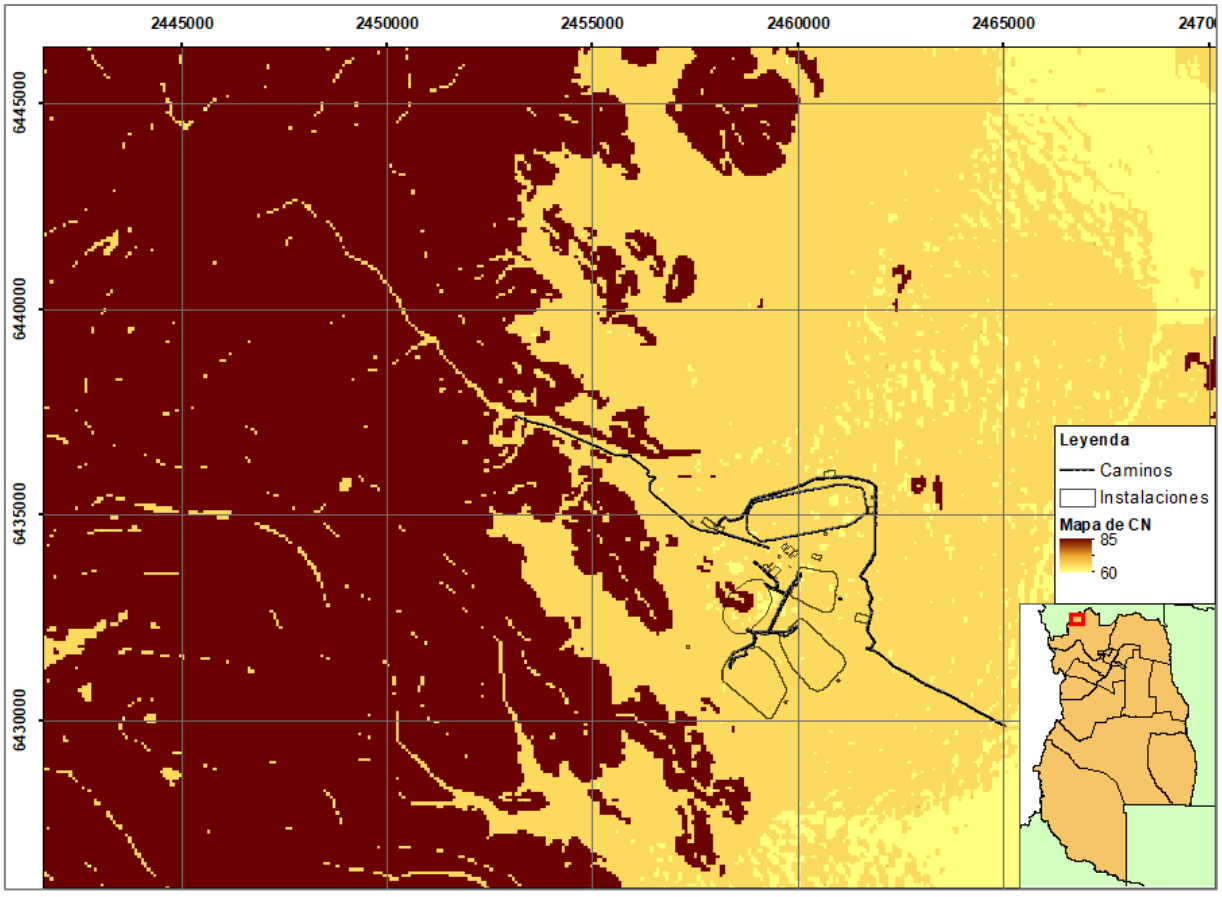
Los suelos que conforman las cuencas son torriortentes típicos. Por este motivo, las características del suelo son tenidas en cuenta, pero no modifican las combinaciones de variables entre los distintos mapas.

5.7.3 Mapa de combinación de variables

Mediante operaciones de álgebra de mapas efectuadas en el entorno SIG se obtuvieron todas las combinaciones posibles de variables entre los distintos mapas. Dichas operaciones consistieron en multiplicar los valores de los números primos de las celdas de igual posición de cada uno de los mapas obtenidos. El uso de número primos se basa en que el producto entre combinaciones de ellos siempre da un número diferente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se obtuvo un mapa donde cada celda tiene asignado un valor que representa una combinación única de factores. De acuerdo a las características de los diferentes factores considerados en la combinación de variables, se le asignaron valores de CN. El mapa resultante se presenta en la siguiente figura.

Figura 5.8
Mapa de CN

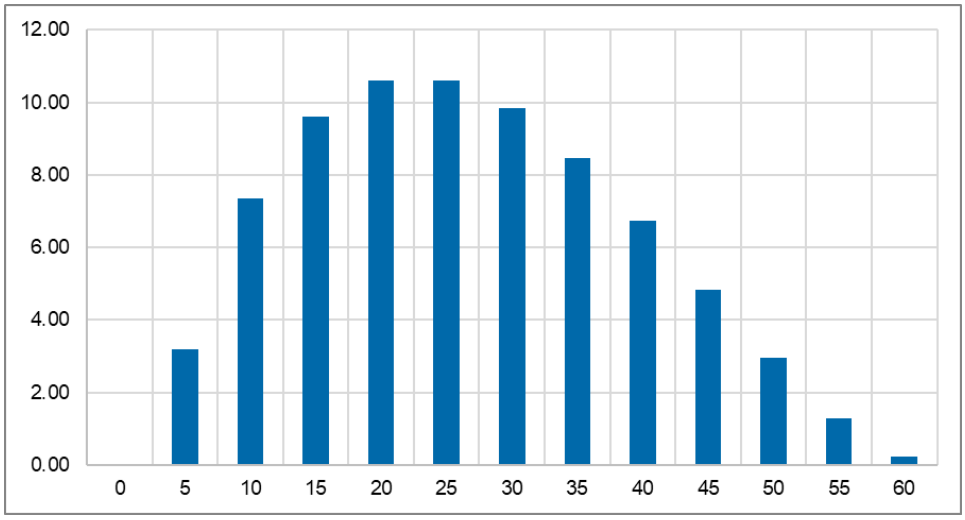


Fuente:
Elaboración propia

5.8 Hietogramas

A partir de las intensidades de precipitación obtenidas, se obtuvieron los hietogramas de precipitación a aplicar en la modelación hidrológica, teniendo en cuenta la distribución temporal propuesta por el Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino (INA-CRA). En la siguiente figura se presenta el hietograma correspondiente a una precipitación de 100 años de recurrencia y duración de 1 h.

Figura 5.9
Hietograma de precipitación TR 100 años



Fuente:
Elaboración propia.

5.9 Decaimiento espacial

A la intensidad de precipitación, se le deberá aplicar un decaimiento espacial en función de la superficie de la cuenca. Se propone utilizar el decaimiento espacial que figura en la Tormenta de Proyecto generada para el Gran Mendoza por el INA-CRA (2008):

$$Pmedia\ (\%) = \left[1 - 0{,}7632 * \left(1 - e^{-0{,}00769 * A(km^2)}\right)\right]$$

Para el cálculo de la intensidad de lluvia, se utilizó el registro de precipitaciones de la estación meteorológica Uspallata, ubicada a 40 km del área de proyecto. Debido a que la base de datos tiene intervalos sin información, se adoptó la distribución temporal de lluvia publicada por el INA.

5.10 Aplicación del modelo HEC-HMS

La aplicación del modelo HEC-HMS se realiza adoptando para el modelo de cuenca (Basin Model) una topología de cálculo independiente para cada cuenca aluvional identificada, el Método del Número de Curva (índice CN) para la estimación de las pérdidas de precipitación, el Método del SCS para la transformación de lluvia-caudal y sin considerar el flujo base o subterráneo, dado que interesa conocer el flujo superficial que es el que aporta mayor volumen de agua en una crecida aluvional.

Para el modelo de precipitación (Meteorologic Model) se utilizan los hietogramas generados con el método de bloques alternos para la duración de tormentas de proyecto adoptadas para cada una de las recurrencias establecidas.

Tabla 5.3
Parametros hidrologicos

SC	Área	Perímetro	i	CN	S	Ia	Tiempo de concentración				Tlag
							Tc Kirpich	Tc Témez	SCS	Promedio	
	ha	Km	%		mm	mm	hs	hs	hs	min	min
E1-01	11,37	3,27	4,46	65	136,77	27,35	0,17	0,42	0,76	27,02	16,21
E1-02	13,42	4,13	4,56	65	136,77	27,35	0,25	0,62	1,13	40,10	24,06
E1-03	17,78	3,98	4,60	65	136,77	27,35	0,24	0,60	1,09	38,56	23,13
E1-03.1	6,83	2,33	4,93	65	136,77	27,35	0,08	0,21	0,35	12,83	7,70
E1-04	35,11	4,81	4,31	65	136,77	27,35	0,30	0,74	1,38	48,34	29,00
E1-05	5,30	2,05	4,07	65	136,77	27,35	0,09	0,23	0,40	14,43	8,66
E1-06	4,52	1,67	3,84	65	136,77	27,35	0,07	0,17	0,31	11,06	6,63
E2-01	9,47	2,25	3,03	64	142,88	28,58	0,17	0,38	0,79	26,82	16,09
E2-02	11,32	2,37	3,06	64	142,88	28,58	0,20	0,46	0,95	31,96	19,18
E2-03	4,67	1,59	3,45	63	149,17	29,83	0,10	0,24	0,48	16,37	9,82
E2-04	18,24	4,79	2,59	64	142,88	28,58	-	0,59	1,30	56,64	33,98
E3-01	3,55	1,91	3,68	65	136,77	27,35	0,08	0,19	0,35	12,34	7,40
E3-02	27,18	5,68	3,22	64	142,88	28,58	0,31	0,71	1,48	49,85	29,91
E3-03	10,72	3,26	3,63	65	136,77	27,35	0,13	0,31	0,58	20,26	12,15
E3-04	3,56	1,54	3,89	65	136,77	27,35	0,09	0,22	0,40	14,10	8,46
E3-05	12,60	3,33	3,37	64	142,88	28,58	0,25	0,58	1,19	40,50	24,30
E3-06	25,53	5,79	3,09	64	142,88	28,58	0,38	0,88	1,88	62,74	37,64
E3-07	6,21	2,42	3,80	64	142,88	28,58	0,16	0,38	0,74	25,69	15,41
E3-07.1	1,33	1,06	2,93	64	142,88	28,58	-	0,11	0,22	9,79	5,88
E3-08	190,52	14,61	6,85	69	114,12	22,82	-	1,74	2,67	132,06	79,23
DC-N	29,81	5,79	3,65	65	136,77	27,35	0,54	1,27	2,58	87,97	52,78
DC-S	28,16	3,70	3,00	65	136,77	27,35	-	0,42	0,84	37,75	22,65

Fuente:
Elaboración propia

Tabla 5.4
Parametros hidrologicos cuenca El Tigre

SC	Área	Perímetro	i	CN	S	Ia	Tiempo de concentración				Tlag
							Tc Kirpich	Tc Témez	SCS	Promedio	
	ha	Km	%		mm	mm	hs	hs	hs	min	min
OT	4212,58	39,35	9,76	84	48	9,68	-	3,18	2,90	182,21	109,33
Aforador	706,20	19,41	8,52	79	68	13,50	-	1,72	1,86	107,68	64,61
C-01	199,36	10,78	8,13	77	76	15,17	-	0,96	1,09	61,44	36,86
C-02	18,61	2,51	4,04	77	76	15,17	0,12	0,30	0,39	16,23	9,74
C-03	46,41	5,01	11,73	73	94	18,79	-	0,61	0,67	38,30	22,98
C-04	25,50	3,20	2,09	71	104	20,75	-	0,38	0,74	33,63	20,18

Fuente:
Elaboración propia

5.10.1 Método del hidrograma unitario SCS

El método del SCS se basa en un hidrograma unitario adimensional y requiere como dato el tiempo de retardo t_{lag}, que es la diferencia de tiempo entre el centro de masa del exceso de lluvia y el pico del hidrograma unitario en la salida de la cuenca.

Este tiempo de retardo se define como:

$$tlag = 0{,}6\, tc$$

siendo el tiempo de concentración:

$$tc = t_{lámina} + t_{bajío} + t_{canal}$$

$t_{lámina}$ es el tiempo de tránsito del escurrimiento sobre la superficie del terreno

$t_{bajío}$ es el tiempo de tránsito del escurrimiento en tramos de poca profundidad

t_{canal} es el tiempo de tránsito del escurrimiento por los cauces principales

Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizaron tres fórmulas para luego utilizar un promedio del resultado obtenido mediante la aplicación de cada una de ellas:

$$t_c = 0{,}66\left(\frac{L}{S^{0,5}}\right)^{0,77} \text{ (Kirpich)}$$

$$t_c = 0{,}6\left(\frac{L}{S^{0,25}}\right)^{0,75} \text{ (Temez)}$$

$$t_c = \frac{100*Lp^{0,8}\left(\frac{1000}{\mathrm{CN}}-9\right)^{0,7}}{1900*Sp^{0,5}} t_c = \frac{100*Lp^{0.8}\left[\frac{1000}{CN}-9\right]^{0.7}}{1900*Sp^{0.5}}$$

5.11 Cálculo de caudales

Con los parámetros de ingreso que se definieron con anterioridad, se procede a iniciar la simulación a través del modelo HEC-HMS y se obtienen los resultados para las cuencas analizadas. En el Anexo A y Anexo A.1 se muestran los caudales obtenidos a partir de la modelación hidrológica.

A modo de resumen en la siguiente tabla se muestran algunos de los valores representativos de cada una de las cuencas analizadas en el presente capitulo.

Tabla 5.5
Caudales de escorrentía determinados para las cuencas delimitadas

Código de área de aporte	TR= 100 años	
	Caudal máximo (m^3/s)	Volumen (x1000 m3)
E1-01	0,66	1,39
E1-02	0,64	1,64
E1-03	0,91	2,27
E1-03.1	0,53	0,88
E1-04	1,53	4,41
E1-05	0,37	0,63
E1-06	0,38	0,63
E2-01	0,51	1,05
E2-02	0,57	1,28
E2-03	0,31	0,54
E2-04	0,65	2,10
E3-01	0,30	0,50
E3-02	1,07	3,15
E3-03	0,74	1,39
E3-04	0,30	0,50
E3-05	0,59	1,52
E3-06	0,87	3,03
E3-07	0,34	0,70
E3-07,1	0,07	0,12
E3-08	4,80	31,84
DC-N	0,82	3,78
DC-S	1,49	3,53

Fuente:
Elaboración propia

Tabla 5.6
Caudales determinados para la cuencas El Tigre

Código de área de aporte	TR= 100 años	
	Caudal máximo (m^3/s)	Volumen (x1000 m3)
Aforador	21,5	119,3
C-01	8,4	29,3
C-02	1,5	2,8
C-03	2,0	5,0
C-04	1,0	2,4
J-01	106,1	1092,7
J-02	105,3	1128,8
J-03	104,7	1129,8
O, Toma	108,1	976,7
R-01	103,7	973,4
R-02	105,3	1091,7
R-03	104,7	1127,4

Fuente:
Elaboración propia

6.0 MANEJO DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Con el objeto de conducir los escurrimientos pluviales, se han diseñado canales, badenes, alcantarillas y obras de desvío, que permiten un manejo controlado de las mismas evitando que en su curso, afecten el correcto funcionamiento de la infraestructura proyectada.

En el caso de las escombreras y depósito de colas se ha diseñado un sistema de canales excavados de sección trapezoidal que transitan perimetralmente desde los puntos altos y descargan en la zona baja de las escombreras hacia cauces naturales existentes.

Para los caminos se ha previsto la construcción de canales triangulares y trapezoidales excavados y la ubicación de alcantarillas y badenes en las diferentes tipologías de camino.

Siguiendo el mismo análisis se plantearon obras de desvío para la protección de instalaciones en algunos sectores, para modificar la traza de escurrimientos en sectores específicos. Estas obras consisten en canales trapezoidales excavados y bermas compactadas.

Las obras de manejo de escorrentía superficial se dimensionaron para que sean capaces de conducir los caudales resultantes de la aplicación de una precipitación de 100 años de recurrencia. Los caudales de diseño para las obras pueden visualizarse en el capítulo 5.11 y el proceso de dimensionamiento en los Anexos B y C.

6.1 Canales perimetrales depósito y escombreras

Se disponen de manera de captar los escurrimientos superficiales provenientes de cuencas externas y canalizarlos para su posterior descarga hacia aguas abajo en coincidencia con un cauce natural para su restitución.

Estos son excavados de sección trapecial con talud 1H:1V. Su pendiente longitudinal será variable y en aquellos sectores donde las pendientes sean elevadas se efectuará un análisis más en detalle en otra etapa de ingeniería con el fin de estudiar los fenómenos erosivos.

Se ha diseñado considerando los caudales de diseño con un tiempo de recurrencia de 100 años, utilizando las ecuaciones de Manning.

En otra etapa de ingeniería se deberán analizar los fenómenos erosivos que se pudieran generar en el lecho del cauce de los puntos de descarga con el fin de planificar obras para mitigarlos. Ver plano 2201.20.01-12-240-10-P-001.

6.2 Canales en caminos

En las márgenes de los caminos se plantea la construcción de canales excavados de sección triangular con talud 2H:1V del lado interno y 1H:1V del lado externo, la pendiente longitudinal es variable y depende de la topografía. En aquellos sectores donde la velocidad sea superior a 1m/s se efectuará un análisis más en detalle en otra etapa de ingeniería.

En el caso del camino que se ubica al norte del depósito de colas se proyectó la realización de un canal trapecial con talud externo de 2H:1V e interno hacia el camino con talud 1H:1V.

En el tramo de la obra de toma se diseñó la construcción de un canal excavado de sección trapezoidal con talud externo de 2H:1V y del lado interno con talud 1H:1V. Se extenderá hacia aguas abajo hasta la ubicación del primer badén.

Se plantea la construcción de los canales con el objetivo de canalizar los escurrimientos hasta los puntos de desagüe para que luego retornen a un cauce natural, favoreciendo la circulación por las diferentes vías de acceso.

En el plano 2201.20.01-12-240-10-P-001 se encuentran identificados los canales.

6.3 Alcantarillas y badenes

Se consideró la colocación de alcantarillas y badenes en aquellas zonas donde el camino cruce de manera transversal a los cauces, con el fin de evitar la interrupción de los escurrimientos y del tránsito de los vehículos.

El dimensionamiento y materialización de las alcantarillas se realizará en otra etapa de ingeniería.

En cuanto a los badenes se materializarán de hormigón sobre el camino de acceso que se dirige hacia la obra de toma con el fin de generar una protección para la tubería de alimentación que se proyectó que se extienda a un costado del camino. Estos serán de

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

sección trapecial con talud 8H:1V, base de 6m y longitud variable según el requerimiento del caudal de diseño.

En el plano 2201.20.01-12-000-00-P-004 y plano 2201.20.01-12-240-10-P-002 se presentan las ubicaciones en planta de cada alcantarilla y badén.

6.4 Canales de desvío

La ejecución de los canales de desvío se analiza con el propósito de proteger aquellas obras que se encuentran posicionadas sobre o cercanas a cauces principales de cuencas, considerando los efectos negativos que podrían causar en las instalaciones.

Los canales de desvío de cauce se basan en la construcción de una berma compactada de sección trapezoidal con el fin de desviar el curso natural del escurrimiento, encauzarlo en canales trapeciales excavados de talud 1H:1V y descargarlo en el cauce más próximo donde se evaluó que no considere un riesgo a otra instalación.

Se aclara que los estudios a realizar en tramos de pendientes elevadas o zonas de descarga, se efectuarán en otra etapa de ingeniería.

Los canales de desvío se presentan en el plano 2201.20.01-12-240-10-P-001.

En el diseño de canales y badenes se deben garantizar dos objetivos:

- Que tengan la capacidad de conducir el caudal de diseño estimado por el modelo hidrológico.
- Una pendiente mínima tal que evite la presencia de fenómenos erosivos en el fondo.

Para la verificación de la capacidad hidráulica de las secciones, se utiliza la ecuación de Manning para canalizaciones abiertas, en régimen permanente y uniforme, la cual se expresa matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$Q_d = A \times (〖Rh〗^{(2/3)} \times i^{(1/2)})/n$$

Donde:

A: Sección transversal del canal (m^2)

Rh: Radio hidráulico, el cual se determina como el cociente entre la sección transversal y el perímetro mojado (m)

$$Rh = A/P_m$$

P_m: Perímetro mojado (m)

i: Pendiente de la solera del canal (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning que depende de las características del material de revestimiento de las paredes del canal. La selección del valor de este coeficiente, implica la estimación de la resistencia al flujo en un cauce o canal determinado. Su valor se puede adoptar en función de las tablas desarrolladas por Ven Te Chow, ver siguiente tabla, que dependen de factores que afectan este parámetro como el tipo de canal, características del revestimiento, vegetación, irregularidad del canal y geometría del alineamiento del canal.

Tabla 6.1
Coeficientes de manning

Canal excavado o dragado	
En tierra, recto y uniforme	
Limpio, recientemente terminado	0,018
Limpio, después de exposición a la intemperie	0,022
Con gravas, sección uniforme, limpio	0,025
Con pastos cortos, algunas malezas	0,027
En tierra serpenteante y recto	
Sin vegetación	0,025
Pastos, algunas malezas	0,030
Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0,035
Fondo en tierra con lados en piedra	0,030
Fondo pedregoso y bancas con malezas	0,035
Fondo en canto rodado y lados limpios	0,040
Excavado con pala o dragado	
Sin vegetación	0,028
Matorrales ligeros en las bancas	0,050
Corte en roca	
Lisos y uniformes	0,035
Afilados e irregulares	0,040
Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar	
Malezas densas, tan altas como la profundidad del flujo	0,080
Fondo limpio, matorrales en los lados	0,050
Igual, nivel máximo de flujo	0,070
Matorrales densos, nivel alto	0,100
Revestimiento	
Colchoneta de alambre tejido perfectamente sellada con mastique asfáltico con terminación lisa	0,0158
Ídem a anterior con terminación normal	0,0172
Colchoneta de alambre tejido o gaviones sin impregnación asfáltica, pero con acabado cuidadoso.	0,022
Ídem anterior, pero con acabado normal	0,025
Gaviones rellenos con material muy grueso	0,027
Ferrocemento	0,012
Membrana plástica sobre revestimiento rígido	0,012 a 0,015

Fuente:
VenTe Chow.

Se hace mención que en una ingeniería superior se deberá analizar en que zonas será necesaria la ejecución de revestimiento u otro tipo de obras para mitigar el efecto de fenómenos erosivos.

7.0 CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo el estudio hidrológico superficial en la zona de implantación del Proyecto San Jorge. Se tomaron como base los estudios hidrológicos realizados con anterioridad y se actualizaron los registros de precipitación, incorporando datos disponibles hasta la fecha de elaboración del presente documento.

Como se indica en los estudios antecedentes capítulo 3.0, es necesario actualizar los datos de caudales del Aº El Tigre, en este sentido el proyecto plantea dos instancias:

- Readecuación del aforador existente en el Aº El Tigre, para lo cual se plantean las soluciones estructurales. Esta obra permite medir los caudales del arroyo en a la zona baja cercana al proyecto y va a servir en un futuro para completar el registro con las mediciones que se realicen el azud aguas arriba. (documento 2201.20.01-12-160-02-ITE-001).
- Toma de agua mediante azud derivador en el A° El Tigre, con obras de medición, desareno y regulación. Esta obra aparte de ser la toma de agua para el proyecto permite la medición de caudales aguas arriba y es complementaria al aforador existente aguas abajo. (documento 2201.20.01-12-240-10-ITE-001).

Para la determinación de la intensidad de precipitación en la zona, se aplicó un factor de corrección por altura geográfica, teniendo en cuenta el aumento en la intensidad respecto de los registros pluviométricos de la estación Uspallata.

Mediante el procesamiento de modelos digitales de elevación disponible, se delimitaron las cuencas de aporte del Arroyo el Tigre, considerando la posible ubicación de una obra de toma para el área de procesos y la ubicación de la obra de aforo, ya que, si bien el aforador existente se encuentra fuera de servicio, se considera su reconstrucción para contar con información acerca de los caudales de escurrimiento en el arroyo.

Se delimitaron, además, cuencas de aporte en función de la ubicación de la infraestructura prevista de proyecto (depósito de colas, escombreras, caminos, ect.). A partir de este análisis se obtuvieron los caudales de diseño para el dimensionamiento de las obras de manejo de escorrentía superficial asociadas a las estructuras mencionadas.

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anexo A – Parámetros hidrológicos A° El Tigre

Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	R. Martinez
Ubicación	Mendoza	Revisado por	N. Roth

Tabla 1. Parámetros de área de aporte

Código de área de aporte	Área (km^2)	Perímetro (km)	Cota media (msnm)	Pendiente (m/m)	Número de curva	Hipsométrica integral		Factor de forma	Coeficiente de compacidad	Razón de circularidad
OT	42,13	39,35	3469,6	0,056	84	0,60	Joven	0,27	1,70	0,34
Aforador	7,06	19,41	2977,0	0,073	79	0,25	Vieja	0,24	2,05	0,24
C-01	1,99	10,78	2830,5	0,058	77	0,55	Madura	0,33	2,14	0,22
C-02	0,19	2,51	2738,0	0,058	77	0,24	Vieja	0,94	1,63	0,37
C-03	0,19	2,51	2738,0	0,040	77	0,32	Madura	0,21	2,06	0,23
C-04	0,46	5,01	2816,5	0,092	73	0,33	Madura	0,92	1,77	0,31

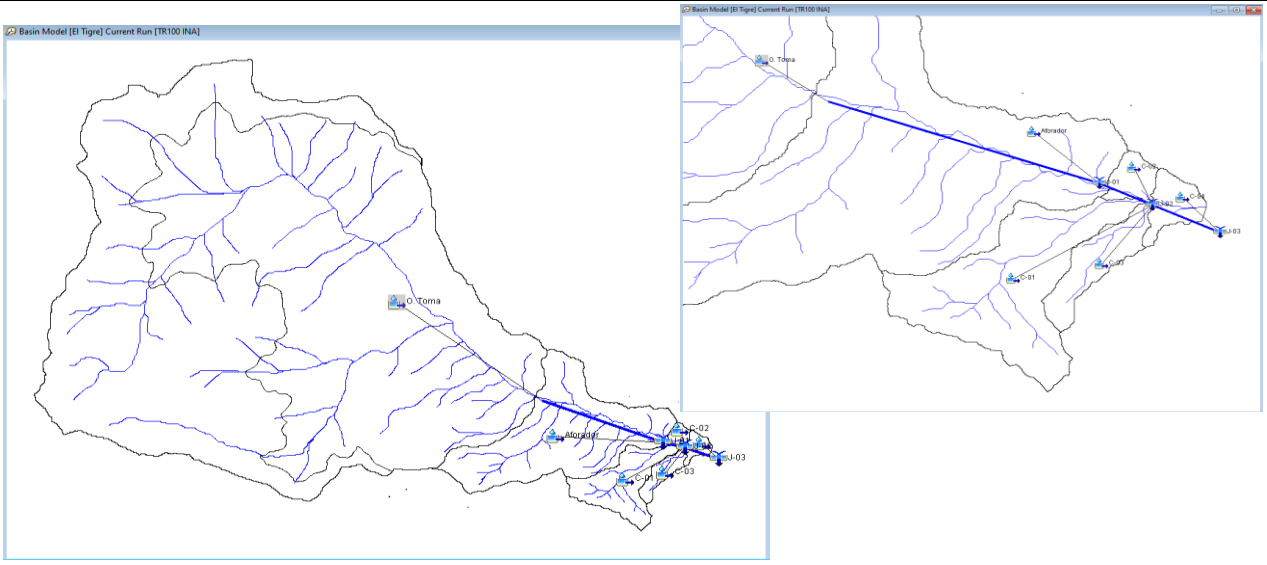
Tabla 2. Parámetros de cauce principal

Código de área de aporte	Longitud (Km)	Cota mayor (msnm)	Cota menor (msnm)	Pendiente (m/m)	Abstracción inicial (mm)	Tiempo de concentración				Tiempo de retardo (min)	Intervalo de tiempo (min)
						Kirpich (hs)	Témez (hs)	SCS (hs)	Promedio (min)		
OT	12,47	4078,0	2861,2	0,098	9,7	-	3,2	2,9	182,21	109,33	31,70
Aforador	5,40	3207,0	2747,0	0,085	13,5	-	1,7	1,9	107,68	64,61	18,74
C-01	2,47	2931,0	2730,0	0,081	15,2	-	1,0	1,1	61,44	36,86	10,69
C-02	0,45	2747,0	2729,0	0,040	15,2	0,1	0,3	0,4	16,23	9,74	2,82
C-03	1,48	2903,0	2730,0	0,117	15,2	-	0,6	0,7	38,30	22,98	6,66
C-04	0,53	2729,0	2718,0	0,021	18,8	-	0,4	0,7	33,63	20,18	5,85

Tabla 3. Caudales instantáneos de Máximas avenidas - Poza temporal

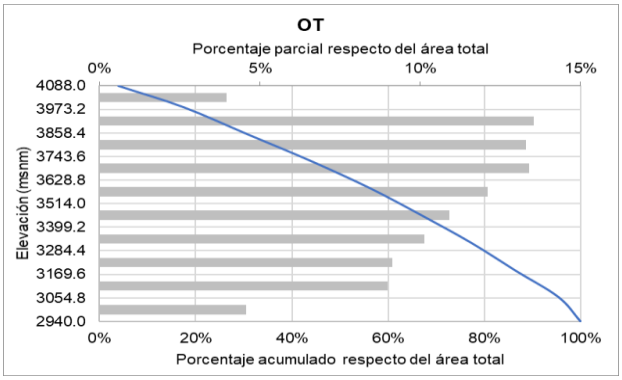
Código de área de aporte	TR= 100 años	
	Caudal máximo (m^3/s)	Volumen (x1000 m3)
Aforador	21,5	119,3
C-01	8,4	29,3
C-02	1,5	2,8
C-03	2,0	5,0
C-04	1,0	2,4
J-01	106,1	1092,7
J-02	105,3	1128,8
J-03	104,7	1129,8
O. Toma	108,1	976,7
R-01	103,7	973,4
R-02	105,3	1091,7
R-03	104,7	1127,4

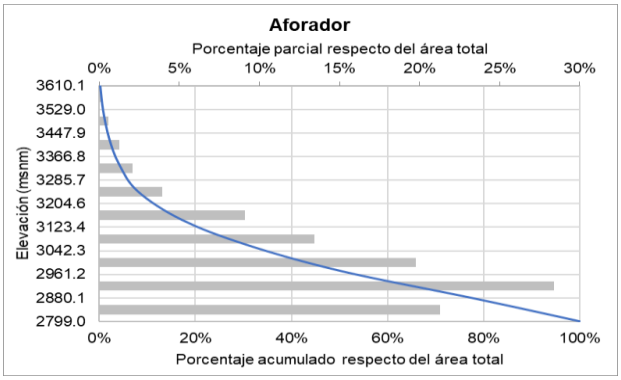
Esquema de cuencas

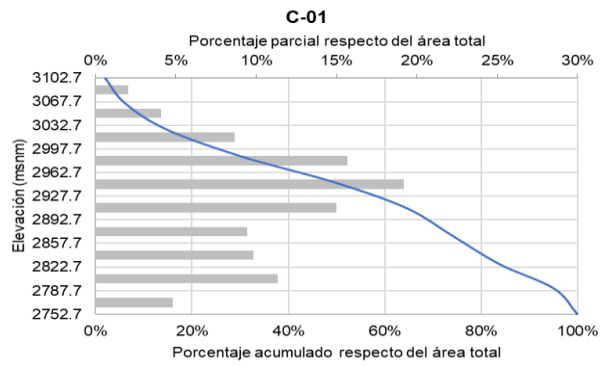


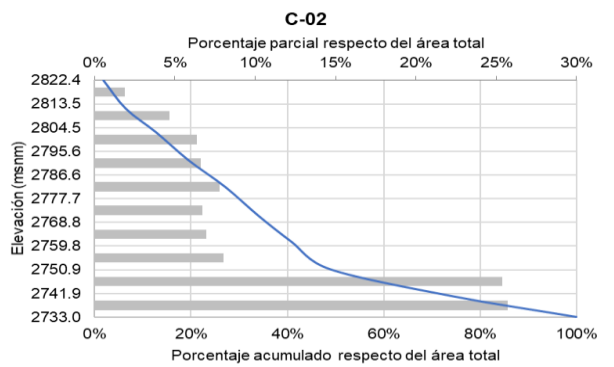
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	R. Martinez
Ubicación	Mendoza	Revisado por	N. Roth

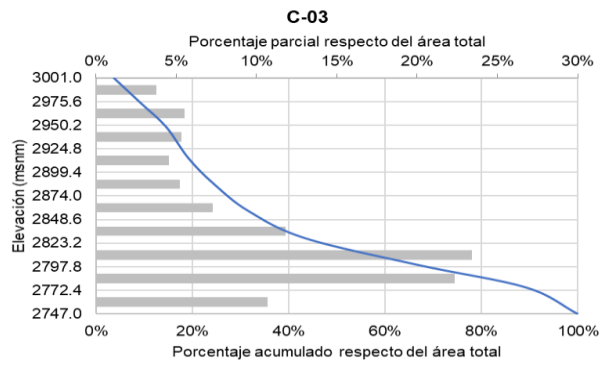
Curvas hipsométricas

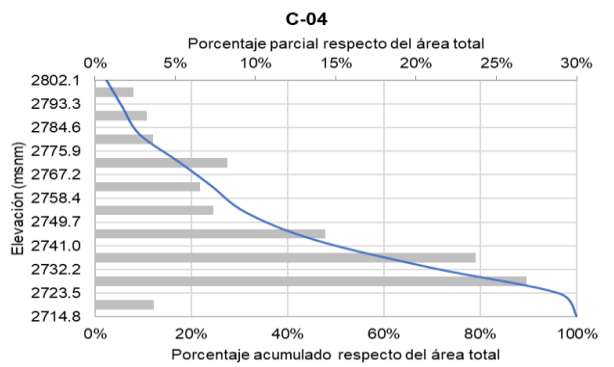






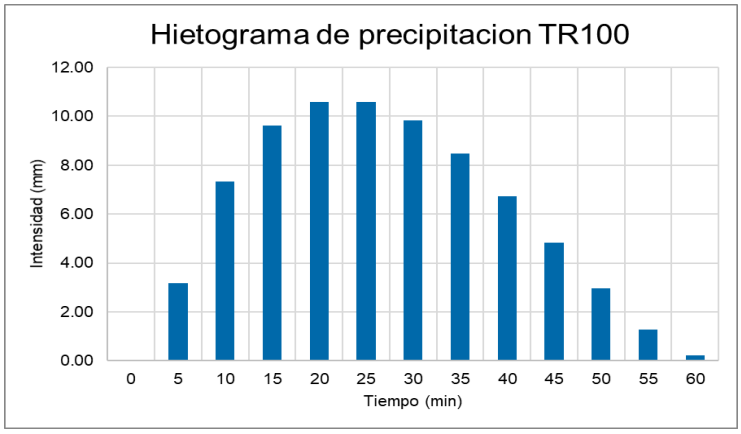




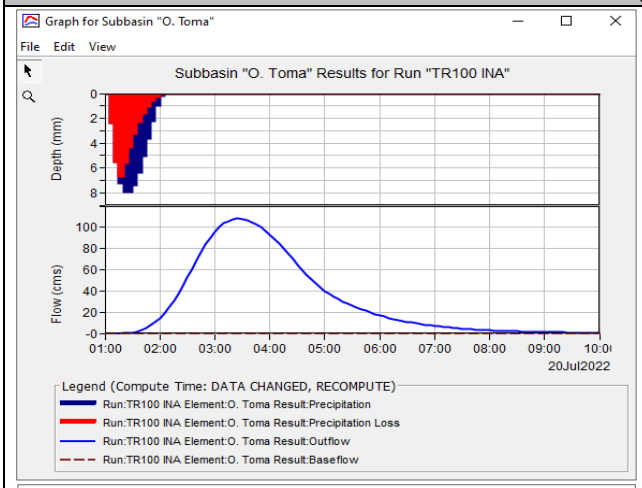


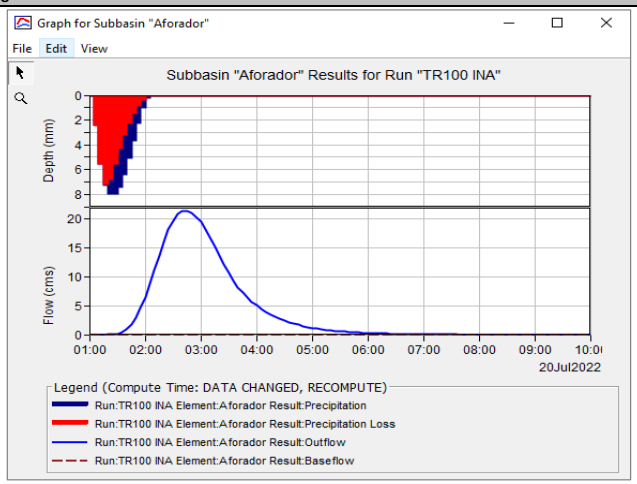
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	R. Martinez
Ubicación	Mendoza	Revisado por	N. Roth

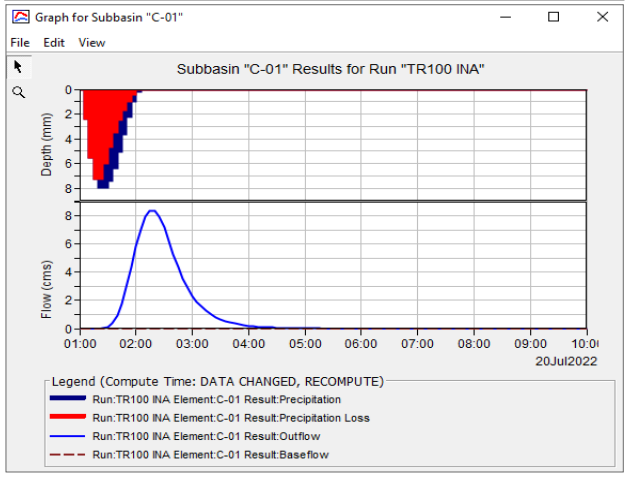
Hietogramas

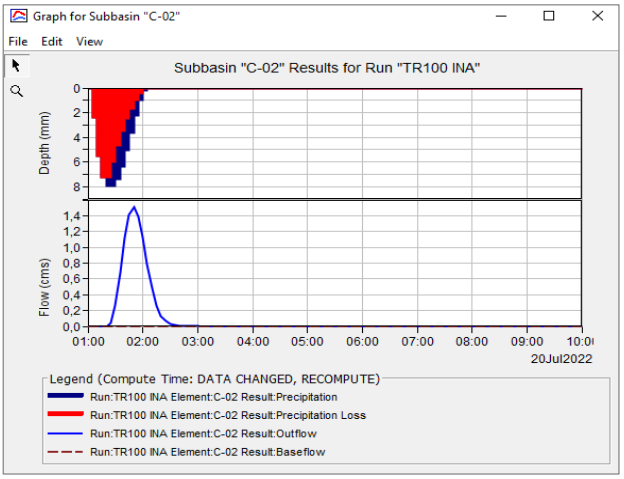


Hidrogramas



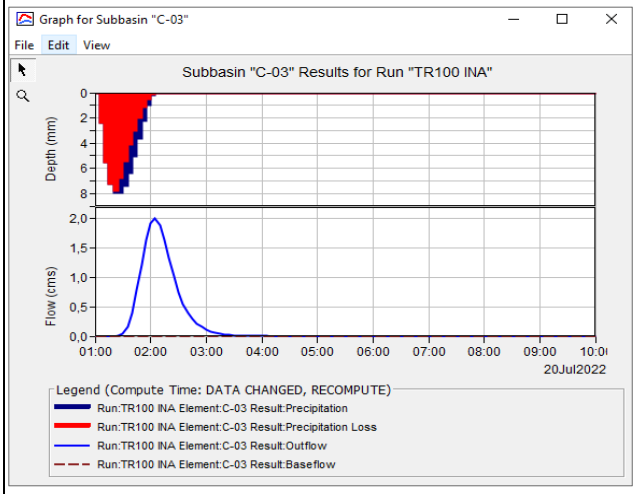


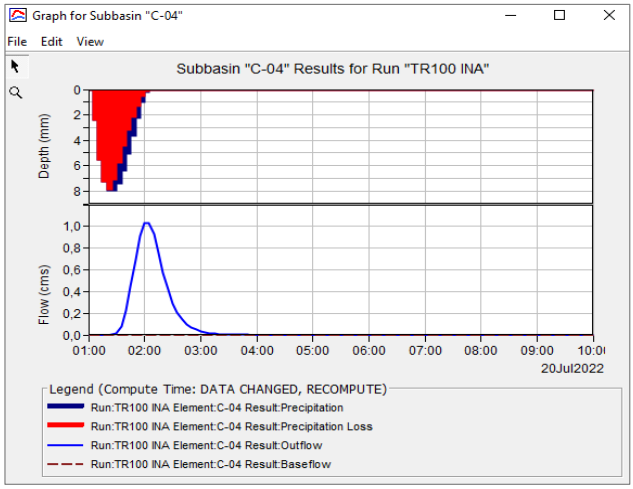


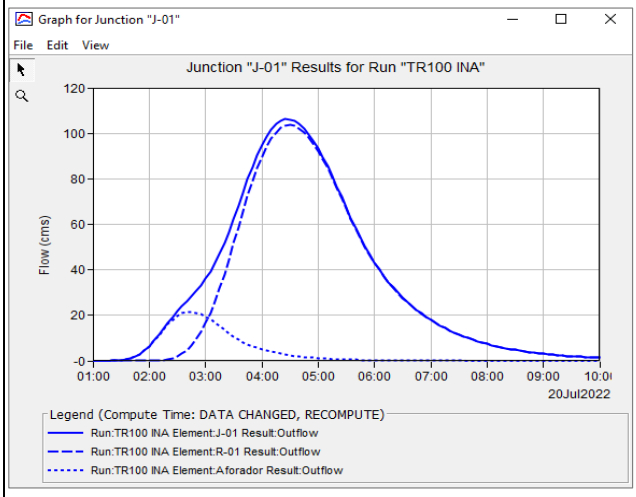


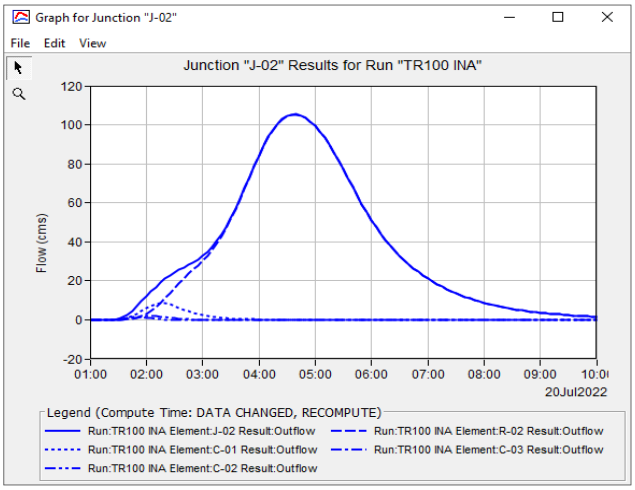
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	R. Martinez
Ubicación	Mendoza	Revisado por	N. Roth

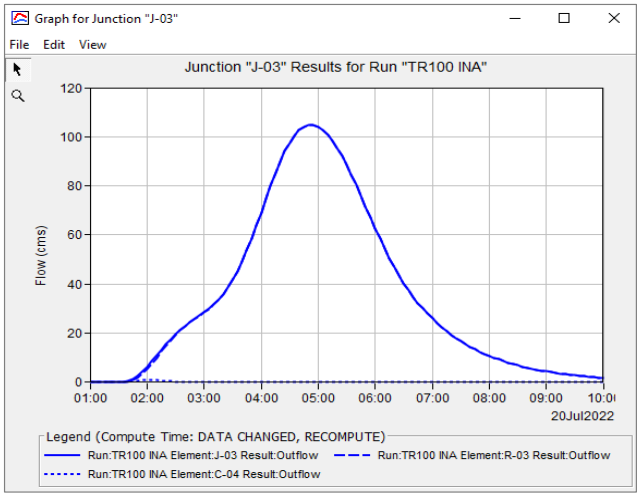
Hidrogramas











Anexo A.1 – Parámetros hidrológicos proyecto

Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza-Argentina	Revisado por	N. Roth

Tabla 1. Parámetros de área de aporte

Código de área de aporte	Área (km^2)	Área (ha^2)	Perímetro (km)	Cota media (msnm)	Número de curva	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)	Factor de forma	Coeficiente de compacidad	Razón de circularidad
E1-01	0,11	11,37	3,27	795,6	65	0,045	4,457	0,22	2,71	0,13
E1-02	0,13	13,42	4,13	683,0	65	0,046	4,564	0,09	3,16	0,10
E1-03	0,18	17,78	3,98	733,5	65	0,046	4,595	0,13	2,64	0,14
E1-03.1	0,07	6,83	2,33	582,5	65	0,049	4,927	0,80	2,50	0,16
E1-04	0,35	35,11	4,81	700,1	65	0,043	4,310	0,16	2,27	0,19
E1-05	0,05	5,30	2,05	579,4	65	0,041	4,069	0,56	2,49	0,16
E1-06	0,05	4,52	1,67	560,5	65	0,038	3,839	0,99	2,20	0,20
E2-01	0,09	9,47	2,25	529,0	64	0,030	3,026	0,29	2,04	0,24
E2-02	0,11	11,32	2,37	910,5	64	0,031	3,065	0,22	1,98	0,25
E2-03	0,05	4,67	1,59	949,5	63	0,034	3,449	0,45	2,07	0,23
E2-04	0,18	18,24	4,79	728,4	64	0,026	2,595	0,19	3,14	0,10
E3-01	0,04	3,55	1,91	761,2	65	0,037	3,676	0,61	2,83	0,12
E3-02	0,27	27,18	5,68	523,0	64	0,032	3,218	0,16	3,05	0,11
E3-03	0,11	10,72	3,26	905,5	65	0,036	3,631	0,53	2,79	0,13
E3-04	0,04	3,56	1,54	949,5	65	0,039	3,892	0,41	2,28	0,19
E3-05	0,13	12,60	3,33	728,4	64	0,034	3,368	0,12	2,63	0,14
E3-06	0,26	25,53	5,79	761,2	64	0,031	3,086	0,09	3,21	0,10
E3-07	0,06	6,21	2,42	523,0	64	0,038	3,804	0,17	2,72	0,13
E3-07.1	0,01	1,33	1,06	489,7	64	0,029	2,934	1,07	2,58	0,15
E3-08	1,91	190,52	14,61	911,0	69	0,068	6,847	0,07	2,96	0,11
DC-N	0,30	29,81	5,79	2585,5	65	0,037	3,655	0,03	2,97	0,11
DC-S	0,28	28,16	3,70	2594,5	65	0,030	3,000	0,69	1,95	0,26

Tabla 2. Parámetros de cauce principal

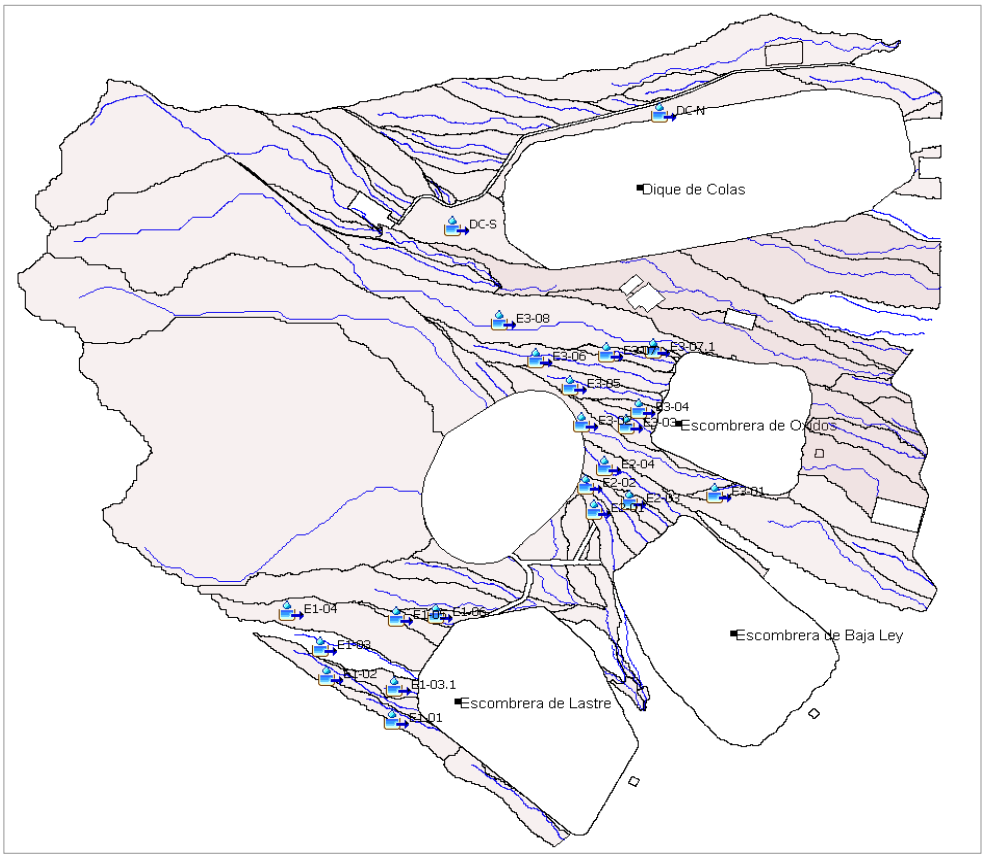
Código de área de aporte	Longitud (Km)	Cota mayor (msnm)	Cota menor (msnm)	Pendiente (m/m)	Abstracción inicial (mm)	Tiempo de concentración				Tiempo de retardo (min)	Intervalo de tiempo (min)
						Kirpich (hs)	Témez (hs)	SCS (hs)	Promedio (min)		
E1-01	0,72	991,3	599,8	0,545	27,4	0,2	0,4	0,8	27,02	16,21	4,70
E1-02	1,20	770,0	596,0	0,144	27,4	0,3	0,6	1,1	40,10	24,06	6,98
E1-03	1,15	883,0	584,0	0,260	27,4	0,2	0,6	1,1	38,56	23,13	6,71
E1-03.1	0,29	587,0	578,0	0,031	27,4	0,1	0,2	0,4	12,83	7,70	2,23
E1-04	1,49	828,0	572,1	0,172	27,4	0,3	0,7	1,4	48,34	29,00	8,41
E1-05	0,31	587,0	571,8	0,049	27,4	0,1	0,2	0,4	14,43	8,66	2,51
E1-06	0,21	562,0	559,0	0,014	27,4	0,1	0,2	0,3	11,06	6,63	1,92
E2-01	0,58	531,6	526,4	0,009	28,6	0,2	0,4	0,8	26,82	16,09	4,67
E2-02	0,72	1330,0	491,0	1,158	28,6	0,2	0,5	0,9	31,96	19,18	5,56
E2-03	0,32	1330,0	569,0	2,368	29,8	0,1	0,2	0,5	16,37	9,82	2,85
E2-04	0,97	909,0	547,7	0,371	28,6	-	0,6	1,3	56,64	33,98	9,86
E3-01	0,24	1024,0	498,3	2,187	27,4	0,1	0,2	0,3	12,34	7,40	2,15
E3-02	1,31	547,7	498,3	0,038	28,6	0,3	0,7	1,5	49,85	29,91	8,67
E3-03	0,45	1330,0	481,0	1,889	27,4	0,1	0,3	0,6	20,26	12,15	3,52
E3-04	0,29	1330,0	569,0	2,597	27,4	0,1	0,2	0,4	14,10	8,46	2,45
E3-05	1,03	909,0	547,7	0,352	28,6	0,2	0,6	1,2	40,50	24,30	7,05
E3-06	1,72	1024,0	498,3	0,306	28,6	0,4	0,9	1,9	62,74	37,64	10,92
E3-07	0,61	547,7	498,3	0,081	28,6	0,2	0,4	0,7	25,69	15,41	4,47
E3-07.1	0,11	498,3	481,0	0,155	28,6	-	0,1	0,2	9,79	5,88	1,70
E3-08	5,16	1348,0	474,0	0,170	22,8	-	1,7	2,7	132,06	79,23	22,98
DC-N	2,93	2595,9	2575,1	0,007	27,4	0,5	1,3	2,6	87,97	52,78	15,31
DC-S	0,64	2656,1	2532,8	0,193	27,4	-	0,4	0,8	37,75	22,65	6,57

Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza-Argentina	Revisado por	N. Roth

Tabla 3. Caudales instantáneos de Máximas avenidas

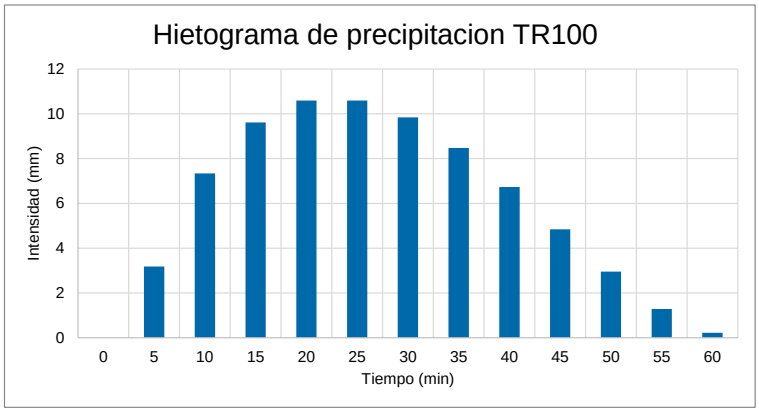
Código de área de aporte	TR= 100 años	
	Caudal máximo (m^3/s)	Volumen (x1000 m3)
E1-01	0,66	1,39
E1-02	0,64	1,64
E1-03	0,91	2,27
E1-03.1	0,53	0,88
E1-04	1,53	4,41
E1-05	0,37	0,63
E1-06	0,38	0,63
E2-01	0,51	1,05
E2-02	0,57	1,28
E2-03	0,31	0,54
E2-04	0,65	2,10
E3-01	0,30	0,50
E3-02	1,07	3,15
E3-03	0,74	1,39
E3-04	0,30	0,50
E3-05	0,59	1,52
E3-06	0,87	3,03
E3-07	0,34	0,70
E3-07.1	0,07	0,12
E3-08	4,80	31,84
DC-N	0,82	3,78
DC-S	1,49	3,53

Esquema de cuencas

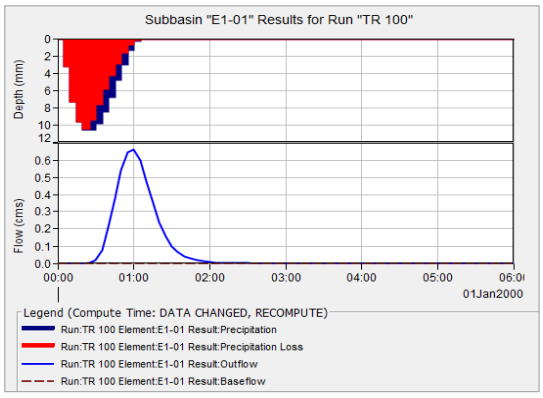


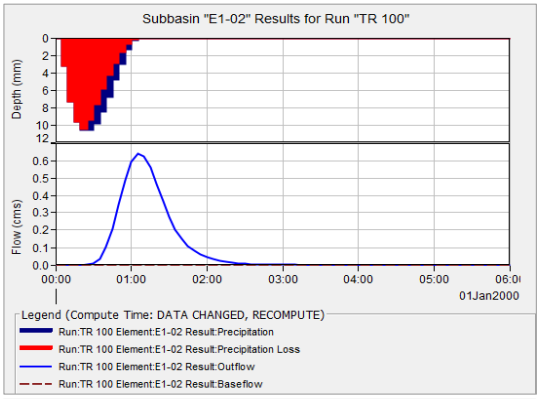
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza-Argentina	Revisado por	N. Roth

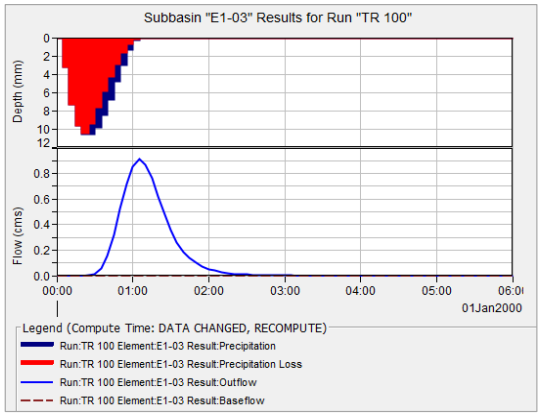
Hietogramas

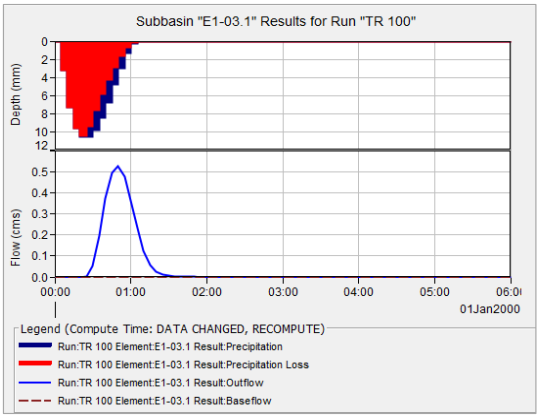


Hidrogramas



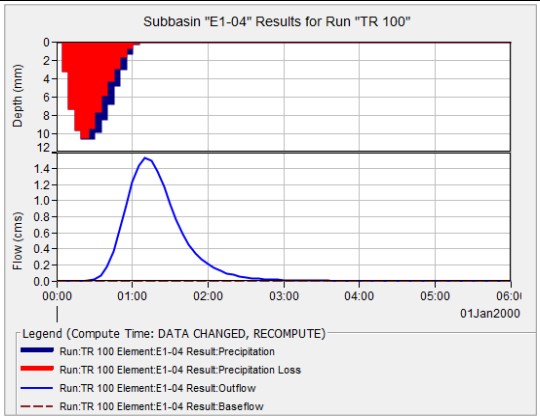


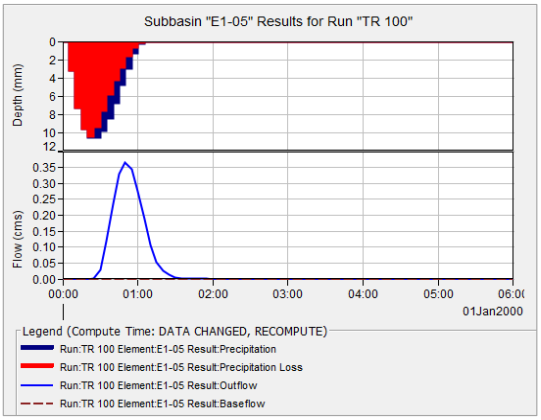


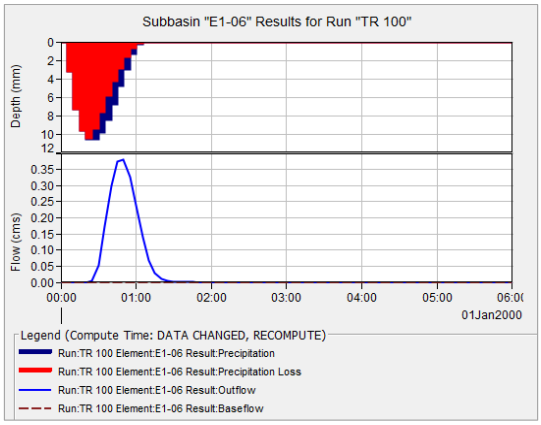


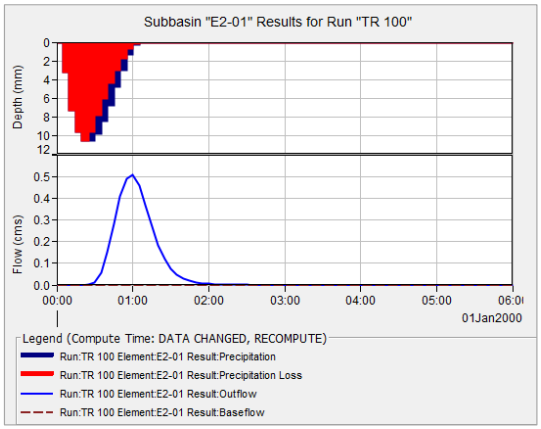
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza-Argentina	Revisado por	N. Roth

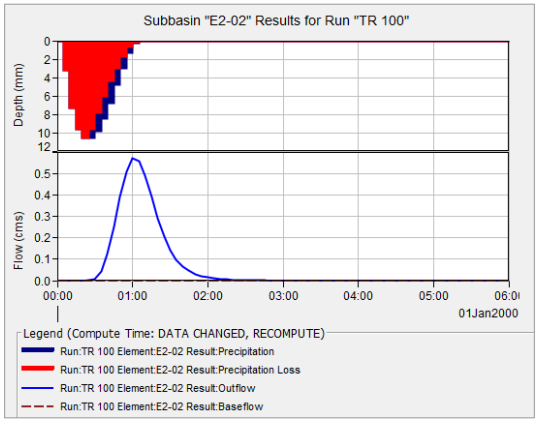
Hidrogramas

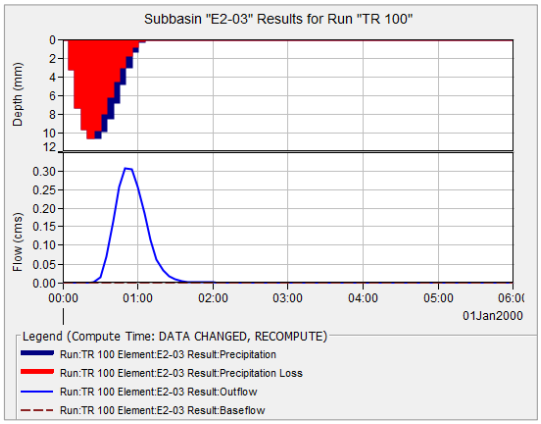






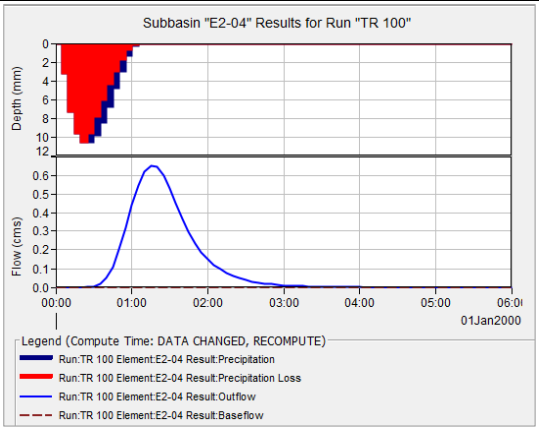


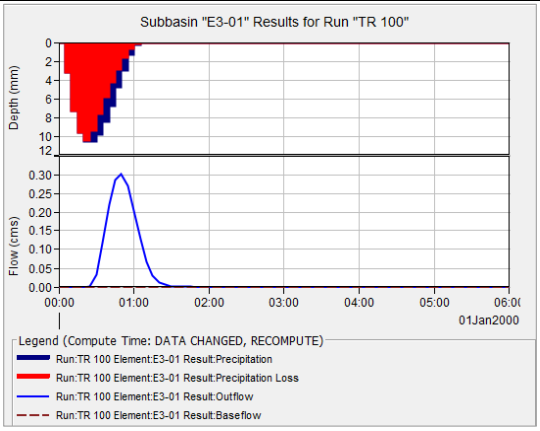


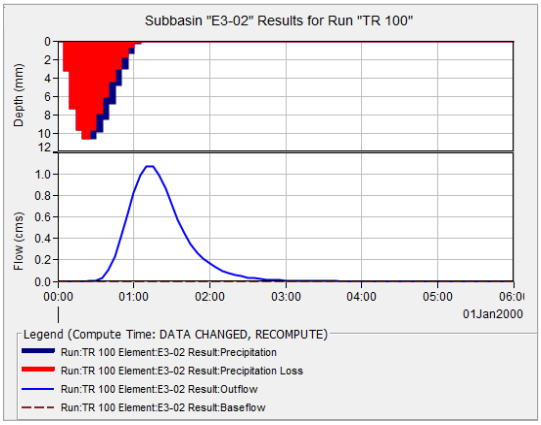


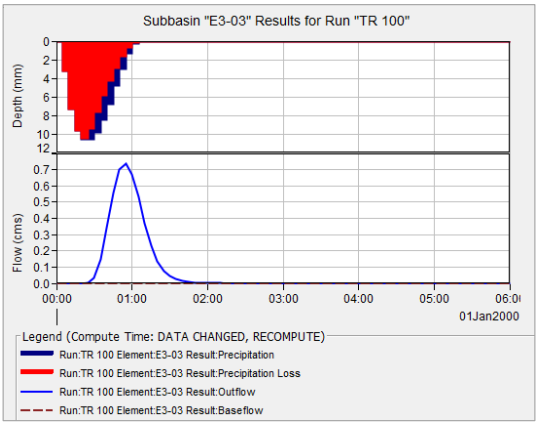
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza-Argentina	Revisado por	N. Roth

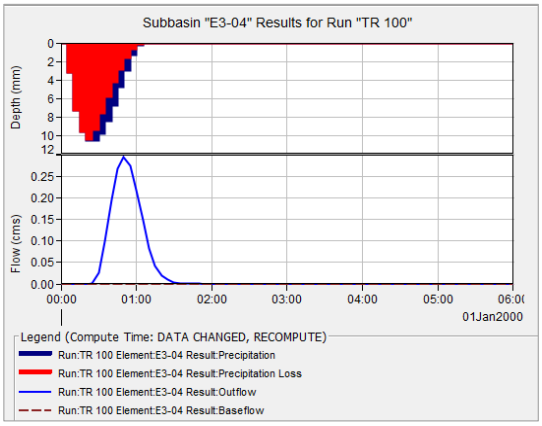
Hidrogramas

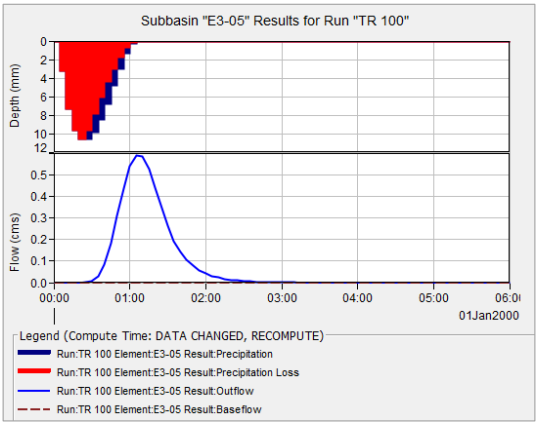






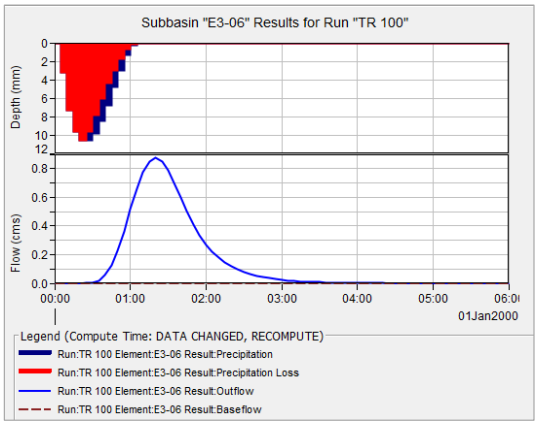


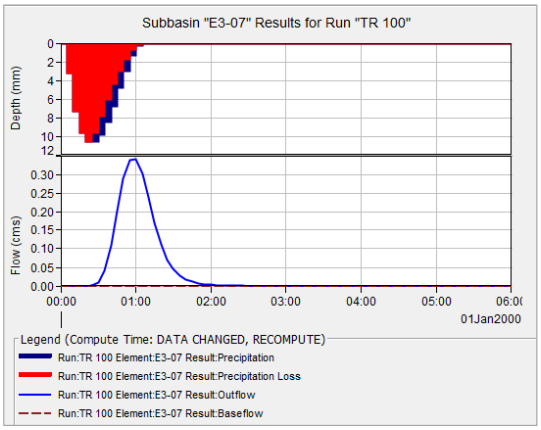


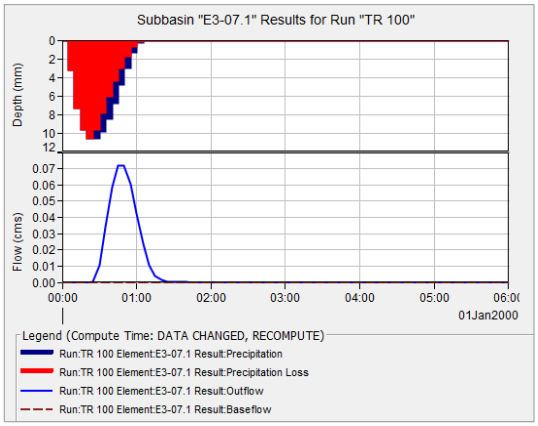


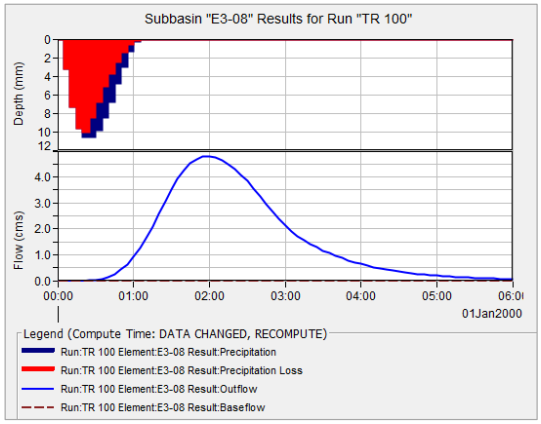
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Proyecto San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza-Argentina	Revisado por	N. Roth

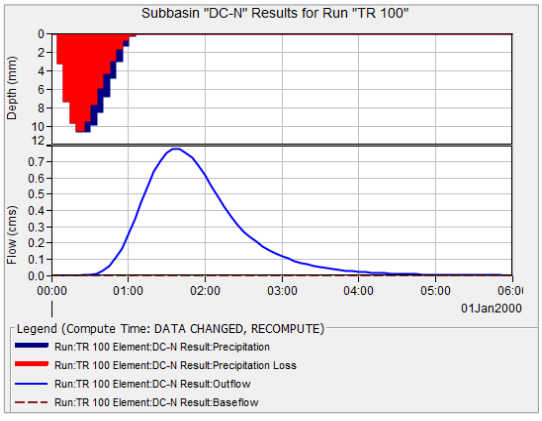
Hidrogramas

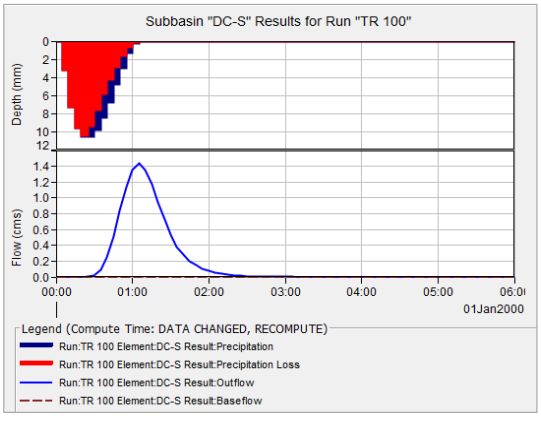












Anexo B – Badenes

Anddes	HIDRÁULICA Anexo B - Badén	2201.20.01-12-210-09-ITE-001	
SIG AND		Revisión	: 0
		Fecha	: 07-06-2023
Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Minera San Jorge	Elaborado por	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza- Argentina	Revisado por	N. Roth

Tabla 1. Dimensionamiento de badén

Código	Periodo de retorno	Sección de canal	Espesor de revestimiento	Coeficiente de Manning	Pendiente transversal	Base de diseño	Talud Izquierdo	Talud Derecho	Área hidráulica	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Velocidad de flujo	Numero de Froude	Tirante	Borde libre	Altura	Altura de diseño adoptada	Longitud de diseño
	(años)		(mm)	(adim.)	(m/m)	(m)	(H:1V)	(H:1V)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(adim.)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Nombre																		
1	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	4.21	13.12	0.32	4.73	2.66	0.44	0.30	0.74	0.75	6
2	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	2.95	11.46	0.26	4.09	2.57	0.34	0.30	0.64	0.70	5.6
3	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	1.96	9.97	0.20	3.42	2.46	0.25	0.30	0.55	0.60	4.8
4	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	1.05	8.36	0.13	2.53	2.28	0.15	0.30	0.45	0.50	4
5	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	3.29	11.94	0.28	4.28	2.60	0.37	0.30	0.67	0.70	5.6
6	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	1.13	8.51	0.13	2.63	2.30	0.16	0.30	0.46	0.50	4
7	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	1.06	8.39	0.13	2.55	2.28	0.15	0.30	0.45	0.50	4
8	100	Trapezoidal	150	0.014	0.02	6.00	8.00	8.00	1.32	8.87	0.15	2.84	2.35	0.18	0.30	0.48	0.50	4

Notas:

(1) La información

(3) La información

Anexo C – Canales

Anddes	HIDRÁULICA Anexo C- Canales	2201.20.01-12-210-09-ITE-001 Revisión : 0 Fecha : 07-06-2023
SIG AND		10-AND-10-FOR-0102 / R0 / 18-04-18

Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Minera San Jorge	Elaborado	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza- Argentina	Revisado	N. Roth

Tabla 1. Dimensionamiento de canales

Código	Periodo de retorno	Sección de canal	Revestimiento de canal	Espesor de revestimiento	Coeficiente de Manning	Pendiente de canal	Base de diseño	Talud Izquierdo	Talud Derecho	Área hidráulica	Perimetro mojado	Radio hidráulico	Velocidad de flujo	Numero de Froude	Tirante	Borde libre	Radio de curvatura	Elevación extra en curvas	Altura	Altura de diseño adoptada
	(años)			(mm)	(adim.)	(m/m)	(m)	(H:1V)	(H:1V)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(adim.)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Nombre de canal / cuneta																				
ESCOMBRERA DE LASTRE/S	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.01	1.20	1.00	1.00	1.34	3.19	0.42	1.75	0.78	0.70	0.30	30	0.03	1.00	1.00
ESCOMBRERA DE LASTRE/N	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.01	1.20	1.00	1.00	1.24	3.08	0.40	1.71	0.78	0.67	0.30	30	0.03	0.97	1.00
ESCOMBRERA DE BAJA LEY/S	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	150	0.032	0.01	1.00	1.00	1.00	0.75	2.42	0.31	1.43	0.75	0.50	0.30	30	0.01	0.80	0.80
ESCOMBRERA DE BAJA LEY/N	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	150	0.032	0.01	1.00	1.00	1.00	0.57	2.15	0.27	1.29	0.74	0.41	0.30	30	0.01	0.71	0.80
ESCOMBRERA DE OXIDOS/S	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	250	0.032	0.01	1.50	1.00	1.00	2.56	4.38	0.59	2.19	0.82	1.02	0.30	30	0.06	1.32	1.40
ESCOMBRERA DE OXIDOS/N	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.01	1.50	1.00	1.00	1.40	3.34	0.42	1.75	0.79	0.65	0.30	30	0.03	0.95	1.00
DEPOSITO DE COLAS/S	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.01	1.00	1.00	1.00	0.95	2.68	0.35	1.56	0.76	0.60	0.30	30	0.02	0.90	0.90
DEPOSITO DE COLAS/N	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	150	0.032	0.01	1.00	1.00	1.00	0.61	2.21	0.28	1.33	0.74	0.43	0.30	30	0.01	0.73	0.80

Notas:

(1) La información

(3) La información

Proyecto	Ingeniería de prefactibilidad	Proyecto N°	2201.20.01
Cliente	Minera San Jorge	Elaborado	J. Aillapan
Ubicación	Mendoza- Argentina	Revisado	N. Roth

Tabla 1. Dimensionamiento de canales

Código	Periodo de retorno	Sección de canal	Revestimiento de canal	Espesor de revestimiento	Coeficiente de Manning	Pendiente de canal	Base de diseño	Talud Izquierdo	Talud Derecho	Área hidráulica	Perimetro mojado	Radio hidráulico	Velocidad de flujo	Numero de Froude	Tirante	Borde libre	Radio de curvatura	Elevación extra en curvas	Altura	Altura de diseño adoptada
	(años)			(mm)	(adim.)	(m/m)	(m)	(H:1V)	(H:1V)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(adim.)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Nombre de canal / cuneta																				
DESVIO 1	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.02	1.50	1.00	1.00	1.93	3.84	0.50	2.42	0.99	0.83	0.30	30	0.06	1.13	1.20
MARGEN NORTE DE CAMINO DC	100	Trapezoidal	Corte en Suelo	200	0.032	0.03	1.60	2.00	1.00	2.53	4.78	0.53	3.54	1.60	0.87	0.30	30	0.22	1.17	1.20
DESVIO 2	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.01	1.50	1.00	1.00	2.04	3.94	0.52	2.01	0.81	0.86	0.30	30	0.04	1.16	1.20
DESVIO 3	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.03	1.50	1.00	1.00	1.64	3.57	0.46	2.94	1.26	0.73	0.30	30	0.09	1.03	1.10
DESVIO 4	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	150	0.032	0.03	1.20	1.00	1.00	0.56	2.21	0.25	2.16	1.28	0.36	0.30	30	0.03	0.66	0.70
DESVIO 5	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	150	0.032	0.04	1.20	1.00	1.00	0.44	2.03	0.22	2.11	1.36	0.29	0.30	30	0.03	0.59	0.60
Nombre de canal / cuneta																				
OPEN PIT/S	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	300	0.032	0.01	2.40	1.00	1.00	7.43	7.43	1.00	3.13	0.89	1.78	0.30	30	0.20	2.08	2.10
OPEN PIT/N	100	Trapezoidal (1H:1V)	Corte en Suelo	200	0.032	0.03	1.50	1.00	1.00	1.34	3.28	0.41	2.77	1.27	0.63	0.30	30	0.07	0.93	1.00
MARGEN SUR DE CAMINO-TRAMO OBRA DE TOMA	100	Trapezoidal	Corte en Suelo	200	0.032	0.03	1.00	2.00	1.00	1.04	3.06	0.34	2.64	1.49	0.57	0.30	30	0.08	0.87	1.00

Notas:

(1) La información

(3) La información

Anddes Argentina SA
info.argentina@anddes.com
www.anddes.com
Vicente Gil 330
Mendoza, Argentina
T +54 261 696 3989

Ingeniería de Prefactibilidad

Proyecto San Jorge

Informe técnico

2201.20.01-12-160-02-ITE-001

Revisión 1

Diciembre 2023



Preparado para:

Proyecto San Jorge

Rev.	Fecha	Descripción	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Firma del aprobador	Gerente de proyecto
0	02-06-23	Documento final	R. Martínez	N. Roth	M. Toledo		M. Corvalán
1	29-12-23	Documento final	R. Martínez	N. Roth	M. Toledo		M. Corvalán

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

CUELLO BORIOLO Mario Alberto

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN 2
2.0 GENERALIDADES 3
3.0 ANTECEDENTES 4
4.0 DISEÑO CIVIL 4
4.1 Depósito de colas y escombreras 4
4.1.1 Depósito de colas espesadas 5
4.1.2 Escombreras 9
4.1.2.1 Escombrera de Baja Ley 9
4.1.2.2 Escombrera de óxidos 13
4.1.2.3 Escombrera de lastre 17
4.2 Caminos 21
4.2.1 Camino de acceso 24
4.2.2 Caminos internos 25
4.2.3 Caminos auxiliares 25
4.2.4 Caminos de equipo mayor 25
4.2.5 Dársena de ingreso 26
4.2.6 Rotonda 26
5.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 27
6.0 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS 28
6.1 Aprovechamiento del Arroyo El Tigre 28
6.2 Análisis de rotura de presa 30
6.3 Estación de aforo existente A° El Tigre 31
6.4 Manejo de escorrentía superficial 31
6.4.1 Canales perimetrales depósito y escombreras 31
6.4.2 Canales en caminos 31
6.4.3 Alcantarillas y badenes 32
6.4.4 Canales de desvío 32
7.0 CONCLUSIONES 32

Tablas

Tabla 4.1 Parámetros de diseño del depósito de colas y escombreras de óxidos, de baja ley y de lastre 5
Tabla 5.1 Análisis de estabilidad – Factores de seguridad obtenidos 28

1.0 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Minero San Jorge consiste en un plan de explotación a cielo abierto del depósito San Jorge y posterior procesamiento de los minerales para la obtención de concentrados de cobre y oro. La explotación se desarrollará por el método a “cielo abierto” durante un período de 16 años de operación.

El desarrollo del proyecto incluye una serie de estructuras que involucra el proceso productivo e infraestructura auxiliar. Como parte de la ingeniería de prefactibilidad a ser desarrollada por Anddes, se procede al diseño a nivel de prefactibilidad de dichos componentes, que incluyen:

- Depósito de colas
- Escombrera de óxidos
- Escombrera de baja ley
- Escombrera de lastre
- Caminos de acceso, internos, auxiliares y de equipo mayor
- Dársena de ingreso
- Aprovechamiento del A° El Tigre
- Readecuación de Aforador existente
- Obras de manejo de escorrentía superficial

Para el presente informe se tienen en cuenta los siguientes documentos de referencia:

- 2201.20.01-12-100-00-RVC-001 Reporte de visita a campo
- 2201.20.01-12-110-02-CD-001 Criterios de diseño
- 2201.20.01-12-160-02-ITE-001 Ingeniería de prefactibilidad
- 2201.20.01-12-170-02-ET-001 Especificaciones técnicas
- 2201.20.01-12-210-09-ITE-001 Estudio hidrológico superficial
- 2201.20.01-12-230-10-ITE-001 Estudio de Rotura de Presa y Clasificación
- 2201.20.01-12-240-10-ITE-001 Aprovechamiento A° El Tigre
- 2201.20.01-12-330-21-ITE-001 Informe geotécnico
- 2201.20.01-12-410-21-ITE-001 Interpretación de estudio de riesgo sísmico
- 2201.20.01-12-000-02-MTO-001 Estimado de cantidades

Y los siguientes planos de referencia:

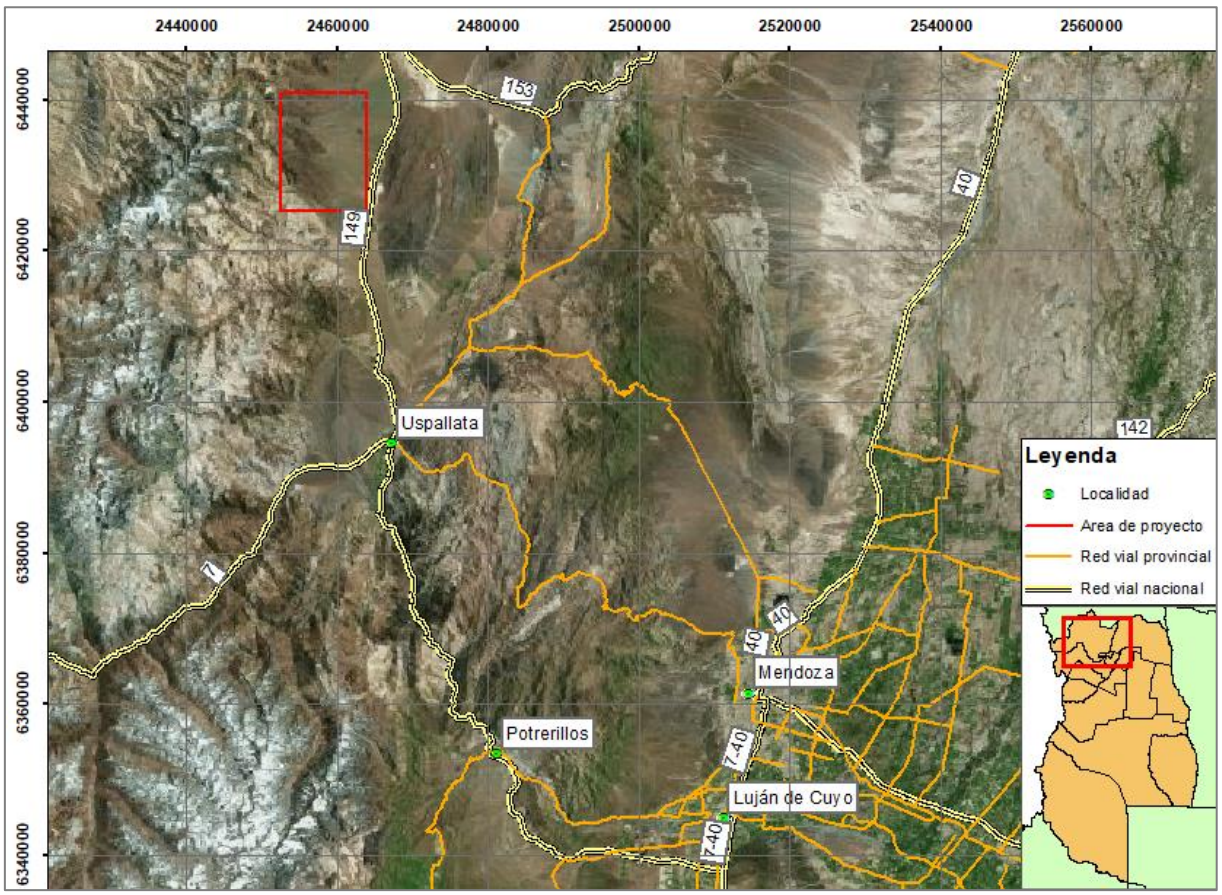
- 2201.20.01-12-000-00-P-001 Lámina de títulos
- 2201.20.01-12-000-00-P-002 Layout general de obras
- 2201.20.01-12-000-00-P-003 Layout general de Campamento - Planta y sección
- 2201.20.01-12-000-00-P-004 Layout general de Caminos - Planta y sección

- 2201.20.01-12-000-00-P-005 Rotonda y dársena
- 2201.20.01-12-120-02-P-001 Depósito de colas - Planta fase 1 y fase 2
- 2201.20.01-12-120-02-P-002 Depósito de colas - Corte, sección tipo y apilamiento
- 2201.20.01-12-120-02-P-003 Depósito de colas - Fundación
- 2201.20.01-12-120-02-P-004 Depósito de colas - Subdrenaje - Planta y detalle
- 2201.20.01-12-120-02-P-005 Depósito de colas - Pileta de subdrenaje
- 2201.20.01-12-130-02-P-001 Escombrera de materiales de baja ley - Planta, sección y detalle
- 2201.20.01-12-130-02-P-002 Escombrera de materiales de baja ley - Subdrenaje
- 2201.20.01-12-130-02-P-003 Escombrera de óxido - Planta, sección y detalle
- 2201.20.01-12-130-02-P-004 Escombrera de óxido - Subdrenaje
- 2201.20.01-12-130-02-P-005 Escombrera de lastre - Planta, sección y detalle
- 2201.20.01-12-130-02-P-006 Escombreras de lastre - Subdrenaje
- 2201.20.01-12-240-10-P-001 Layout general de canales
- 2201.20.01-12-240-10-P-002 Obras de toma, Conducción - planta y corte
- 2201.20.01-12-240-10-P-003 Obras de toma, Reservorio - corte y detalles
- 2201.20.01-12-240-10-P-004 Obras de toma, conducción - Aforador planta y detalles
- 2201.20.01-12-240-10-P-005 Acueducto - Planta y perfil
- 2201.20.01-12-240-10-P-006 Obra de toma, obras complementarias - Planta y perfil
- 2201.20.01-12-240-10-P-007 Reservorio - Planta y perfil
- 2201.20.01-12-310-21-P-001 Investigaciones geotécnicas - Ubicación de Calicatas

2.0 GENERALIDADES

El Proyecto San Jorge se encuentra localizado en la Estancia Yalguaraz, en el Distrito Uspallata, al noroeste del departamento Las Heras, en la provincia de Mendoza, Argentina. Para acceder a la propiedad minera desde la ciudad de Mendoza, se debe transitar 107 km hacia el Oeste por Ruta Nacional Nº 7 hasta llegar al distrito de Uspallata y desde allí transitar unos 40 km en dirección norte por la Ruta Nacional Nº 149.

Figura 2.1
Ubicación del área de estudio



Fuente:
Elaboración propia

3.0 ANTECEDENTES

Para la elaboración del presente estudio, se utilizaron como base los siguientes documentos:

- 2201.20.02-11-000-02-ITE-001_RB. Análisis de reubicación del depósito de colas. Anddes, septiembre de 2022.
- 180424_036 – Rev00. Actualización Informe de Impacto Ambiental de Explotación. Gt Ingeniería, noviembre de 2018.
- Análisis de no afectación del Recurso Hídrico – SRK Consulting. Agosto 2010

4.0 DISEÑO CIVIL

4.1 *Depósito de colas y escombreras*

En la instancia de Ingeniería de Prefactibilidad, se ha diseñado el depósito de colas y las escombreras de óxidos, de baja ley y de lastre según los parámetros requerido indicados en la siguiente tabla.

Tabla 4.1
Parámetros de diseño del depósito de colas y escombreras de óxidos, de baja ley y de lastre

Instalación	Capacidad requerida (Mt)	Talud global	Altura máxima (m)
Depósito de colas	153,0	5H:1V	80
Escombrera de óxidos	40,5	2.5H:1V	50
Escombrera de baja ley	106,4	2.5H:1V	60
Escombrera de lastre	145,3	2.5H:1V	80

Fuente:
2201.20.01-12-110-02-CD-001. Criterios de diseño. Anddes, 2023.

Está previsto que el depósito de colas y escombreras cuenten con un sistema de subdrenaje, con el objetivo de controlar la presencia de agua por debajo del sistema de impermeabilización.

4.1.1 Depósito de colas espesadas

Se ha proyectado un depósito para la disposición de las colas provenientes del proceso, con una capacidad de 158,06 Mt implantado en un área de 242,3 ha. Esta capacidad supera los 153,0 Mt estimados como colas a colocar en depósito, según los requerimientos y estudios anteriores realizados. La densidad de las colas es de 1,60 t/m^3.

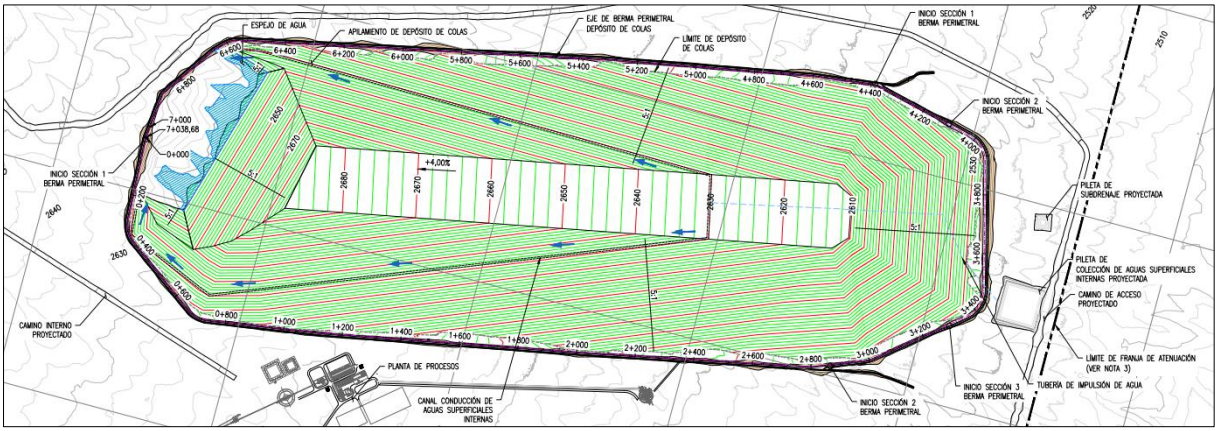
El diseño del depósito de colas no prevé un revestimiento o impermeabilización en el fondo, en función de los criterios de diseño 2201.20.01-12-110-02-CD-001, los cuales fueron propuestos por PSJ y de los resultados obtenidos documento “Análisis de no afectación del recurso hídrico-Proyecto San Jorge” (SRK Consulting -2010) del cual en su capítulo de Conclusiones del Modelo y Conclusiones y Recomendaciones, se observa, que no hay posibilidades físicas de afectación del recurso hídrico por la deposición de colas espesadas.

El proyecto contempla la construcción del depósito de colas en dos etapas, que pueden verse en los planos:

- 2201.20.01-12-120-02-P-001 Depósito de colas - Planta fase 1 y fase 2
- 2201.20.01-12-120-02-P-002 Depósito de colas - Corte, sección tipo y apilamiento
- 2201.20.01-12-120-02-P-003 Depósito de colas - Fundación
- 2201.20.01-12-120-02-P-004 Depósito de colas - Subdrenaje - Planta y detalle
- 2201.20.01-12-120-02-P-005 Depósito de colas - Pileta de subdrenaje

La máxima altura de acopio proyectado es de 79,2 metros, llegando a una cota máxima de 2687 msnm. Los taludes tienen una pendiente de 5H:1V, y el coronamiento final tiene una pendiente del 4% ascendente hacia el oeste (Figura 4.1).

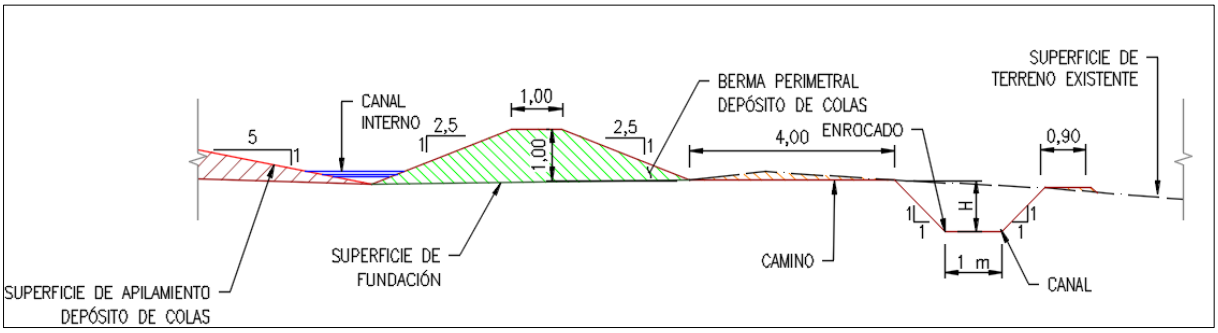
Figura 4.1
Depósito de colas



Fuente:
Elaboración propia.

Alrededor del depósito se ha proyectado una berma perimetral, cuya sección típica incluye un camino y canal de captación y derivación de escorrentía superficial no contactada (Figura 4.2).

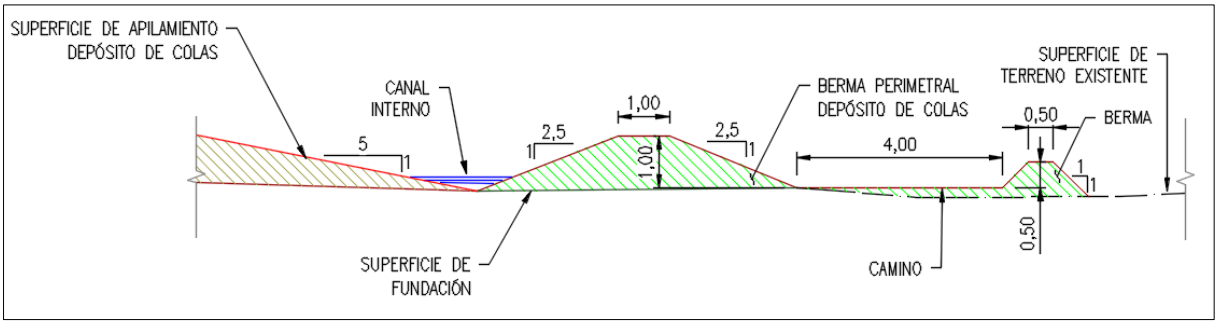
Figura 4.2
Sección típica berma perimetral con canal – Depósito de colas



Fuente:
Elaboración propia.

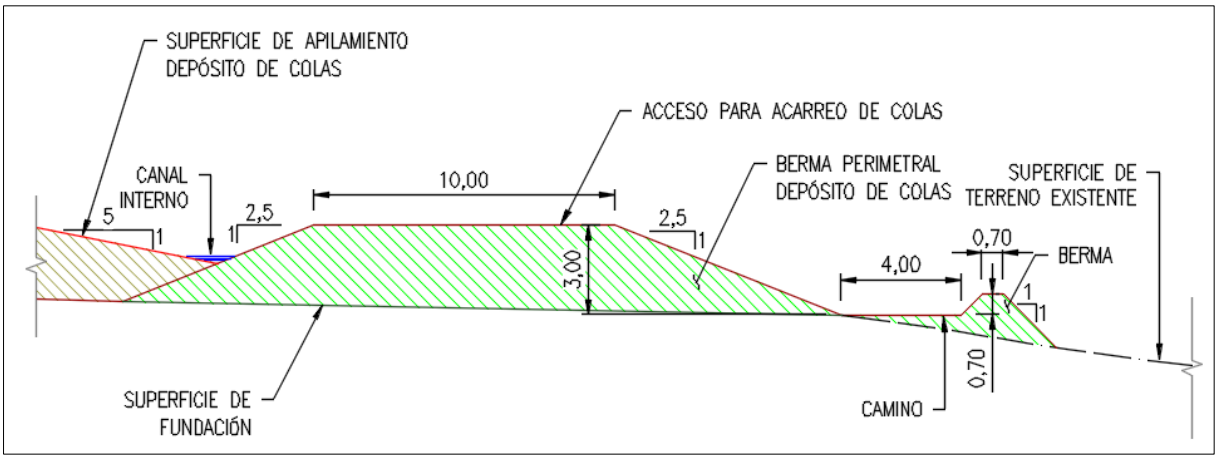
Aguas abajo del depósito, el canal de protección descarga hacia los cauces aluvionales y quebradas existentes en el terreno, por lo que la sección típica de la berma, en este sector, únicamente contiene el camino y no el canal mencionado (Figura 4.3). A su vez, en el sector aguas abajo del depósito, la berma tendrá una sección más ancha y más alta, incluyendo un acceso para acarreo de colas (Figura 4.4).

Figura 4.3
Sección típica berma perimetral sin canal – Depósito de colas



Fuente:
Elaboración propia.

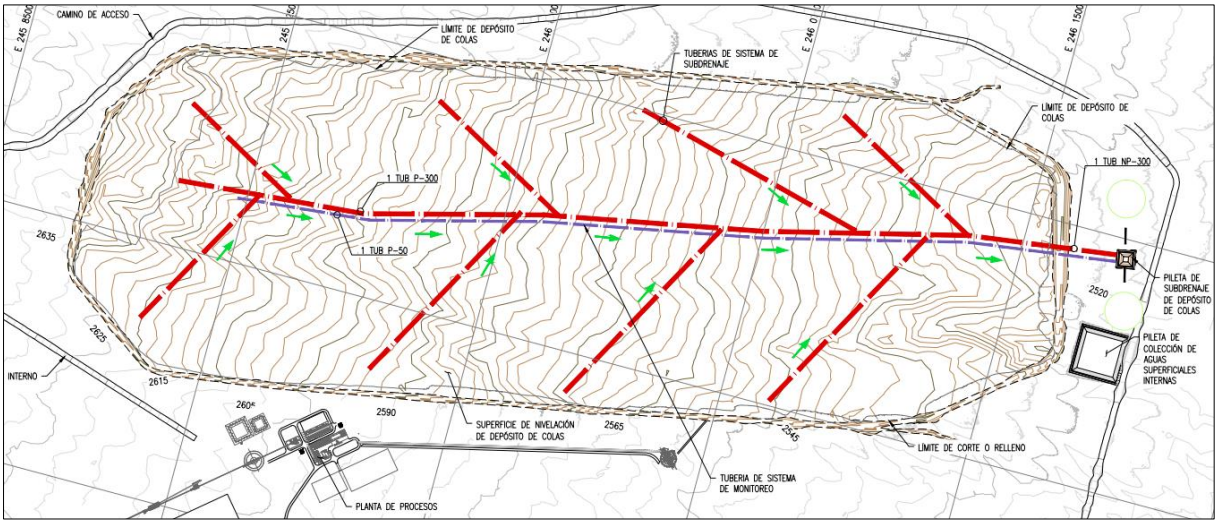
Figura 4.4
Sección típica berma perimetral con acceso para acarreo de colas – Depósito de colas



Fuente:
Elaboración propia.

El sistema de subdrenaje y monitoreo se ha diseñado mediante tuberías perforadas de pared doble de HDPE de 300 y 50 mm de diámetro, respectivamente. Este sistema conduce los flujos hacia una pileta de subdrenaje, dispuesta fuera de la huella del depósito (Figura 4.5).

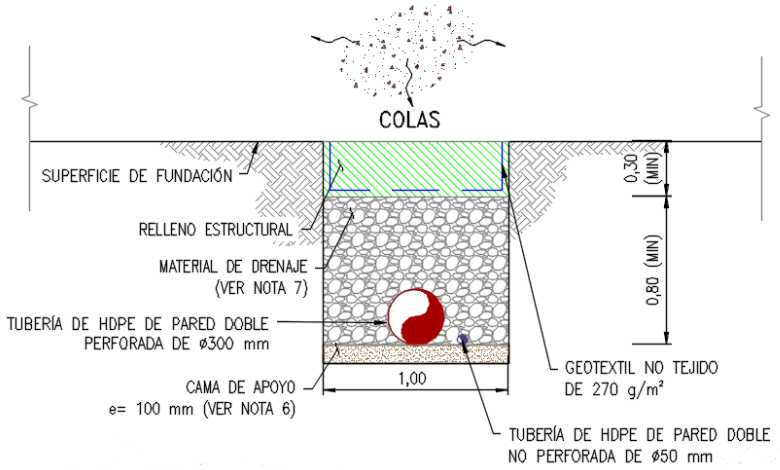
Figura 4.5
Sistema de subdrenaje – Depósito de colas



Fuente:
Elaboración propia.

Las tuberías se han dispuesto en zanjas excavadas y rellenadas con material de drenaje (Figura 4.6).

Figura 4.6
Zanja de subdrenaje – Depósito de colas



Fuente:
Elaboración propia.

La escorrentía generada como resultado de las precipitaciones sobre la superficie del depósito, serán conducidas por canales internos, ubicados entre el talud del apilamiento y la berma perimetral. Dichos canales internos conducen los escurrimientos hacia una pileta de colección de aguas superficiales contactadas ubicada fuera de los límites del depósito, que puede verse en la Figura 4.5, designada como pileta de colección de aguas superficiales internas.

4.1.2 Escombreras

Se han diseñado tres escombreras de acuerdo a los materiales a extraer del *Open Pit* durante la operación:

- Escombrera de baja Ley
- Escombrera de óxidos
- Escombrera de lastre

El proyecto de las escombreras puede verse en los planos:

- 2201.20.01-12-130-02-P-001
- 2201.20.01-12-130-02-P-002
- 2201.20.01-12-130-02-P-003
- 2201.20.01-12-130-02-P-004
- 2201.20.01-12-130-02-P-005
- 2201.20.01-12-130-02-P-006

El diseño de las escombreras no prevé un revestimiento o impermeabilización en el fondo, en función de los criterios de diseño 2201.20.01-12-110-02-CD-001, propuestos por PSJ, de la experiencia internacional del diseño de este tipo obras y más aun de los resultados obtenidos en el documento “Análisis de no afectación del recurso hídrico-Proyecto San Jorge” (SRK Consulting -2010) del cual en su capítulo de Conclusiones del Modelo y Conclusiones y Recomendaciones, se observa, que no hay posibilidades físicas de afectación del recurso hídrico por la deposición de colas espesadas, con mucho menor posibilidad para el caso de las escombreras.

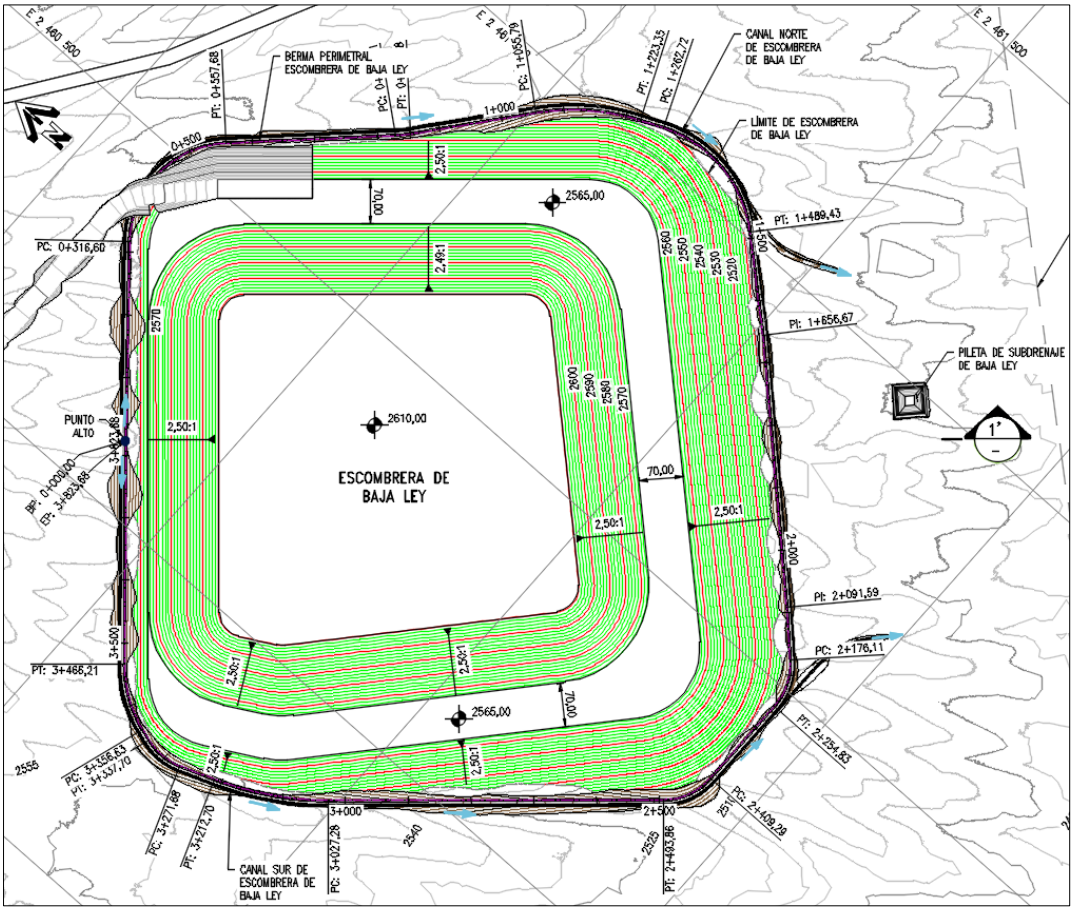
A continuación, se describen las características de cada una de ellas.

4.1.2.1 *Escombrera de Baja Ley*

Se ha proyectado una escombrera para el acopio de material de baja ley con una capacidad de 117,4 Mt implantada en un área de 101,7 ha, con un peso unitario de material de 2,60 t/m^3. Esta capacidad supera los 106,4 Mt estimados como material a derivar a escombrera, según los requerimientos y estudios anteriores realizados.

La máxima altura de acopio proyectado es de 87,2 metros, dividido en dos pilas (en ningún caso superando los 60 metros máximos por pila), llegando a una cota máxima de 2610 msnm. Los taludes tienen una pendiente de 2,5H:1V (Figura 4.7).

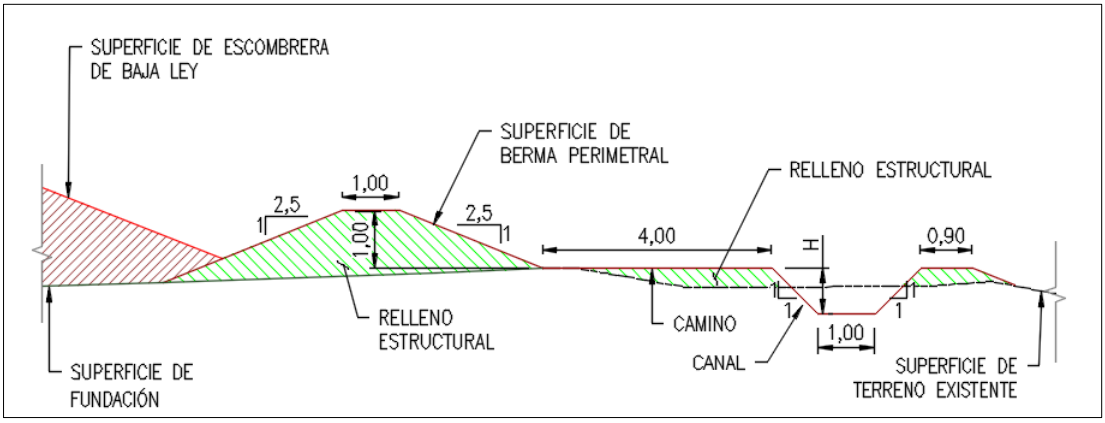
Figura 4.7
Escombrera de baja ley



Fuente:
Elaboración propia.

Alrededor de la escombrera se ha proyectado una berma perimetral, cuya sección típica incluye un camino y canal de captación para las aguas superficiales (Figura 4.8).

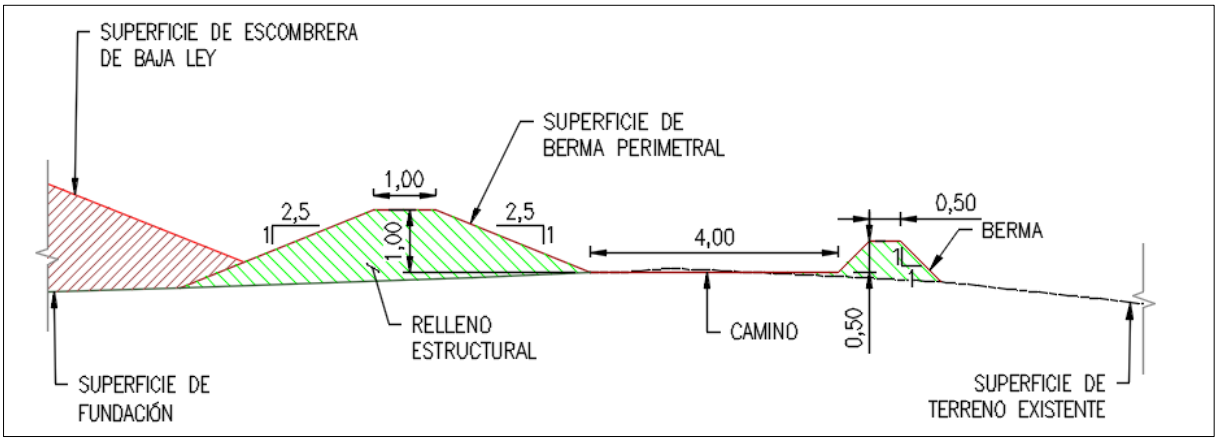
Figura 4.8
Sección típica berma perimetral con canal – Escombrera de baja ley



Fuente:
Elaboración propia.

Aguas debajo de la escombrera, el canal de protección descarga en los cauces del terreno existente, por lo que la sección típica de la berma, en este sector, únicamente contiene el camino y no el canal mencionado (Figura 4.9).

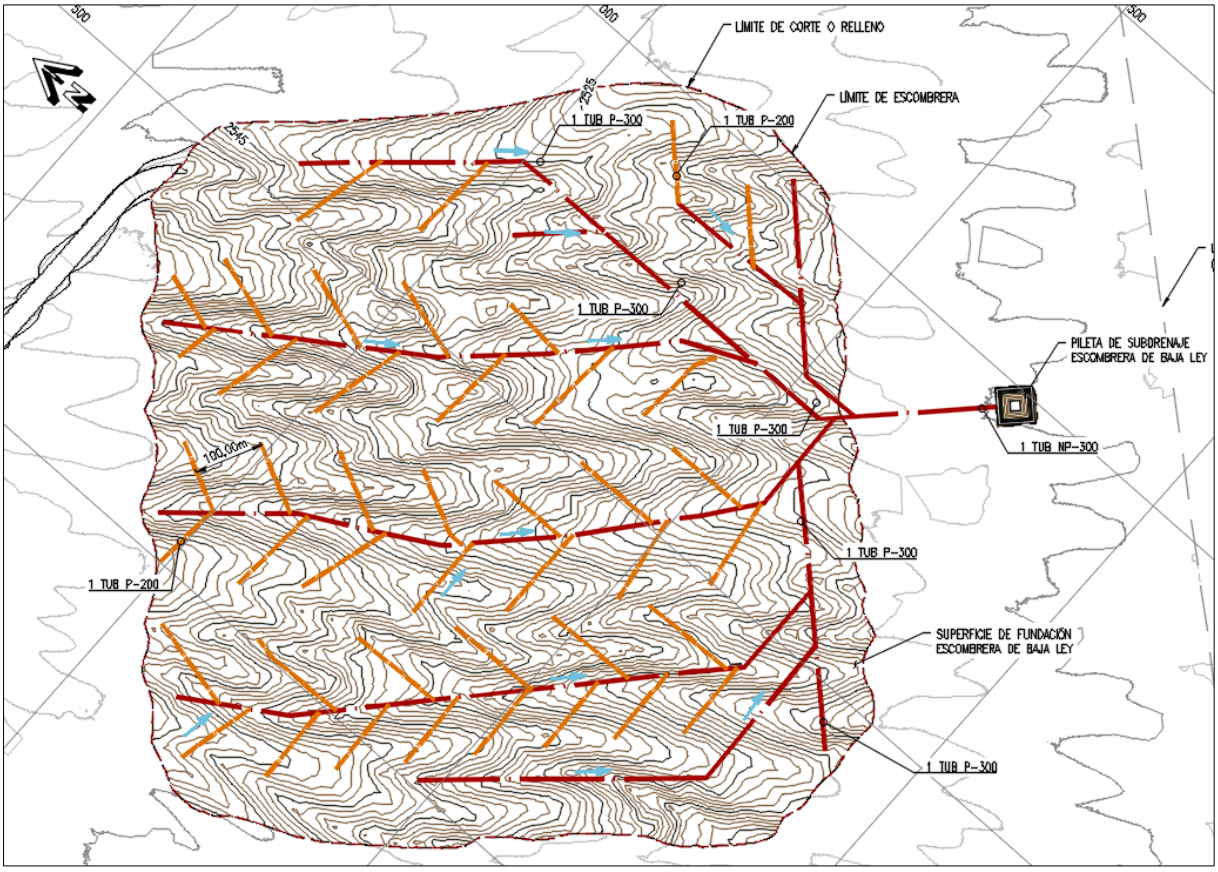
Figura 4.9
Sección típica berma perimetral sin canal – Escombrera de baja ley



Fuente:
Elaboración propia.

El sistema de subdrenaje se ha diseñado mediante tuberías perforadas de pared doble de HDPE de 200 y 300 mm de diámetro. Este sistema conduce los fluidos hacia una pileta de subdrenaje, dispuesta fuera de la huella de la escombrera (Figura 4.10).

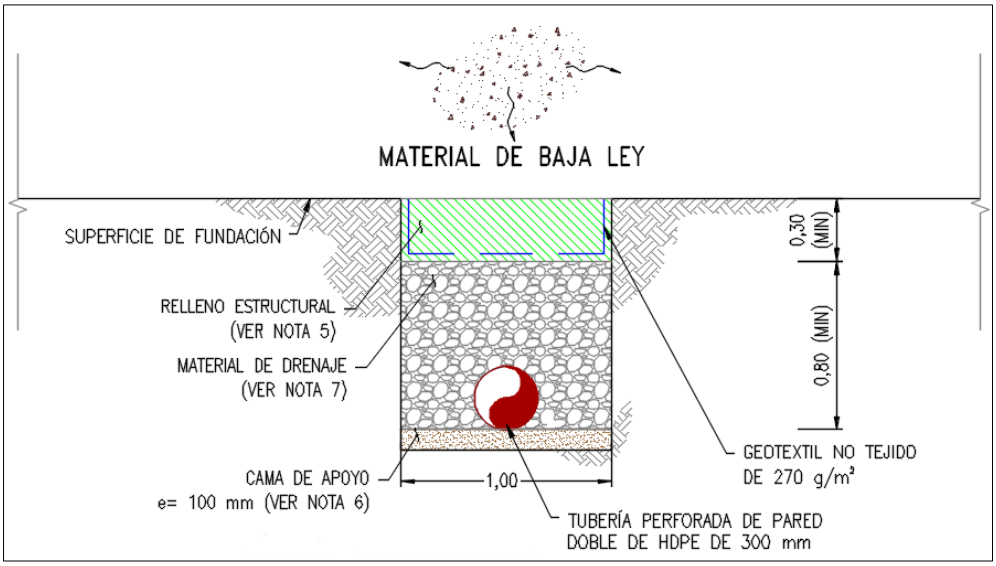
Figura 4.10
Sistema de subdrenaje – Escombrera de baja ley



Fuente:
Elaboración propia.

Las tuberías se han dispuesto en zanjas excavadas y rellenadas con material de drenaje (Figura 4.11).

Figura 4.11
Zanja de subdrenaje – Escombrera de baja ley



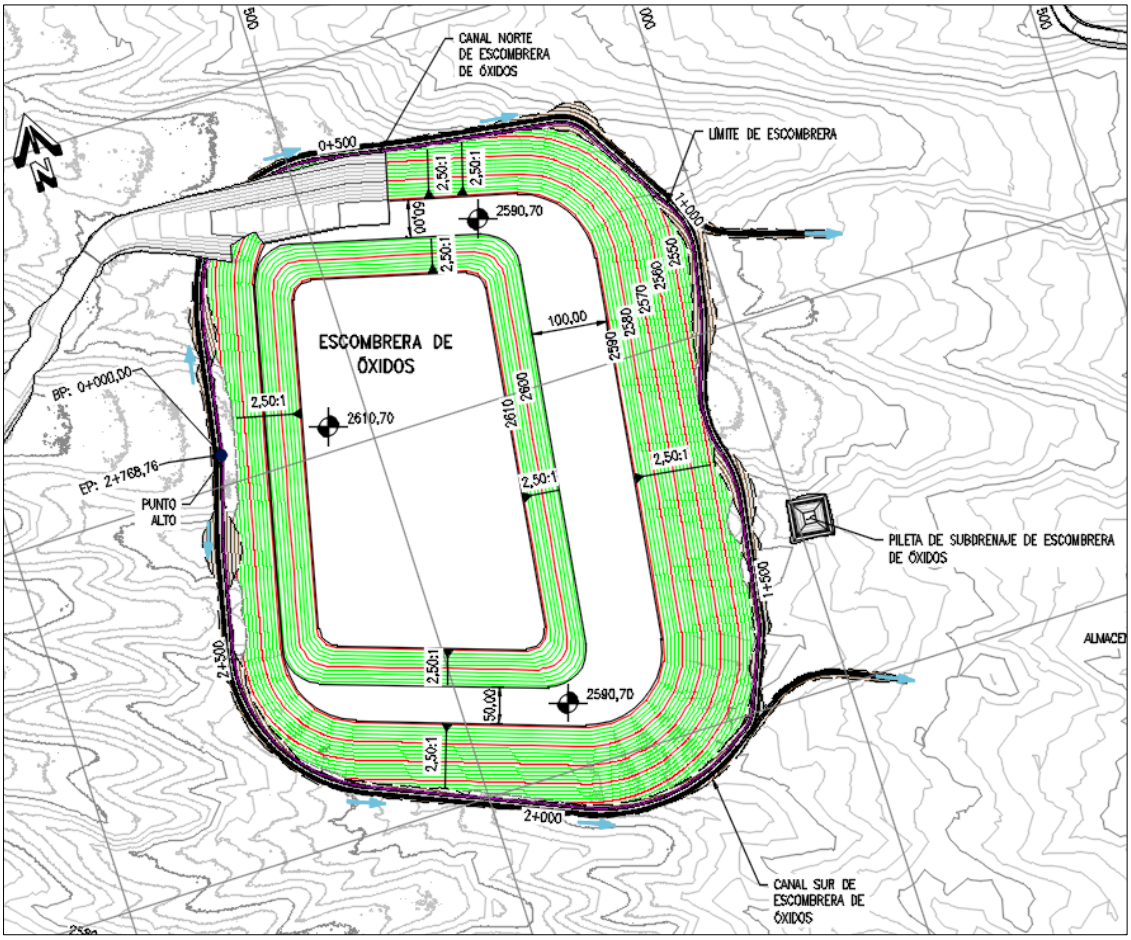
Fuente:
Elaboración propia.

4.1.2.2 *Escombrera de óxidos*

Se ha proyectado una escombrera para el acopio de óxidos con una capacidad de 44,56 Mt implantada en un área de 53,55 ha., con un peso unitario de material de 2,49 t/m^3. Esta capacidad supera los 40,5 Mt estimados como material a derivar a escombrera, según los requerimientos y estudios realizados con anterioridad.

La máxima altura de acopio es de 60,6 m, dividida en dos pilas (en ningún caso superando los 50 metros máximos por pila), llegando a una cota máxima de 2610 msnm. Los taludes tienen una pendiente de 2,5H:1V (Figura 4.12).

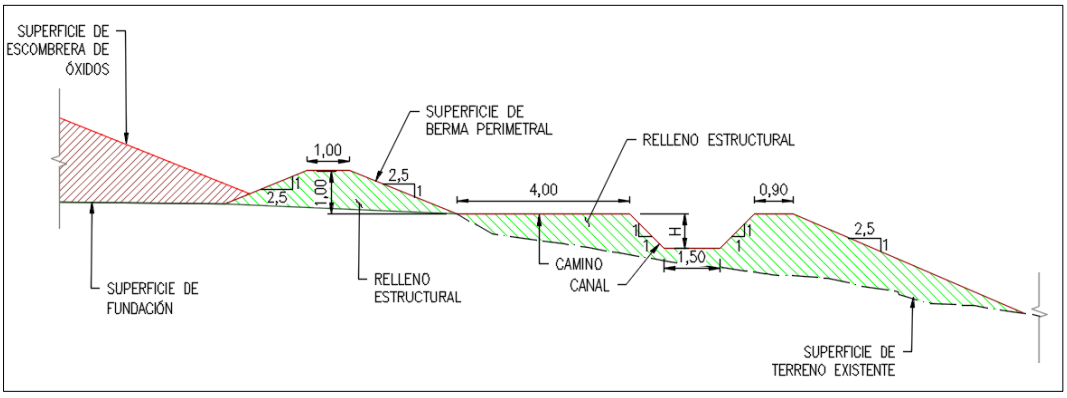
Figura 4.12
Escombrera de Óxidos



Fuente:
Elaboración propia.

Alrededor de la escombrera se ha proyectado una berma perimetral, cuya sección típica incluye un camino y canal de protección para las aguas superficiales (Figura 4.13).

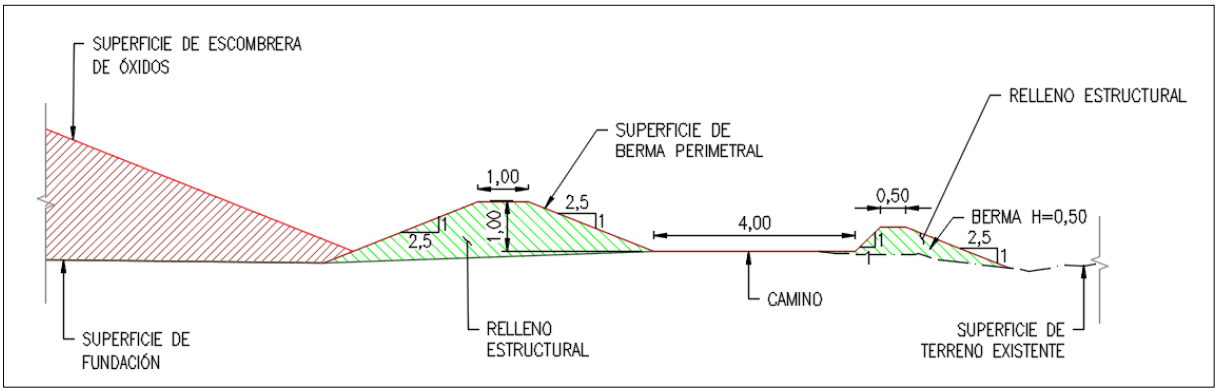
Figura 4.13
Sección típica berma perimetral con canal – Escombrera de óxidos



Fuente:
Elaboración propia.

Aguas debajo de la escombrera, el canal de protección descarga en los cauces del terreno existente, por lo que la sección típica de la berma, en este sector, únicamente contiene el camino y no el canal mencionado (Figura 4.14).

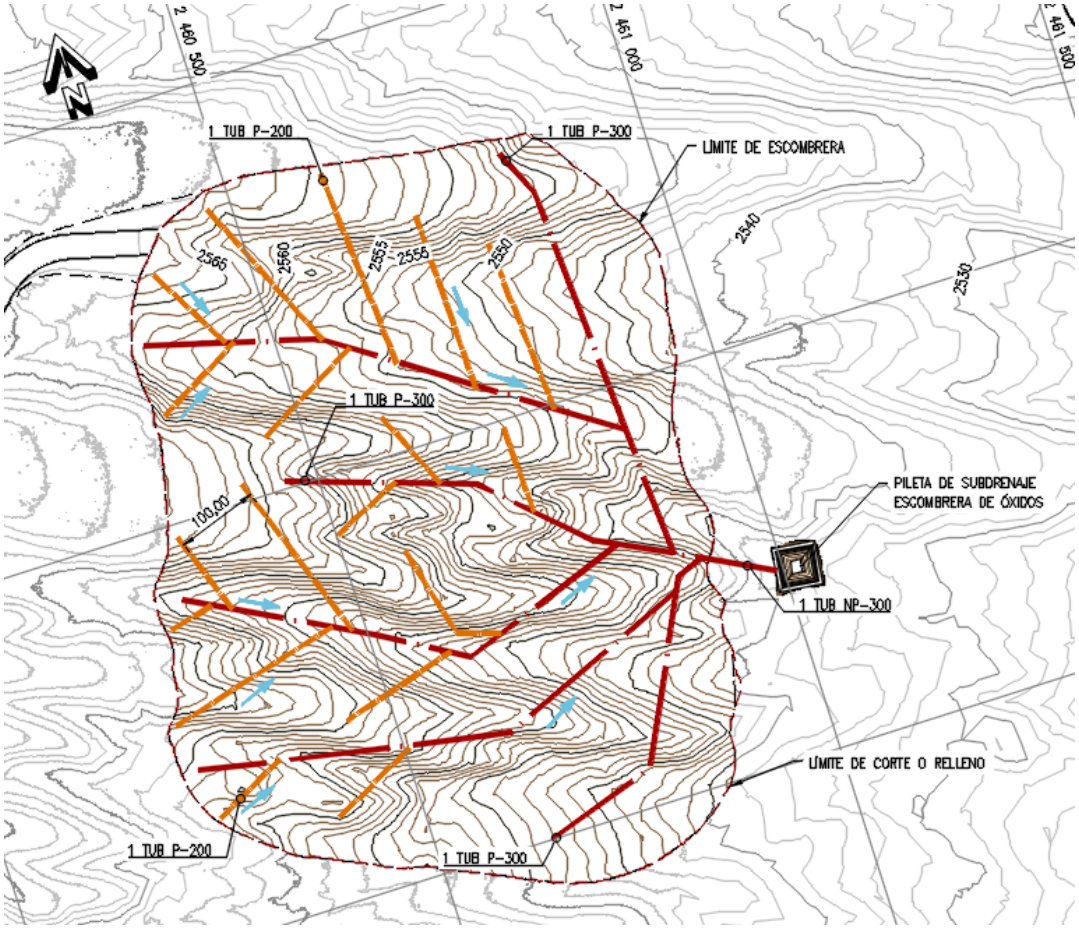
Figura 4.14
Sección típica berma perimetral sin canal – Escombrera de óxidos



Fuente:
Elaboración propia.

El sistema de subdrenaje se ha diseñado como una red de tuberías perforadas de pared doble de HDPE de 200 y 300 mm de diámetro. Este sistema conduce los flujos hacia una pileta de subdrenaje, dispuesta fuera de la huella de la escombrera (Figura 4.15).

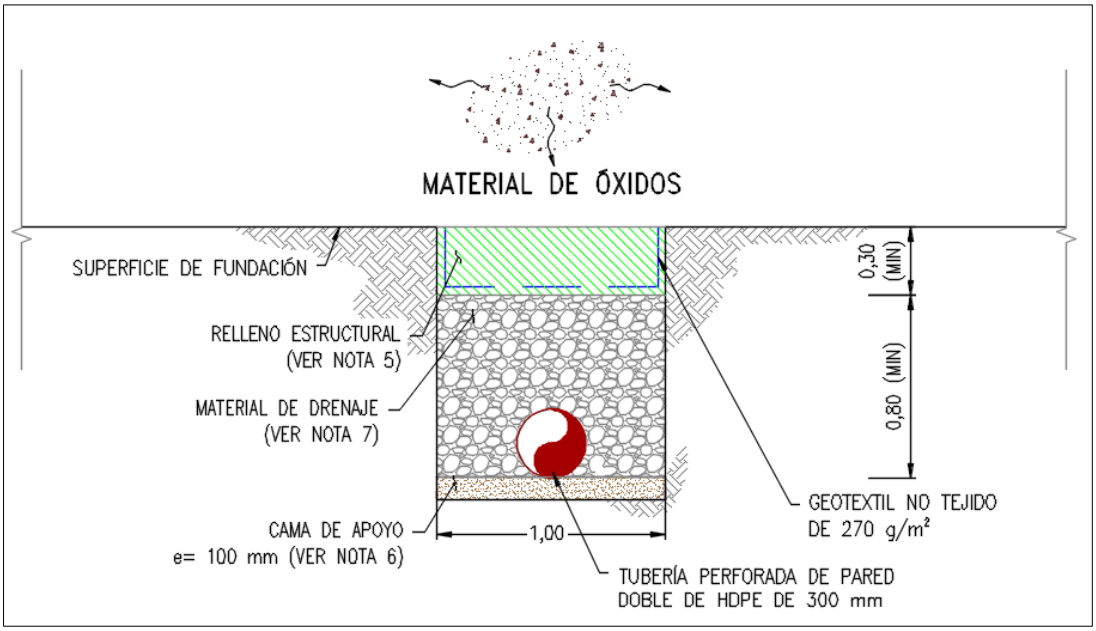
Figura 4.15
Sistema de subdrenaje – Escombrera de óxidos



Fuente:
Elaboración propia.

Las tuberías se han dispuesto en zanjas excavadas y rellenadas con material de drenaje (Figura 4.16)

Figura 4.16
Zanja de subdrenaje – Escombrera de óxidos



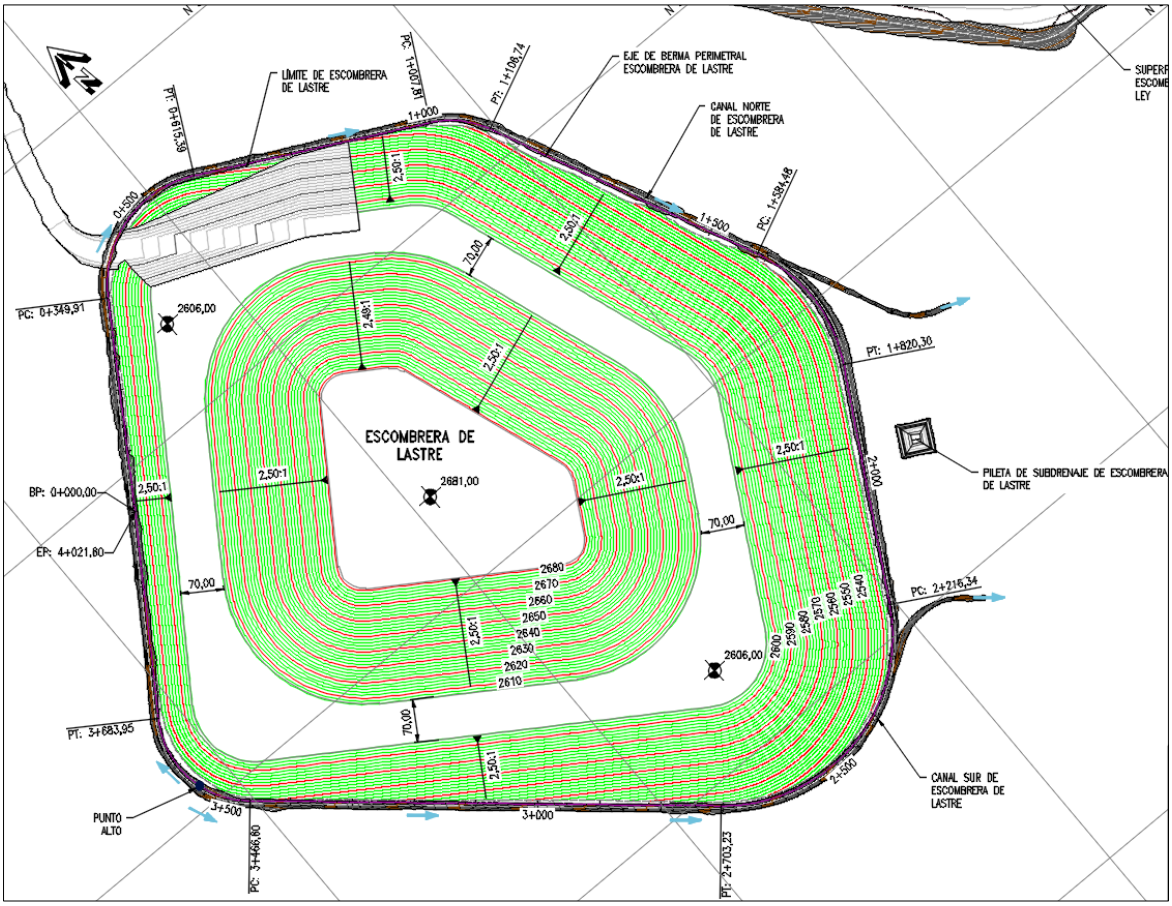
Fuente:
Elaboración propia.

4.1.2.3 *Escombrera de lastre*

Se ha proyectado una escombrera para el acopio de material de lastre (estériles) con una capacidad de 150,25 Mt implantada en un área de 114,86 ha, con un peso unitario de material de 2,30 t/m^3. Esta capacidad supera los 145,3 Mt estimados como material a derivar a escombrera, según los requerimientos y estudios anteriores realizados.

La máxima altura de acopio es de 133,55 m, dividida en dos pilas (en ningún caso superando los 80 metros máximos por pila), llegando a una cota máxima de 2681 msnm. Los taludes tienen una pendiente de 2,5H:1V (Figura 4.17).

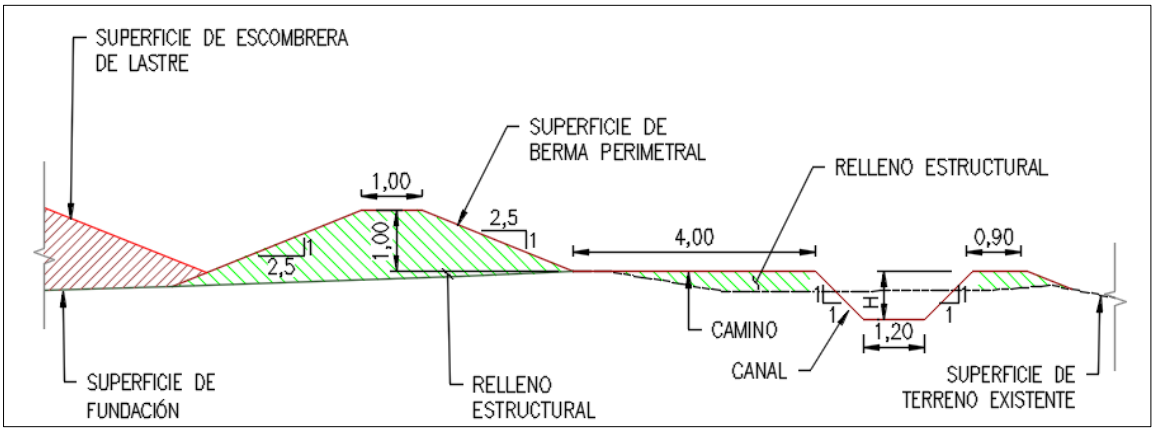
Figura 4.17
Escombrera de lastre



Fuente:
Elaboración propia.

Alrededor de la escombrera se ha proyectado una berma perimetral, cuya sección típica incluye un camino y canal de protección para las aguas superficiales (Figura 4.18).

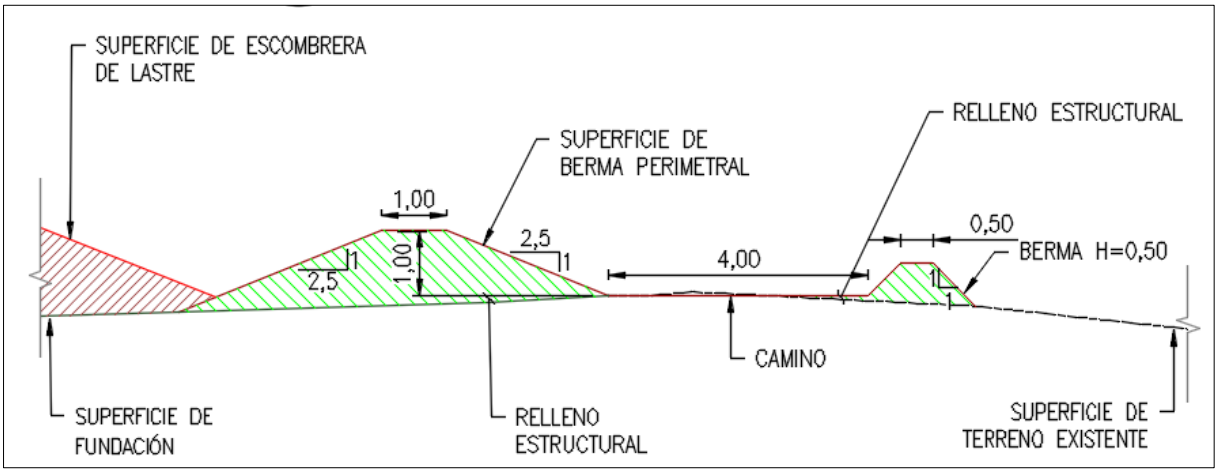
Figura 4.18
Sección típica berma perimetral con canal – Escombrera de lastre



Fuente:
Elaboración propia.

Aguas debajo de la escombrera, el canal de protección descarga en los cauces del terreno existente, por lo que la sección típica de la berma, en este sector, únicamente contiene el camino y no el canal mencionado (Figura 4.19).

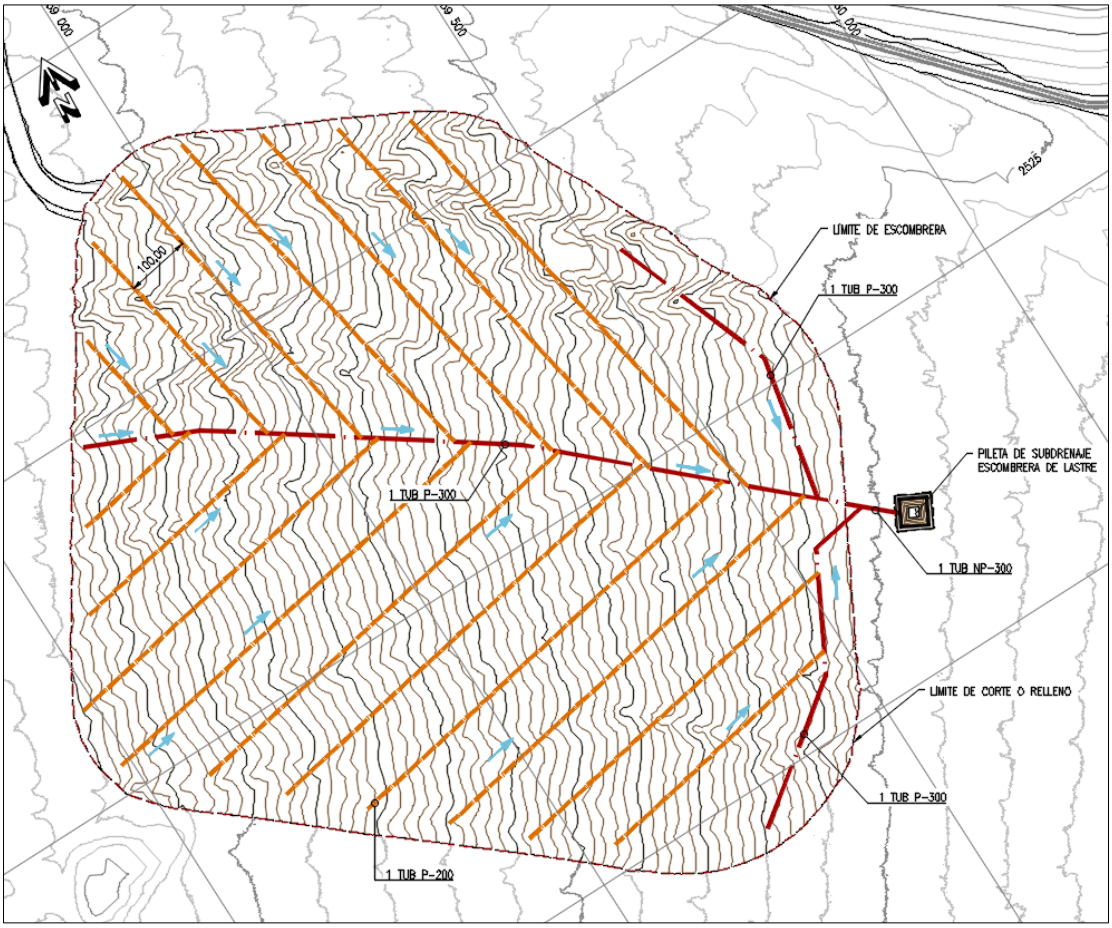
Figura 4.19
Sección típica berma perimetral sin canal – Escombrera de lastre



Fuente:
Elaboración propia.

El sistema de subdrenaje se ha planteado a través de tuberías perforadas de pared doble de HDPE de 200 y 300 mm de diámetro. Este sistema conduce los fluidos hacia una pileta de subdrenaje, dispuesta fuera de la huella de la escombrera (Figura 4.20).

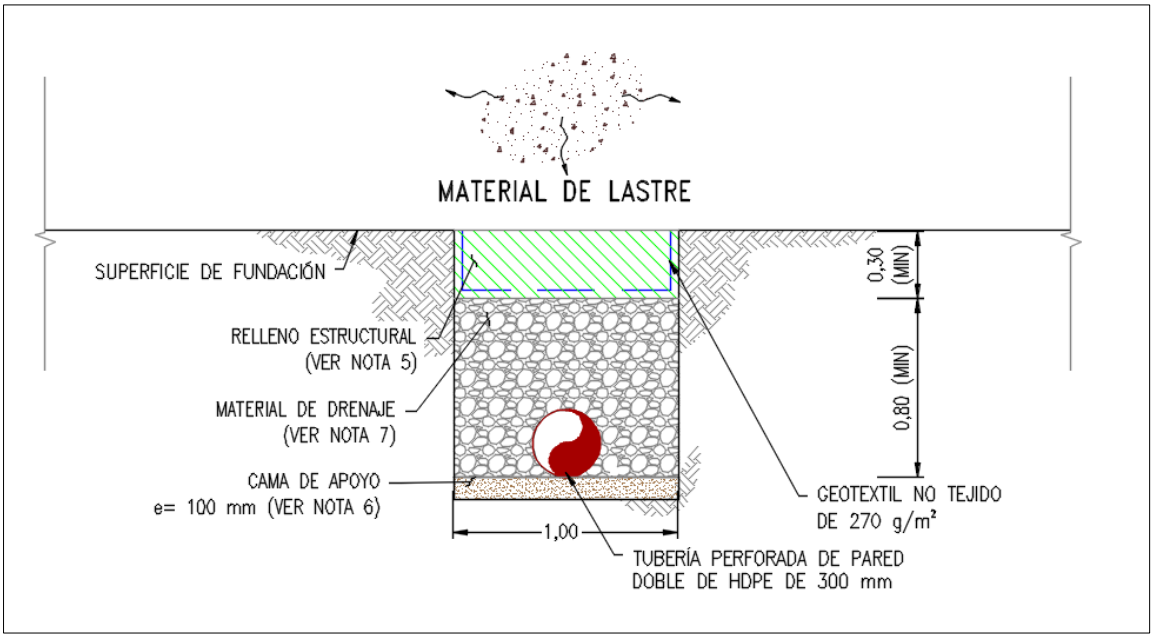
Figura 4.20
Sistema de subdrenaje – Escombrera de lastre



Fuente:
Elaboración propia.

Las tuberías se han dispuesto en zanjas excavadas y rellenadas con material de drenaje (Figura 4.21).

Figura 4.21
Zanja de subdrenaje – Escombrera de lastre



Fuente:
Elaboración propia.

4.2 *Caminos*

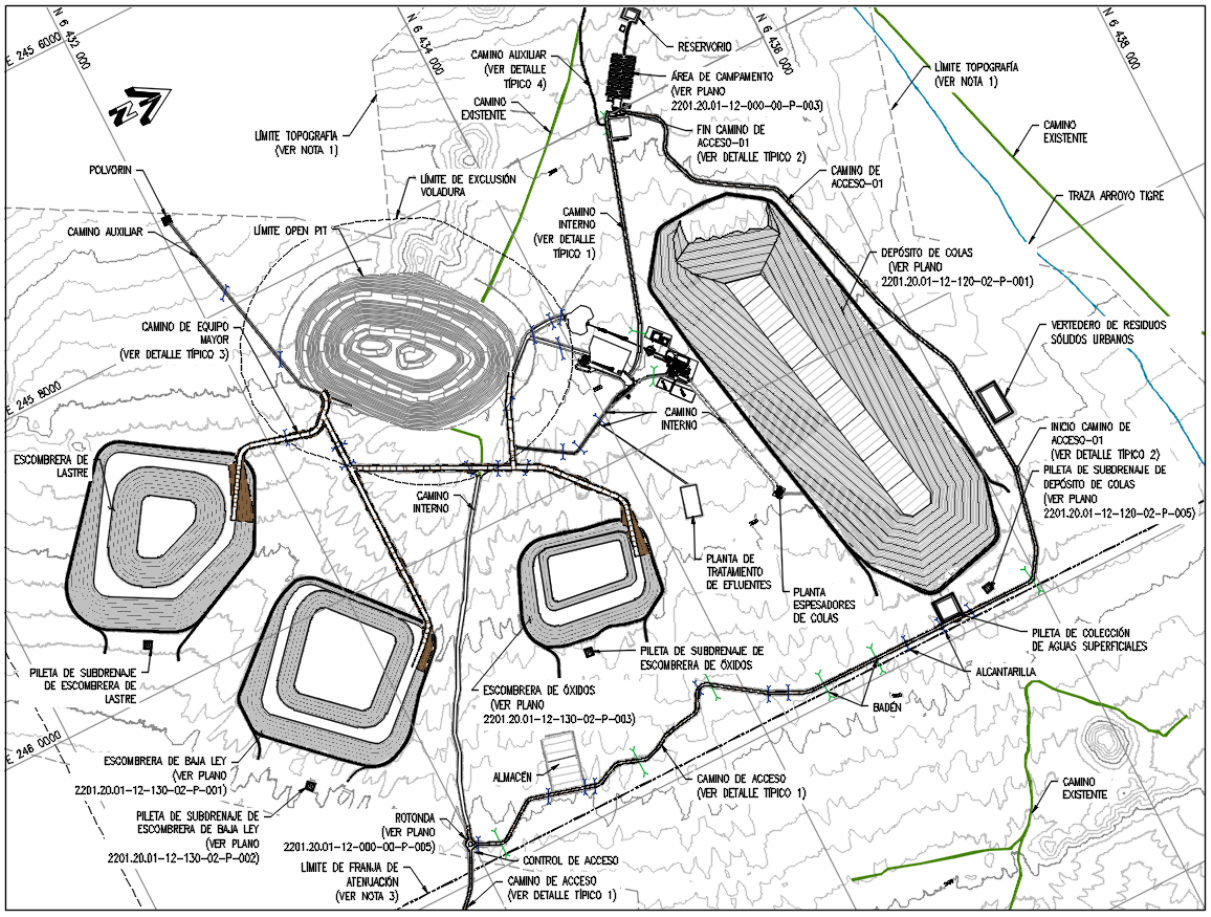
Se han proyectado cuatro tipos de caminos de acuerdo a su función (ver Figura 4.22 y Figura 4.23). Los mismos se pueden apreciar en el plano 2201.20.01-12-000-00-P-004.

- Camino de acceso
- Caminos internos
- Caminos auxiliares
- Caminos de equipo mayor

En los siguientes planos de pueden observar detalles de las obras proyectadas:

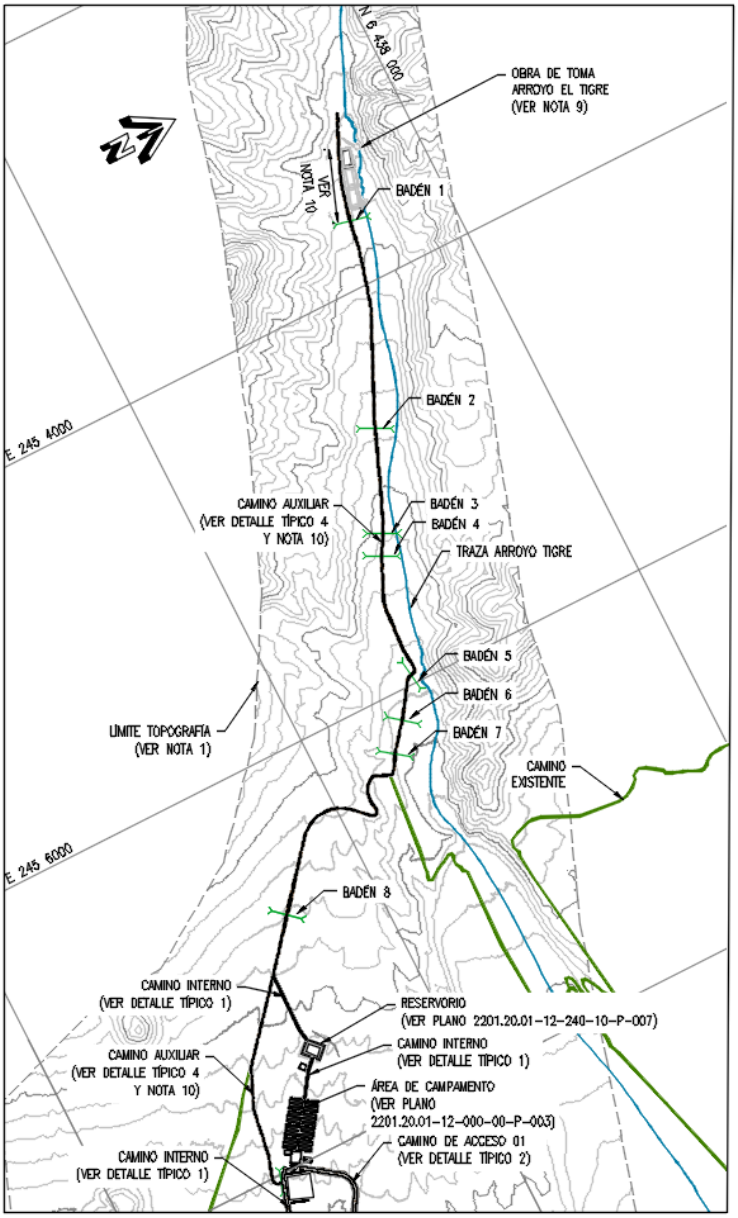
- 2201.20.01-12-000-00-P-003 Layout general de Campamento - Planta y sección
- 2201.20.01-12-000-00-P-004 Layout general de Caminos - Planta y sección
- 2201.20.01-12-000-00-P-005 Rotonda y dársena

Figura 4.22
Caminos proyectados



Fuente:
Elaboración propia.

Figura 4.23
Caminos proyectados



Fuente:
Elaboración propia.

Además de estos caminos se encuentran los caminos perimetrales al depósito y a las escombreras, ya presentados anteriormente en las secciones típicas de las bermas perimetrales correspondientes.

También se han proyectado dos intersecciones, en un nivel de ingeniería de prefactibilidad:

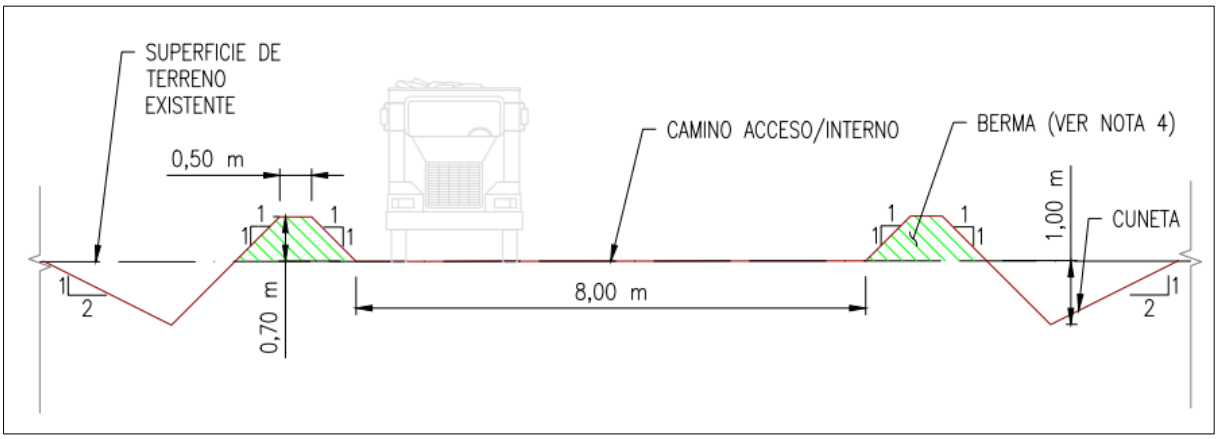
- Dársena de ingreso
- Rotonda

4.2.1 Camino de acceso

El camino de acceso es el camino de ingreso que comienza en la intersección con la Ruta Nacional 149 (dársena de ingreso) y que rodea perimetralmente las obras y culmina en el área del campamento (ver Figura 4.24). Tiene un ancho de rodadura de 8 metros, y por el mismo pueden circular vehículos y camiones livianos.

La sección típica puede observarse en la Figura 4.24 (esta sección también corresponde a la de los caminos internos).

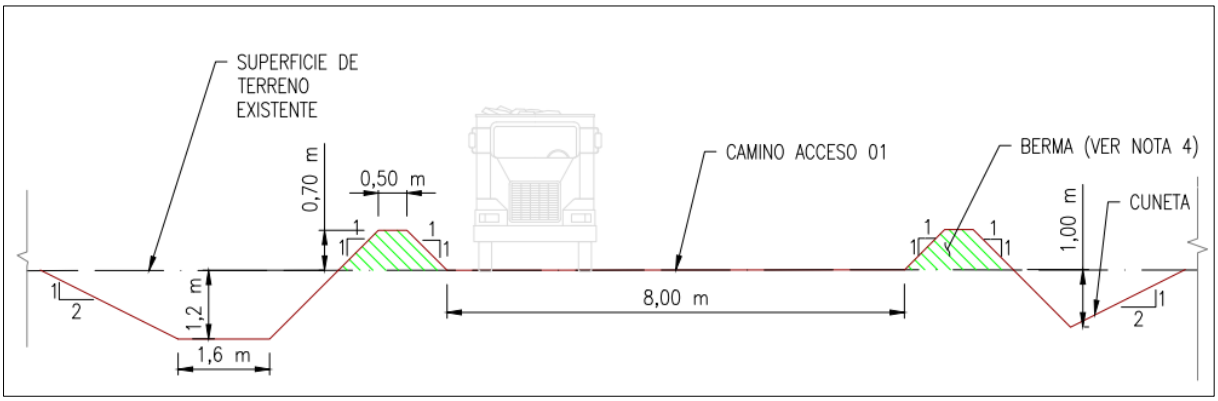
Figura 4.24
Sección típica camino de acceso



Fuente:
Elaboración propia.

Este tipo de camino presenta una particularidad en el tramo de la traza que se encuentra entre el vertedero de residuos sólidos y el campamento, y es que una de sus cunetas se transforma en canal trapezoidal (margen norte). A este sub-tipo de camino se le ha llamado “Camino de acceso 01” y presenta la siguiente sección típica (Figura 4.25).

Figura 4.25
Sección típica camino de acceso 01



Fuente:
Elaboración propia.

4.2.2 Caminos internos

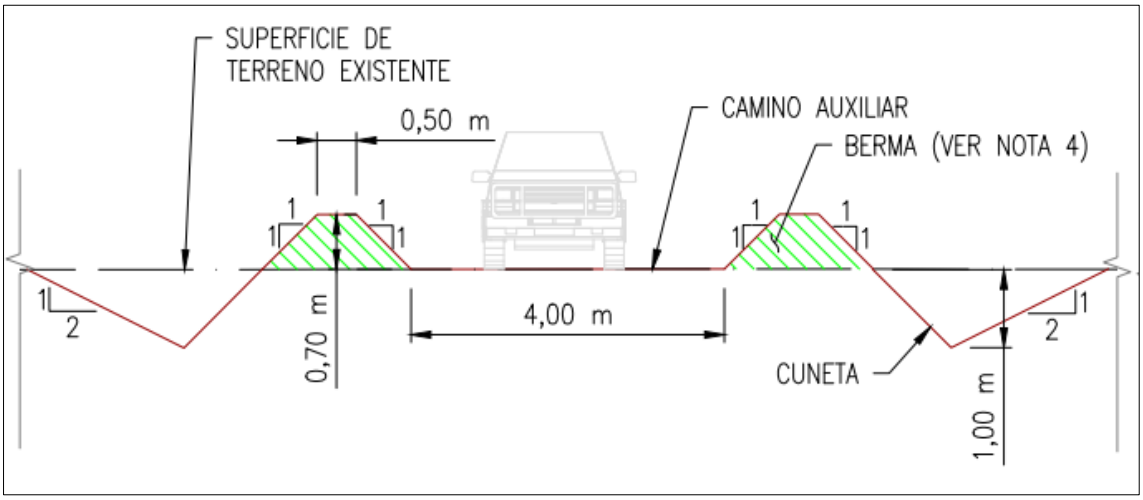
Los caminos internos son los que vinculan las distintas instalaciones entre sí; como, por ejemplo, el área de campamento con la planta de procesos, los caminos internos de la planta de procesos, la planta de procesos con la planta de tratamiento de efluentes, y otros (ver planos correspondientes). Tienen ancho de rodadura 8 metros y por los mismos pueden circular vehículos y camiones livianos. La sección típica es la misma que la de los caminos de acceso.

4.2.3 Caminos auxiliares

Se han proyectado dos caminos auxiliares; uno que va desde el área de campamento hacia el Oeste hasta la obra de toma, y otro que va desde el *Open Pit* hasta el polvorín proyectado. Por el mismo pueden circular solamente vehículos livianos.

Presenta un ancho de rodadura de 4 metros. La sección típica puede observarse en la Figura 4.26.

Figura 4.26
Sección típica Caminos auxiliares



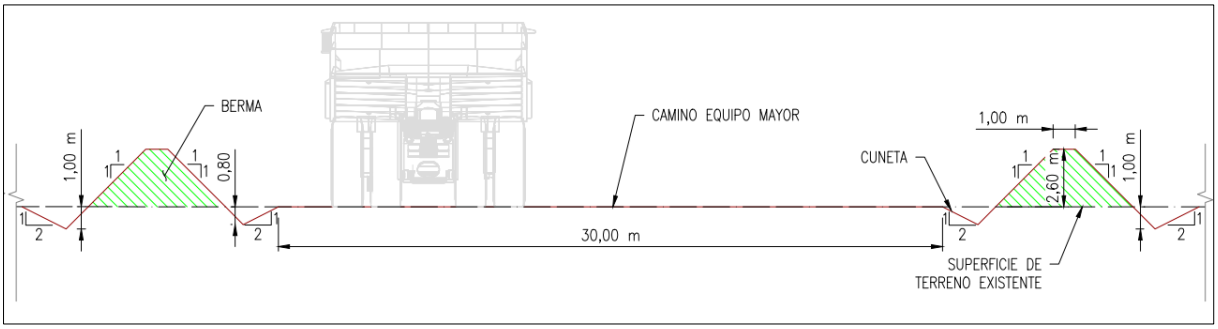
Fuente:
Elaboración propia.

En un tramo del camino, que abarca desde la obra de toma hacia aguas abajo hasta la ubicación del primer badén, se modifica la sección de la cuneta a trapezoidal en el margen Oeste (ver planos correspondientes).

4.2.4 Caminos de equipo mayor

Los caminos de equipo mayor proyectados son aquéllos que vinculan el área de extracción (*Open Pit*) con las escombreras. Estos caminos están diseñados para la circulación de los equipos pesados mineros (aunque, con normas de seguridad, también podrían circular los vehículos y camiones livianos), por lo que tienen un ancho de rodadura de 30 metros y bermas más altas. La sección típica se observa en la Figura 4.27.

Figura 4.27
Sección típica caminos de equipo mayor

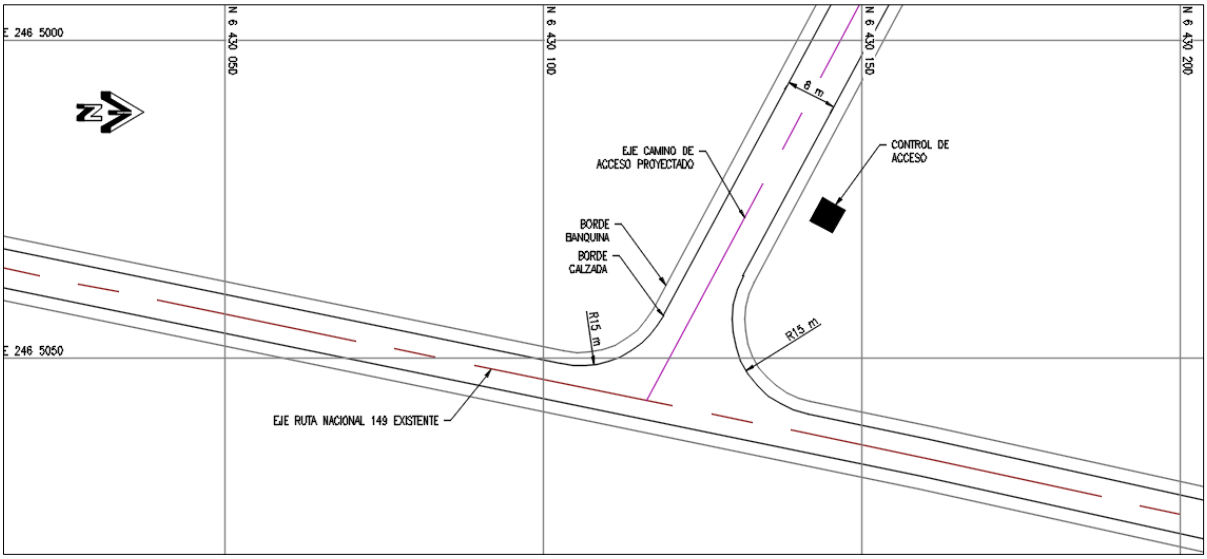


Fuente:
Elaboración propia.

4.2.5 Dársena de ingreso

Para el ingreso al proyecto se ha considerado realizar una dársena de ingreso desde la Ruta Nacional 149 existente. Para este nivel de ingeniería se ha proyectado una dársena tipo “1a” según las normas de diseño geométrico de la Dirección Nacional de Vialidad. La planta puede observarse en la Figura 4.28 y en plano 2201.20.01-12-000-00-P-005.

Figura 4.28
Dársena de ingreso

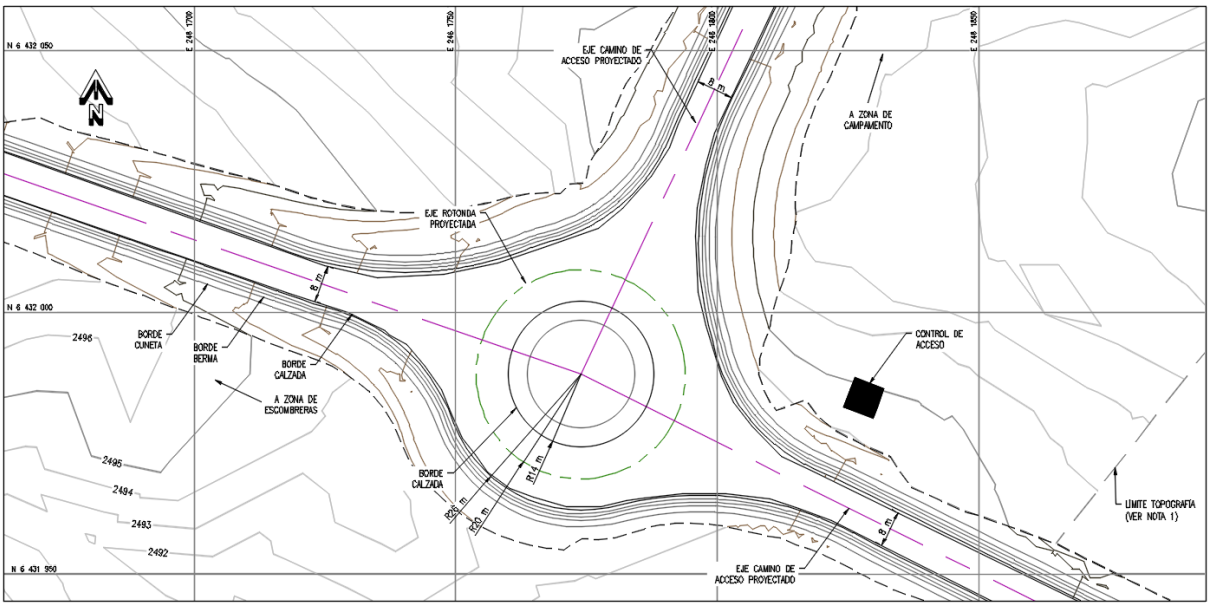


Fuente:
Elaboración propia.

4.2.6 Rotonda

Se ha proyectado una rotonda en la traza del camino de acceso. La misma permite continuar por el camino de acceso perimetral que se dirige al campamento o bien continuar por camino interno hacia la zona de escombreras. La planta se puede observar en la Figura 4.29 y plano 2201.20.01-12-000-00-P-005.

Figura 4.29
Rotonda



Fuente:
Elaboración propia.

5.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

En el documento 2201.20.01-12-330-21-ITE-001_R2 Informe geotécnico, se pueden observar las evaluaciones geotécnicas desarrolladas para la presente prefactibilidad.

El análisis de estabilidad de taludes se ha realizado por el método de Spencer (1967), que es un método de equilibrio límite bidimensional, el que consiste en dividir el talud arriba de cualquier superficie potencial de deslizamiento en varias dovelas verticales paralelas, para luego analizar las fuerzas y momentos de cada dovela separadamente, determinando, mediante la relación entre las fuerzas estabilizantes y deslizantes, el factor de seguridad. Para llevar a cabo los análisis de estabilidad de taludes se utiliza el software Slide® desarrollado por la empresa RocScience.

Este método, al igual que el método GLE/Morgenstern-Price tiene en cuenta la no homogeneidad de los estratos de suelos y la presión del agua de poros; así como también toma en cuenta el esfuerzo normal a lo largo de la superficie potencial de falla.

En este estudio se ha considerado solo superficies de falla circulares. Además, durante la campaña geotécnica, se constató que no existen estratos débiles por debajo del nivel de fundación de los terraplenes de cierre, o bien, la presencia de taludes demasiado verticales que requieran analizar superficies de falla planas o poligonales.

Todas las secciones analizadas cumplen con los estándares mínimos de seguridad adoptados para la verificación. Los factores de seguridad obtenidos en las secciones analizadas del depósito de colas, escombrera de óxidos, escombrera de baja ley (sulfuros) y escombrera de

estériles, tanto para condiciones estáticas como para pseudo estáticas, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5.1
Análisis de estabilidad – Factores de seguridad obtenidos

Depósito	Sección	Condición	FS obtenido	FS min
Depósito de colas	A	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,2	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,0	1,0
	B	Estático	2,4	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,2	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,0	1,0
Escombrera de óxidos	C	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
	D	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
Escombrera de baja ley (Sulfuros)	E	Estático	2,2	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
	F	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
Escombrera de estériles	G	Estático	2,0	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,3	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,1	1,0
	H	Estático	2,0	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,3	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,1	1,0

6.0 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS

6.1 *Aprovechamiento del Arroyo El Tigre*

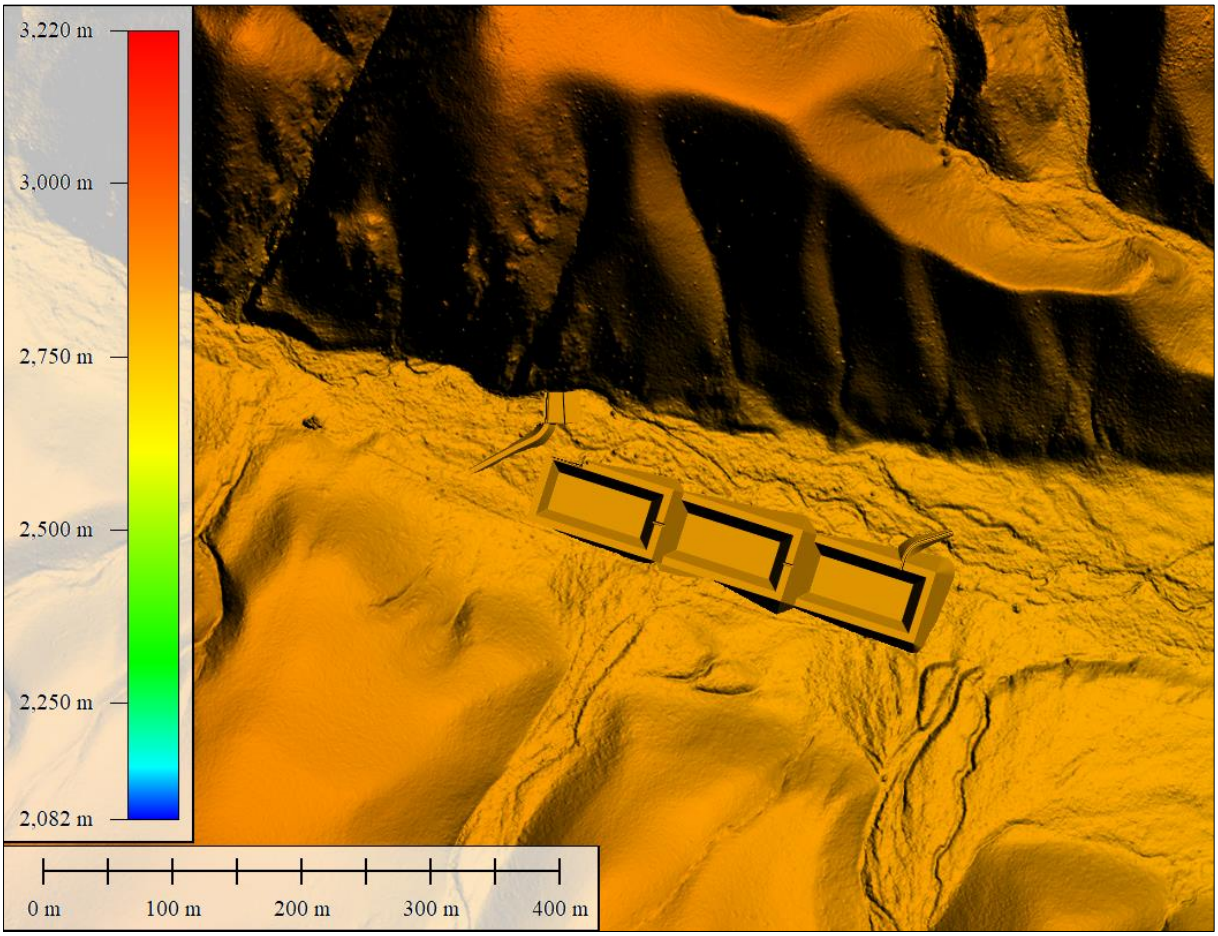
Con el fin de obtener el caudal de proyecto de 141l/s del arroyo El Tigre, se prevé la construcción de un azud tipo toma Tirolesa o toma parrilla que deriva el escurrimiento captado con una tubería de ϕ 400 mm hasta el desarenador. Esta última estructura, además de posibilitar la sedimentación del material que pasa a través de la rejilla, en su extremo posee

dos vertederos laterales que regulan el ingreso a reservorio y la erogación del caudal excedente al cauce natural.

Se prevé una regulación con una serie de reservorios para 4 días y con un volumen de regulación de 50 000 m^3.

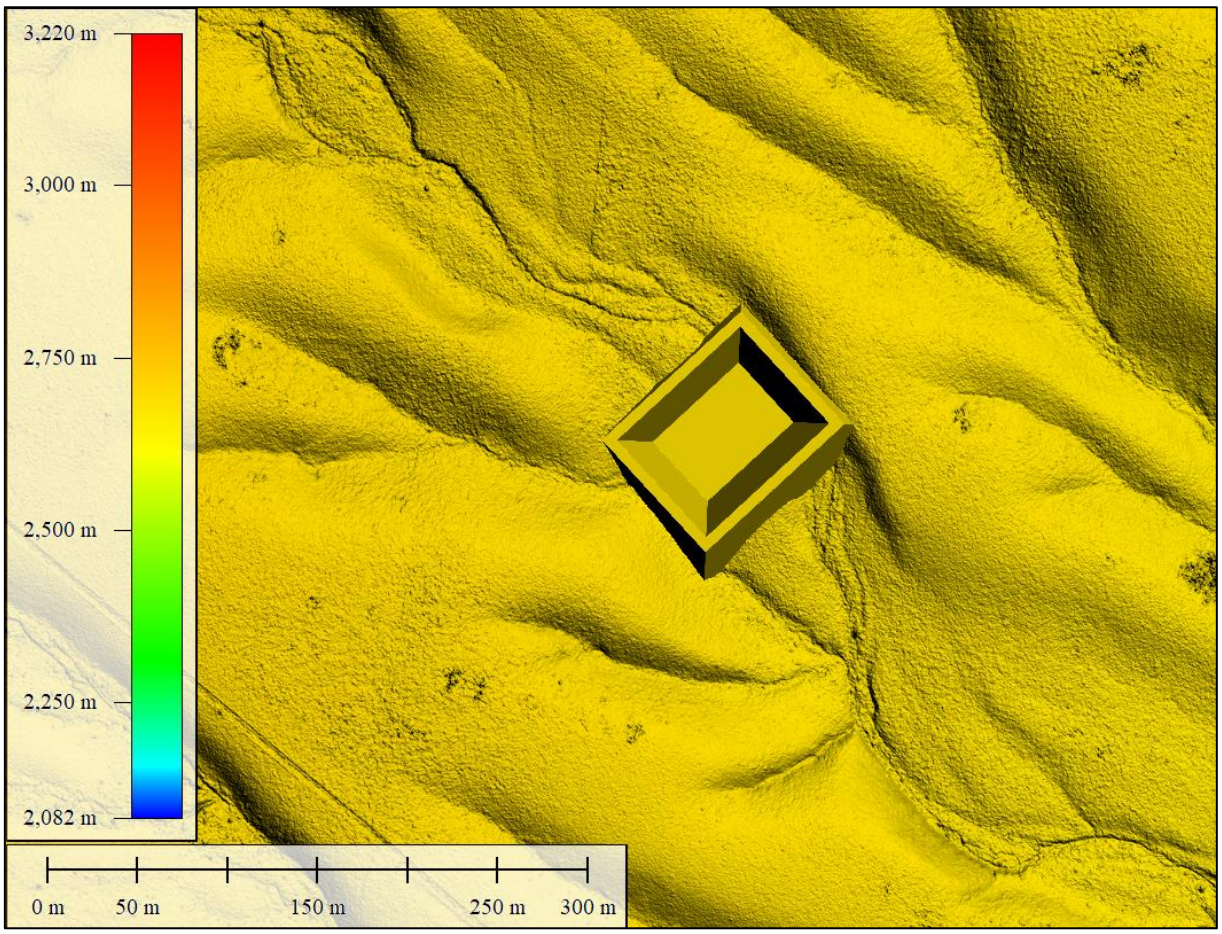
El suministro de agua hacia la zona de campamento y la planta de proceso, se realiza mediante dos acueductos de tubería sólida de HDPE de ϕ 300 mm tipo K10.

Figura 6.1
Reservorios en serie



Fuente:
Elaboración propia.

Figura 6.2
Reservorio: zona de campamento y planta de procesos



Fuente:
Elaboración propia.

Las obras proyectadas se pueden observar en los siguientes planos:

- 2201.20.01-12-240-10-P-002 Obras de toma, Conducción - planta y corte
- 2201.20.01-12-240-10-P-003 Obras de toma, Reservorio - corte y detalles
- 2201.20.01-12-240-10-P-005 Acueducto - Planta y perfil
- 2201.20.01-12-240-10-P-006 Obra de toma, obras complementarias - Planta y perfil
- 2201.20.01-12-240-10-P-007 Reservorio - Planta y perfil

En el informe técnico 2201.20.01-12-240-10-ITE-001 Aprovechamiento A° El Tigre, se detallan las obras mencionadas, metodologías de diseño y los resultados obtenidos. En un nivel de ingeniería superior se deberá definir los elementos de control y regulación del sistema presurizado.

6.2 *Análisis de rotura de presa*

El informe 2201.20.01-12-230-10-ITE-001 Estudio de rotura de presa y clasificación, presenta los resultados del análisis de rotura de presa.

Esta evaluación contempla escenarios en los que podría ocurrir la rotura hipotética del apilamiento y evalúa las posibles consecuencias de dichos escenarios. Se tiene en cuenta la afectación sobre personas, infraestructura y daños ambientales y en función de la información obtenida se clasifica a la presa de acuerdo a los estándares de la Canadian Dam Association.

Como resultado del análisis, se obtuvo que el apilamiento, debido a sus características geométricas y los parámetros correspondientes al material apilado, no se desplazarían más allá de los límites del depósito, por lo que no se observan daños potenciales a personas, infraestructura y ambiente circundante. De acuerdo a la CDA, el depósito de colas se clasifica como “Bajo” y en función de esta clasificación se establece que deberán aplicarse períodos de recurrencia de 100 años para el diseño de las obras de manejo de escorrentía superficial y análisis de riesgo sísmico.

Este estudio se llevó a cabo en base a la información disponible al momento de su elaboración. Los parámetros utilizados en la modelación deberán ser ajustados en una etapa de ingeniería superior para verificar los resultados obtenidos en el informe mencionado.

6.3 *Estación de aforo existente A° El Tigre*

Con el objetivo de contar con información respecto de los caudales se ha realizado un relevamiento del aforador existente sobre el A° El Tigre, que actualmente se encuentra fuera de servicio y se ha diseñado la reconstrucción del mismo. Su diseño se puede apreciar en documento 2201.20.01-12-240-10-ITE-001 y en el plano 2201.20.01-12-240-10-P-004.

6.4 *Manejo de escorrentía superficial*

Las obras de manejo de escorrentía superficial se dimensionaron para que sean capaces de conducir los caudales resultantes de la aplicación de una precipitación de 100 años de recurrencia. Los caudales de diseño para las obras fueron tomados del informe 2201.20.01-12-210-09-ITE-001_R0 Estudio hidrológico superficial.

6.4.1 Canales perimetrales depósito y escombreras

En otra etapa de ingeniería se deberán analizar los fenómenos erosivos que se pudieran generar en el lecho del cauce de los puntos de descarga con el fin de planificar obras para mitigarlos. Ver plano 2201.20.01-12-240-10-P-001.

6.4.2 Canales en caminos

Se plantea la construcción de los canales con el objetivo de canalizar los escurrimientos hasta los puntos de desagüe para que luego retornen a un cauce natural, favoreciendo la circulación por las diferentes vías de acceso.

En el plano 2201.20.01-12-240-10-P-001 se encuentran identificados los canales.

6.4.3 Alcantarillas y badenes

Se consideró la colocación de alcantarillas y badenes en aquellas zonas donde el camino cruce de manera transversal a los cauces, con el fin de evitar la interrupción de los escurrimientos y del tránsito de los vehículos.

En el plano 2201.20.01-12-000-00-P-004 y plano 2201.20.01-12-240-10-P-002 se presentan las ubicaciones en planta de cada alcantarilla y badén.

6.4.4 Canales de desvío

La ejecución de los canales de desvío se analiza con el propósito de proteger aquellas obras que se encuentran posicionadas sobre o cercanas a cauces principales de cuencas, considerando los efectos negativos que podrían causar en las instalaciones.

Los canales de desvío se presentan en el plano 2201.20.01-12-240-10-P-001.

Se hace mención que en una ingeniería superior se deberá analizar en que zonas será necesaria la ejecución de revestimiento u otro tipo de obras para mitigar el efecto de fenómenos erosivos.

7.0 CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo el diseño de la infraestructura que forma parte del proyecto San Jorge. Dichas estructuras comprenden el depósito de colas, escombreras de óxidos, baja ley y lastre.

El diseño del depósito de colas como de escombreras no prevé un revestimiento o impermeabilización en el fondo, en función de los criterios de diseño 2201.20.01-12-110-02-CD-001, los cuales fueron propuestos por PSJ y de los resultados obtenidos documento “Análisis de no afectación del recurso hídrico-Proyecto San Jorge” (SRK Consulting -2010) del cual en su capítulo de Conclusiones del Modelo y Conclusiones y Recomendaciones, se observa, que no hay posibilidades físicas de afectación del recurso hídrico por la deposición de colas espesadas y aun menos de las escombreras.

Se ha contemplado un sistema de subdrenaje conformado por tuberías perforadas de pared doble de HDPE con el objetivo de seguridad y monitoreo, captando de existir, los flujos provenientes desde aguas arriba del depósito y conducirlos hacia piletas de subdrenaje ubicadas fuera de los límites de cada estructura.

Adicionalmente, el depósito y cada una de las escombreras, contarán con canales perimetrales que captarán los flujos no contactados resultantes de la ocurrencia de precipitaciones en las cuencas ubicadas aguas arriba de los mismos y los conducirán hacia aguas abajo hasta descargar en cauces naturales. Dichos canales evitan el ingreso de los flujos a las instalaciones y garantizan el correcto funcionamiento de las mismas ante la ocurrencia de precipitaciones.

Se han diseñado además los caminos de acceso, caminos auxiliares y caminos para el tránsito de equipo mayor considerando en cada caso las dimensiones requeridas en función de los vehículos que circularán en cada uno de ellos. Se diseñó además una rotonda y dársena de

acceso, para el empalme a la Ruta Nacional N° 149. Las secciones de dichos caminos contemplan bermas y canales para la derivación de escurrimientos pluviales.

El área se caracteriza por la presencia de numerosos cauces de carácter aluvional, por lo que, en las intersecciones de los caminos con dichos cauces, se ha contemplado la ejecución de badenes y alcantarillas de acuerdo a las características de cada cruce y los resultados del análisis hidrológico.

En todos los casos, las obras hidráulicas se diseñaron para tener una capacidad hidráulica para conducir los flujos resultantes de la ocurrencia de un evento de 100 años de recurrencia.

Como parte del diseño del depósito de colas y escombreras, se procedió a la verificación de la estabilidad de los mismos aplicando un sismo de diseño en base a la información disponible. Los factores obtenidos para todos los escenarios considerados superan a los factores de seguridad mínimos requeridos.

Es importante destacar que se ha desarrollado una ingeniería a nivel de prefactibilidad y se han asumido parámetros para llevar a cabo dicho diseño. Los parámetros geotécnicos de las colas y materiales a apilar en las diferentes escombreras deberán ser verificados mediante la ejecución de ensayos pertinentes en un nivel de ingeniería superior. Se ha planteado para la construcción, operación y mantenimiento del proyecto una de toma de agua tipo Tirolesa desde el arroyo El Tigre con un caudal de 141 l/s, desde esta toma se conduce a reservorios de regulación y parte del escurrimiento se conducirá a una planta de tratamiento de agua potable para consumo personal. A otro nivel de ingeniería se deberán dimensionar las estructuras hidráulicas.

Anddes Argentina SA
info.argentina@anddes.com
www.anddes.com
Vicente Gil 330
Mendoza, Argentina
T +54 261 696 3989

Ingeniería de Prefactibilidad

Proyecto San Jorge

Informe geotécnico

2201.20.01-12-330-21-ITE-001

Revisión 3

Octubre 2024



Preparado para:

Proyecto San Jorge

Rev.	Fecha	Descripción	Elaborado por	Revisado por	Aprobado por	Firma del aprobador	Gerente de proyecto
2	29-12-23	Documento final	M. Leon	E. Alvarez	M. Toledo		M. Corvalán
3	03-10-24	Documento final	M. Leon	E. Alvarez	M. Toledo		M. Corvalán

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

CUELLO BORIOLO Mario Alberto

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN 4

2.0 TRABAJOS REALIZADOS 4
2.1 Campaña geotécnica 4
2.2 En laboratorio 6

3.0 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS 8
3.1 Calicata 01 8
3.2 Calicata 02 9
3.3 Calicata 03 11
3.4 Calicata 04 12
3.5 Calicata 05 14
3.6 Calicata 06 15
3.7 Calicata 07 17
3.8 Calicata 08 19
3.9 Calicata 09 21
3.10 Calicata 10 22
3.11 Calicata 11 24
3.12 Calicata 12 26
3.13 Calicata 13 28
3.14 Calicata 14 29
3.15 Calicata 15 31
3.16 Calicata 16 32
3.17 Calicata 17 34
3.18 Calicata 18 36
3.19 Calicata 19 37
3.20 Calicata 20 39

4.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES 41
4.1 Diseño de depósito de colas y escombreras 41
4.2 Modelos geotécnicos 41
4.3 Criterios geotécnicos 46
4.4 Criterios sísmicos 48
4.5 Criterios de análisis 48
4.6 Resultados obtenidos 49

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 51

Figuras

Figura 2.1 Ubicación de calicatas realizadas 5
Figura 4.1 Ubicación de secciones del Depósito de Colas para análisis de estabilidad 42
Figura 4.2 Ubicación de secciones del Depósito de Óxidos, Depósito de Baja Ley y Depósito de Estériles para análisis de estabilidad 43
Figura 4.3 Sección A – Depósito de Colas 44
Figura 4.4 Sección B – Depósito de Colas 44
Figura 4.5 Sección C – Depósito de Óxidos 44
Figura 4.6 Sección D – Depósito de Óxidos 45
Figura 4.7 Sección E – Depósito de Baja Ley (Sulfuros) 45
Figura 4.8 Sección F – Depósito de Baja Ley (Sulfuros) 45

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Figura 4.9 Sección G – Depósito de Estériles 45
Figura 4.10 Sección H – Depósito de Estériles 46

Tablas

Tabla 2.1 Personal de Anddes encargado de la campaña geotécnica 5
Tabla 2.2 Coordenadas de calicatas 6
Tabla 2.3 Ensayos previstos y realizados 7
Tabla 4.1 Parámetros geotécnicos adoptados 47
Tabla 4.2 Criterio de análisis – Factores de seguridad mínimos recomendados 49
Tabla 4.3 Análisis de Estabilidad – Factores de seguridad obtenidos 50

Anexos

Anexo A – 2201.20.01-12-310-21-P-001 Investigaciones geotécnicas - Ubicación de Calicatas
Anexo B – Ensayos de Laboratorio
Anexo C – Analisis de Estabilidad

1.0 INTRODUCCIÓN

Como parte del plan de Ingeniería de Prefactibilidad del Proyecto Minero San Jorge, Anddes Argentina S.A. (en adelante Anddes) se encargó de la realización de los estudios geotécnicos necesarios para la ejecución de la ingeniería.

En este sentido se planificó una campaña geotécnica de reconocimiento, la extracción de muestras para la realización de los ensayos correspondientes, seguidamente con sus resultados y de los estudios de los antecedentes disponibles se realizarán los distintos análisis y verificaciones de modelos geotécnicos.

En el presente documento se presenta el resumen de la campaña geotécnica realizada entre el 26/10/2022 y 28/10/2022; y en los anexos, los ensayos de laboratorio realizados, el análisis de estabilidad preliminar con datos de ingenierías anteriores que permitieron el diseño de depósitos y escombreras expuestos en los planos civiles y las especificaciones técnicas de movimientos de suelos con la información hasta el presente documento.

Como conclusión, con base en las excavaciones de investigación y los ensayos de laboratorio desarrollados, se puede afirmar que los suelos constitutivos del sector de implantación de las obras, se encuentran en un cono aluvional, en el sector de cabecera y media del mismo, con pendientes relativamente fuertes. El sustrato tiene una estratificación marcada que comprenden una clasificación de gravas mal gradadas y arenas, con algunas intercalaciones eventuales de materiales finos limos y arcillas, con nula o muy baja plasticidad. No se detectó presencia de un nivel freático estable, hasta la profundidad investigada de aproximadamente 2,50m, excepto en las calicatas practicadas en las cercanías del arroyo El Tigre. Asimismo, el grado de consistencia fue entre suelto y medianamente consolidado con tamaños que raramente superaban las 3 pulgadas.

En este informe también se presenta el análisis de estabilidad de los componentes depósitos de colas y escombreras.

2.0 TRABAJOS REALIZADOS

2.1 Campaña geotécnica

Anddes realizó la supervisión de la campaña geotécnica realizada los días 26; 27 y 28 de octubre de 2022. Las tareas desarrolladas fueron las siguientes: supervisión de las excavaciones de las calicatas realizadas, inspección visual in situ, descripción de perfiles estratigráficos del suelo y extracción de muestras para ensayos de laboratorio.

Los trabajos realizados estuvieron a cargo del personal que se indica en la Tabla 2.1. Durante la campaña geotécnica estuvo presente en representación del Proyecto San Jorge (en adelante PSJ), Matías Berardini, Licenciado en Geología.

Tabla 2.1
Personal de Anddes encargado de la campaña geotécnica

Nombre y apellido	Profesión / especialidad
Lucio Calace	Jefe de Gestión de Proyectos
Ailén Bustos	Ingeniera Especialista Civil
Emilia Flores	Ingeniera Civil Geotécnica
Franco Cortés	Técnico proyectista

Se efectuaron veinte (20) calicatas, en las que se realizaron las descripciones de los perfiles estratigráficos del suelo y se extrajeron muestras representativas para ser ensayadas en laboratorio. La excavación de las calicatas se realizó con una retroexcavadora John Deere 310J, la que brindó apoyo y asistencia por parte de PSJ. La máxima profundidad de excavación realizada fue de 3,00 m.

De manera simultánea se efectuó el registro fotográfico y la georreferenciación de los puntos intervenidos. La ubicación de las calicatas realizadas se puede observar en la Figura 2.1 y se indican las coordenadas en la

Tabla 2.2.

En el plano 2201.20.01-12-310-21-P-001 se observa en detalle la ubicación de las calicatas.

Figura 2.1
Ubicación de calicatas realizadas

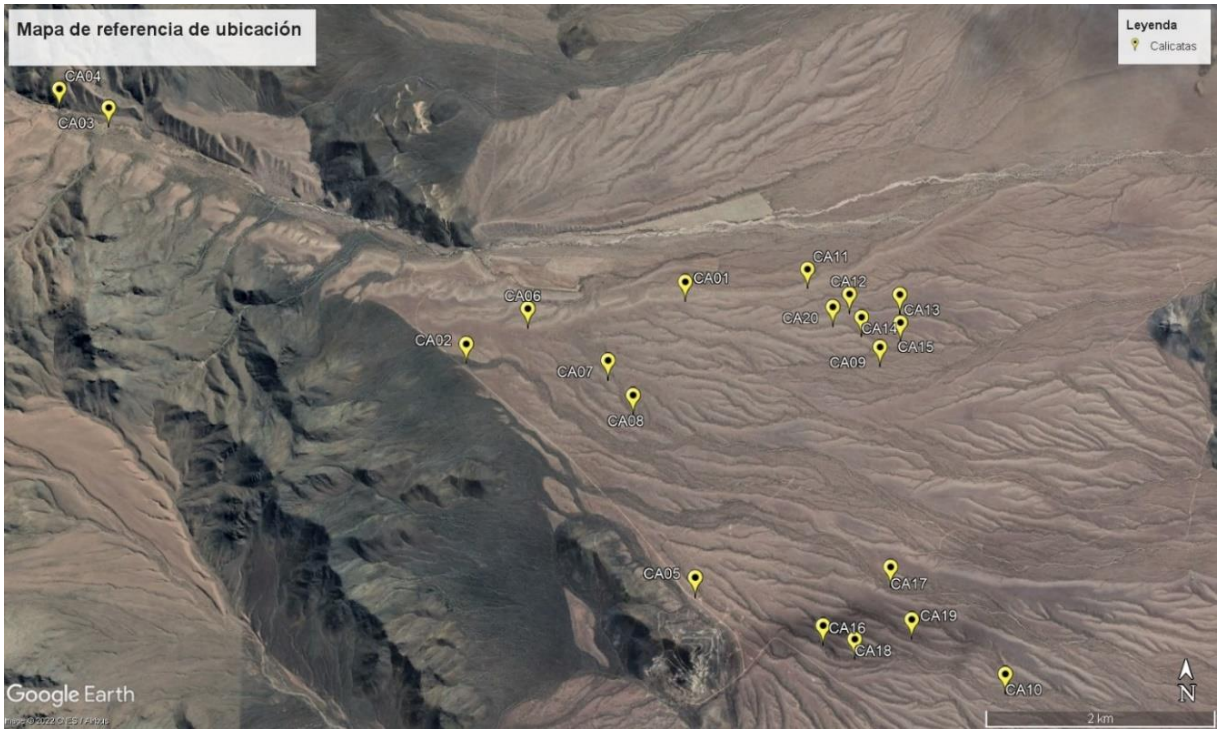


Tabla 2.2
Coordenadas de calicatas

Calicata	*Norte	*Este
Calicata 01	6 436 086	2 458 715
Calicata 02	6 435 524	2 456 832
Calicata 03	6 437 543	2 453 707
Calicata 04	6 437 695	2 453 287
Calicata 05	6 433 560	2 458 804
Calicata 06	6 435 834	2 457 355
Calicata 07	6 435 505	2 458 048
Calicata 08	6 435 209	2 458 266
Calicata 09	6 435 538	2 460 420
Calicata 10	6 432 757	2 461 462
Calicata 11	6 436 121	2 459 760
Calicata 12	6 435 999	2 460 156
Calicata 13	6 436 001	2 460 601
Calicata 14	6 435 907	2 460 261
Calicata 15	6 435 755	2 460 602
Calicata 16	6 433 269	2 459 897
Calicata 17	6 433 762	2 460 485
Calicata 18	6 433 155	2 460 168
Calicata 19	6 433 213	2 460 659
Calicata 20	6 435 995	2 460 009

Nota:
* Sistema de coordenadas proyección Campo Inchauspe, Faja 2, POSGAR 94.

2.2 En laboratorio

Se efectuaron sobre las muestras de suelo obtenidas de las calicatas los siguientes ensayos de laboratorio:

- Granulometría;
- Límites de Atterberg (LL, LP e IP);
- Clasificación de suelos SUCS;
- Humedad natural;

En el Anexo B se informan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

De acuerdo a lo solicitado por Proyecto San Jorge se suspende la ejecución de los ensayos previstos que no han sido ejecutados hasta el momento. Al momento de redacción del presente Informe se han desarrollado los siguientes análisis de laboratorio, de los que fueron previstos.

Tabla 2.3
Ensayos previstos y realizados

Descripción	Cantidad estimada					Descripción
	Baja Permeabilidad	Relleno estructural	Agregados	Enrocado	Dren/Filtro	Realizado
Clasificación SUCS	5	5	10	2	5	Si
Análisis granulométrico por tamizado	5	5	10	2	5	Si
Límite líquido y plástico	5	5			5	Si
Contenido de humedad	5	5			5	Si
Humedad	5	5				Si
Análisis granulométrico por sedimentación	5					No
Gravedad específica relativa de sólidos (Gs)		5	5	5		No
Compactación - Proctor modificado	3	3				No
Permeabilidad - pared rígida (carga constante)		3			5	No
Densidad máxima & mínima	1					No
Permeabilidad - pared flexible	3					No
Triaxial consolidado no drenado (CU)		1				No
Triaxial consolidado no drenado (CU)	1					No
Corte directo a gran escala - geomembrana	1	1				No
Ensayos en muestras de roca						
Carga puntual				5		No

Nota: Se realizaron 39 clasificaciones completas de las 27 previstas originalmente

3.0 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

3.1 Calicata 01

La calicata 01 se realizó el día 27-10-2022. El perfil de suelo observado está conformado por un primer estrato de 0,35m de profundidad de suelo vegetal, con contenido de humedad y de color marrón oscuro. Entre 0,35m y 2,30m de profundidad se observó un estrato de gravas arenosas, de estructura estratificada intercalada con arena y grava, con bajo contenido de humedad y muy poca presencia de bochones o clastos. Las gravas observadas son de forma subredondeada. A partir de los 2,30m de profundidad la retroexcavadora no pudo seguir excavando. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación.



Foto N° 1: Calicata 01



Foto N° 2: Calicata 01



Foto N° 3: Suelo extraído de Calicata 01

3.2 Calicata 02

La calicata 02 se realizó el día 26-10-2022 y consistió en una excavación de 2,30m de profundidad. Se pudo observar un perfil de suelo conformado por arena con gravas subredondeadas en los primeros 0,80m de profundidad, sin presencia de bochones o clastos. Entre 0,80m y 2,30m de profundidad se identificó un estrato de arena con gravas, con mayor

proporción de gravas que en el estrato anterior, y sin presencia de bochones o clastos; a 1,70m de profundidad aumenta el contenido de humedad. La retroexcavadora no pudo realizar la excavación a mayor profundidad que 2,30m. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 02.



Foto N° 4: Calicata 02



Foto N° 5: Calicata 02

3.3 Calicata 03

La calicata 03 se ejecutó el día 26-10-2022. De 0,00m a 0,30m de profundidad se identificó un estrato de suelo vegetal. Entre 0,30m y 1,50m de profundidad se observó un estrato de gravas arenosas, con gravas de forma subredondeada, con bajo contenido de humedad y con presencia de bochones o clastos. Entre 1,50m y 2,20m de profundidad se observó arena limosa con bajo contenido de grava, con mayor contenido de humedad que el estrato anterior y de color marrón oscuro. La retroexcavadora tuvo facilidad para realizar la calicata, pero no pudo alcanzar mayor profundidad que 2,20m. A los 2,20m se detectó la presencia del nivel freático.



Foto N° 6: Calicata 03



Foto N° 7: Calicata 03

3.4 Calicata 04

La calicata 04 fue realizada el día 26-10-2022, hasta una profundidad total de 2,70m. El perfil de suelo está conformado por un primer estrato de 0,20m de profundidad de suelo vegetal. Desde 0,20m a 1,10m de profundidad se observó suelo conformado por gravas limosas con plasticidad y alto contenido de humedad; las gravas son subangulosas y de tamaño reducido. A los 0,60m de profundidad se detectó la presencia del nivel freático. Entre 1,10m y 2,50m de profundidad se encuentra un estrato de gravas gruesas con baja proporción de arena, alto contenido de humedad y presencia de bochones. Entre 2,50m y 2,70m de profundidad se observa un estrato de arcilla limosa. La retroexcavadora no tuvo dificultad para hacer la calicata.



Foto N° 8: Calicata 04



Foto N° 9: Suelo extraído de Calicata 04



Foto N° 10: Calicata 04

3.5 Calicata 05

La calicata 05 se realizó el día 26-10-2022, con una profundidad total de 2,50m. El perfil de suelo observado consiste en un primer estrato de 0,30m de espesor de suelo vegetal. Entre 0,30m y 2,20m de profundidad se observaron gravas arenosas de color marrón y bajo contenido de humedad. Entre 2,20m y 2,50m de profundidad se identificó suelo conformado por arena con gravas, sin presencia de bochones y mayor contenido de humedad que el estrato anterior. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 05.



Foto N° 11: Calicata 05



Foto N° 12: Calicata 05

3.6 Calicata 06

La calicata 06 se realizó el día 26-10-2022 y consistió en una excavación de 2,60m de profundidad. Se pudo observar un primer estrato de suelo vegetal de 0,30m de profundidad. Entre 0,30m y 1,80m de profundidad se identificó un estrato de gravas arenosas de color marrón claro, de estructura estratificada de capas intercaladas de espesor fino, con bajo contenido de humedad y sin presencia de bochones. Entre 1,80m y 2,60m de profundidad se observó suelo constituido por gravas arenosas con mayor proporción de gravas finas, sin presencia de bochones y con mayor contenido de humedad que el estrato anterior. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 06.



Foto N° 13: Calicata 06



Foto N° 14: Calicata 06



Foto N° 15: Calicata 06

3.7 Calicata 07

La calicata 07 se ejecutó el día 27-10-2022, con una profundidad total de 2,30m. De 0,00m a 0,25m de profundidad se identificó un estrato de suelo vegetal con contenido de humedad y algo de plasticidad (baja a media). Entre 0,25m y 1,10m de profundidad se observó un estrato de gravas arenosas (gravas subredondeadas), de estructura estratificada y color marrón, con bajo contenido de humedad y presencia de bochas de tamaño entre 4” y 6”. Entre 1,10m y 2,30m de profundidad se observó suelo conformado por arena con gravas, con menor proporción de gravas y bochas que el estrato anterior. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 07.



Foto N° 16: Calicata 07



Foto N° 17: Calicata 07



Foto N° 18: Suelo extraído de calicata 07

3.8 Calicata 08

La calicata 08 se realizó el día 27-10-2022 y consistió en una excavación de 2,50m de profundidad. Se observó un primer estrato de suelo vegetal de 0,25m de profundidad, con contenido de humedad y plasticidad (baja a media). Entre 0,25m y 2,50m de profundidad se identificó un estrato de gravas arenosas de color marrón, con presencia de gravas subredondeadas con arena gruesa, de estructura estratificada, con contenido de humedad entre 3% a 5% aproximadamente y con presencia de bochas de tamaño 6”. A partir de los 0,90m de profundidad se observa mayor cantidad de gravas y bochones. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 08.



Foto N° 19: Calicata 08



Foto N° 20: Calicata 08

3.9 Calicata 09

La calicata 09 se realizó el día 27-10-2022, con una profundidad total de 3,00m. De 0,00m a 0,30m de profundidad se identificó un estrato de suelo vegetal. Entre 0,30m y 3,00m de profundidad se observó un estrato de arena con gravas aisladas, de compacidad suelta y estructura estratificada, de color marrón, con bajo contenido de humedad y sin presencia de bochones. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 09.



Foto N° 21: Calicata 09



Foto N° 22: Calicata 09

3.10 Calicata 10

La calicata 10 se realizó el día 28-10-2022, con una profundidad total de 2,75m. El perfil de suelo observado consiste en un primer estrato de 0,20m de espesor de suelo vegetal, con plasticidad baja y de color marrón oscuro. Entre 0,20m y 0,80m de profundidad se observó un estrato conformado por arena con gravas de compacidad suelta a media, con contenido de humedad aproximado entre un 3% y 5%, sin presencia de bochones. Se observaron raíces hasta 0,55m de profundidad. Entre 0,80m y 2,75m de profundidad se identificó suelo conformado por gravas con arena, de compacidad media a densa (le costó a la retroexcavadora sacar el material), con presencia de pocos bochones y gravas de forma subredondeada. A los 2,00m de profundidad se observó mayor contenido de humedad. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 10.



Foto N° 23: Calicata 10



Foto N° 24: Calicata 10



Foto N° 25: Suelo extraído de calicata 10

3.11 Calicata 11

La calicata 11 se realizó el día 27-10-2022 y consistió en una excavación de 2,50m de profundidad. Se observó un primer estrato de suelo vegetal de 0,40m de profundidad. Entre 0,40m y 2,50m de profundidad se identificó un estrato de gravas con arena y limo, de estructura estratificada, con presencia de algunos clastos y bochones subangulosos. A 0,70m de profundidad se observa que aumenta el contenido de humedad. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 11.



Foto N° 26: Calicata 11



Foto N° 27: Calicata 11



Foto N° 28: Calicata 11

3.12 Calicata 12

La calicata 12 fue realizada el día 27-10-2022, con una profundidad total de 2,50m. El perfil de suelo está constituido por un primer estrato de 0,35m de profundidad de suelo vegetal. Desde 0,35m a 2,50m de profundidad se observó un estrato de gravas arenosas de color marrón, con alto contenido de gravas gruesas, de estructura estratificada y con presencia de bochones. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 12.



Foto N° 29: Calicata 12



Foto N° 30: Calicata 12

3.13 Calicata 13

La calicata 13 fue realizada el día 27-10-2022, alcanzando una profundidad total de 2,70m. Se observó un estrato de suelo vegetal entre 0,00m y 0,35m de profundidad. Desde 0,35m a 2,70m de profundidad se observó un estrato de gravas arenosas de color marrón claro, de estructura estratificada, con alto contenido de gravas gruesas subredondeadas y con presencia de bochones. No se detectó la presencia del nivel freático durante la excavación de la calicata 13.



Foto N° 31: Calicata 13



Foto N° 32: Calicata 13

3.14 Calicata 14

La calicata 14 se realizó el día 27-10-2022 y consistió en una excavación de 2,80m de profundidad. Se observó un primer estrato de suelo vegetal de 0,30m de profundidad, de color marrón oscuro, con contenido de humedad y plasticidad baja. Entre 0,30m y 2,80m de profundidad se identificó un estrato de gravas arenosas de color marrón claro, de estructura estratificada, con contenido de humedad entre 3% a 5% aproximadamente, con presencia de bochones de tamaño entre 4” y 6” y gran cantidad de grava de tamaño 1” y 2”. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 14.



Foto N° 33: Calicata 14



Foto N° 34: Calicata 14



Foto N° 35: Calicata 14

3.15 Calicata 15

La calicata 15 se realizó el día 27-10-2022, con una profundidad total de 2,50m. El perfil de suelo observado consiste en un primer estrato de 0,35m de espesor de suelo vegetal. Entre 0,35m y 2,50m de profundidad se observó un estrato conformado por gravas arenosas de color marrón, con alto contenido de gravas gruesas y de forma subangular, de estructura estratificada y con presencia de bochas. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 15.



Foto N° 36: Calicata 15



Foto N° 37: Suelo extraído de calicata 15



Foto N° 38: Calicata 15

3.16 Calicata 16

La calicata 16 se realizó el día 28-10-2022, con una profundidad total de 2,60m. El perfil de suelo observado consiste en un primer estrato de 0,30m de espesor de suelo vegetal. Entre 0,30m y 0,65m de profundidad se observó un estrato conformado por gravas con arena y limo con plasticidad (baja a media), de estructura estratificada, con 5% de humedad aproximadamente y con gran proporción de grava de tamaño menor a 1”. Desde 0,65m a 1,80m de profundidad se identificó un estrato de gravas con arena y limo con plasticidad (baja a media), con mayor contenido de grava gruesa que el estrato anterior y bochones de tamaño 6”. Entre 1,80m y 2,60m de profundidad se observó un estrato conformado por gravas con arena, con presencia de gravas subredondeadas y subangulosas y bochones de tamaño entre 6” a 9”. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 16.



Foto N° 39: Calicata 16



Foto N° 40: Calicata 16

3.17 Calicata 17

La calicata 17 se realizó el día 28-10-2022 y consistió en una excavación de 2,80m de profundidad. Se observó un primer estrato de suelo vegetal de 0,20m de profundidad. Entre 0,20m y 0,50m de profundidad se identificó un estrato de gravas con arena y limo de baja plasticidad y color marrón, con contenido en mayor proporción de grava fina y de estructura estratificada. Entre 0,50m y 2,80m de profundidad se observó un estrato de gravas arenosas con bajo contenido de humedad y escasa presencia de bochones y clastos. La retroexcavadora no tuvo dificultad para extraer el material. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 17.



Foto N° 41: Calicata 17



Foto N° 42: Suelo extraído de calicata 17



Foto N° 43: Calicata 17

3.18 Calicata 18

La calicata 18 se realizó el día 28-10-2022 y consistió en una excavación de 2,50m de profundidad. El perfil de suelo observado consiste en un primer estrato de 0,30m de espesor de suelo vegetal, de color marrón oscuro, con plasticidad baja y contenido de humedad entre un 7% y 10% aproximadamente. Se observó un segundo estrato entre 0,30m y 1,10m de profundidad que consiste en gravas con arena y limo de baja plasticidad, de color marrón y estructura estratificada, con 3% de humedad aproximadamente y poca presencia de bochones. Desde 1,10m a 2,50m de profundidad se identificó un estrato de gravas arenosas, con gravas más gruesas que en el estrato anterior y poca presencia de bochones de tamaño mayor a 6". No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 18.



Foto N° 44: Calicata 18



Foto N° 45: Suelo extraído de calicata 18

3.19 Calicata 19

La calicata 19 fue realizada el día 28-10-2022, alcanzando una profundidad total de 1,80m. Se observó un primer estrato de suelo vegetal de 0,25m de profundidad. Desde 0,25m a 0,90m de profundidad se identificó un estrato de gravas arenosas de color marrón, con gravas de forma subredondeada y poca presencia de bochas. Entre 0,90m y 1,80m de profundidad se observó suelo conformado por gravas arenosas y formaciones tipo conglomerados, con mayor contenido de humedad que el estrato anterior y de compacidad media a densa. La retroexcavadora no pudo realizar la calicata a mayor profundidad debido a la compacidad del suelo. No se detectó el nivel freático durante la excavación de la calicata 19.

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



Foto N° 46: Calicata 19



Foto N° 47: Calicata 19



Foto N° 48: Suelo extraído de calicata 19

3.20 Calicata 20

La calicata 20 se realizó el día 27-10-2022, con una profundidad total de 2,60m. El perfil de suelo observado consiste en un primer estrato de 0,35m de espesor de suelo vegetal de color marrón oscuro. Entre 0,35m y 2,60m de profundidad se identificó un estrato de gravas arenosas de color marrón, con contenido de humedad entre 3% y 5% aproximadamente, de estructura estratificada y con presencia de bochones de tamaño máximo 6” a partir de 1,00m de profundidad. No se detectó la presencia del nivel freático en la calicata 20.



Foto N° 49: Calicata 20



Foto N° 50: Calicata 20

4.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

4.1 Diseño de depósito de colas y escombreras

El depósito de colas se ha diseñado, en la instancia de Ingeniería de Prefactibilidad, con una capacidad máxima de 155,3 Mt y un talud global de 5H:1V. Las colas estarán conformadas por un material espesado de alta densidad, con 67% de contenido de sólidos. Está previsto que el depósito de colas cuente con un sistema de subdrenaje y canales laterales e internos para la captación y transporte de aguas precipitadas.

El depósito de óxidos está diseñado con una capacidad máxima de 40,5 Mt, una altura de 50 m y con talud global de 2,5H:1V.

El depósito de baja ley (sulfuros) está diseñado con una capacidad máxima de 106,4 Mt, una altura de 60 m y con talud global de 2,5H:1V.

El depósito de estériles está diseñado con una capacidad máxima de 145,3 Mt, una altura de 80 m y con talud global de 2,5H:1V.

Está previsto que tanto el depósito de óxidos, como el depósito de baja ley y el depósito de estériles cuenten con un sistema de subdrenaje.

4.2 Modelos geotécnicos

Para llevar a cabo los análisis de estabilidad de taludes se ha usado el software Slide® desarrollado por la empresa RocScience.

El análisis de estabilidad de taludes se ha realizado por el método de Spencer (1967), que es un método de equilibrio límite bidimensional, el que consiste en dividir el talud arriba de cualquier superficie potencial de deslizamiento en varias dovelas verticales paralelas, para luego analizar las fuerzas y momentos de cada dovela separadamente, determinando, mediante la relación entre las fuerzas estabilizantes y deslizantes, el factor de seguridad. Este método es una técnica denominada rigurosa, al igual que el método GLE/Morgenstern-Price, en la que se puede tener en cuenta la no homogeneidad de los estratos de suelos y la presión de poros por presencia de agua; así como también toma en cuenta el esfuerzo normal a lo largo de la superficie potencial de falla.

Además, en la realización de este estudio se ha considerado solo superficies de fallas circulares, teniendo en cuenta que es el tipo de falla de taludes más común en este tipo de construcciones acorde a extensas investigaciones. Además, durante la campaña geotécnica, no se han identificado estratos débiles por debajo del nivel de fundación de los depósitos y escombreras o bien la presencia de taludes demasiado verticales que requieran analizar superficies de falla planas o no circulares.

En base al diseño del depósito de colas y depósitos de óxidos, sulfuros y estériles, se definieron una serie de secciones críticas con el fin de obtener escenarios que sean lo más representativos y desfavorables de los distintos taludes. La ubicación de las secciones para la verificación de la estabilidad se puede observar en la Figura 4.1.

Figura 4.1
Ubicación de secciones del Depósito de Colas para análisis de estabilidad

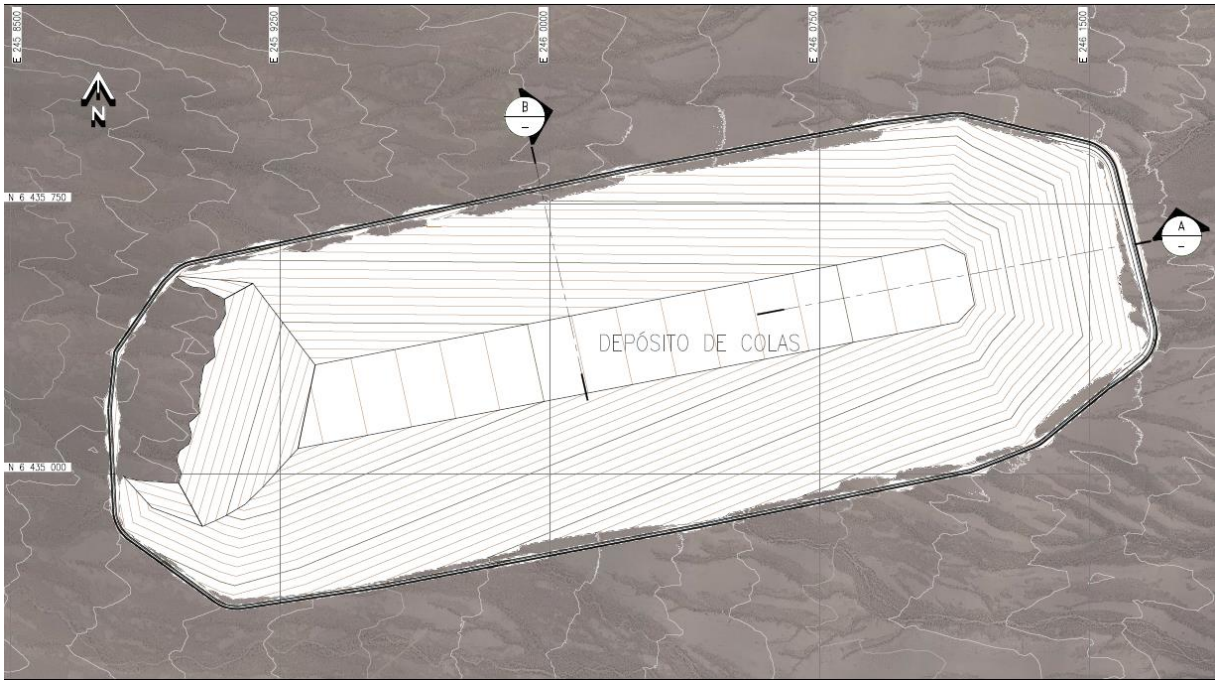
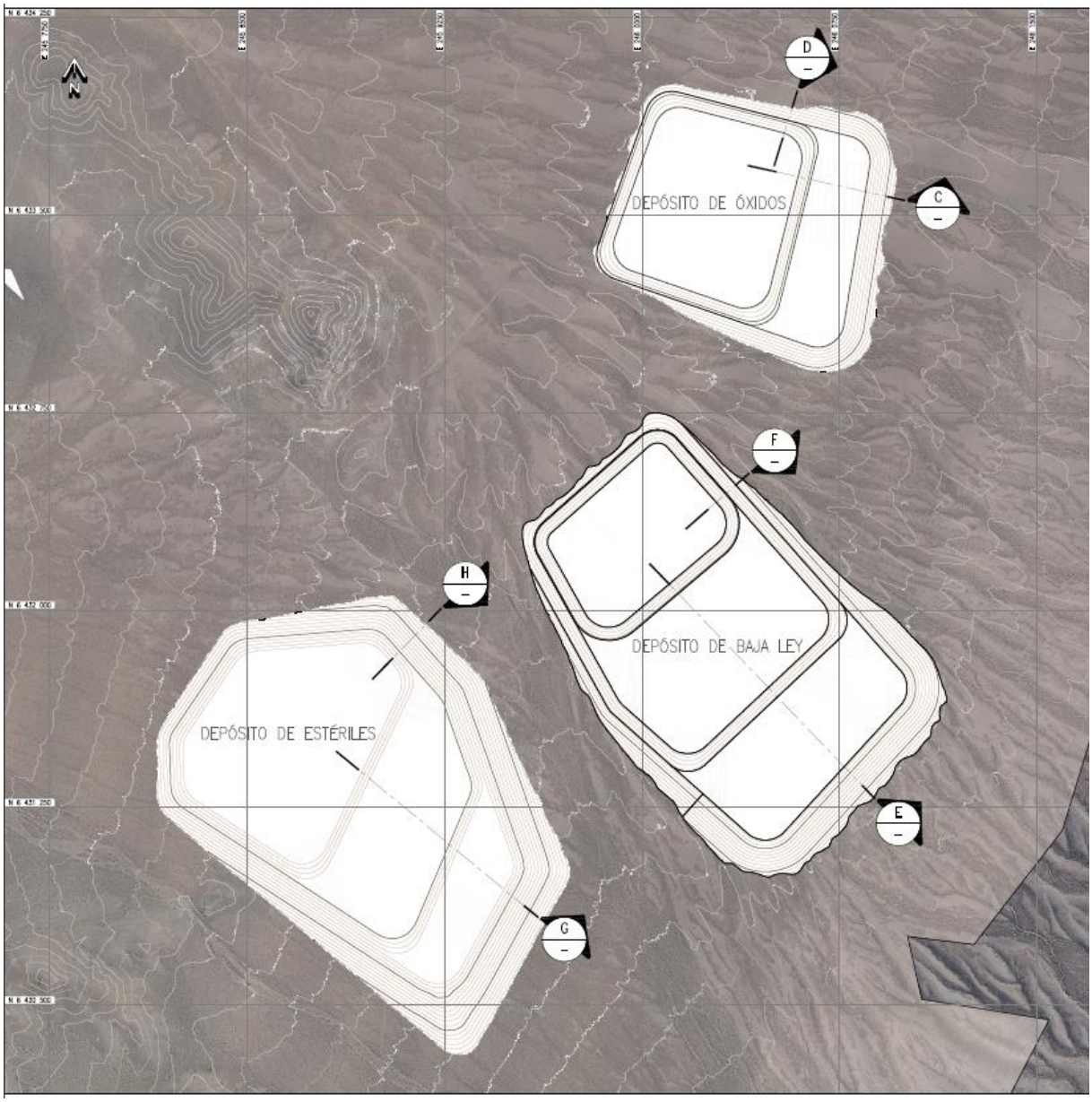


Figura 4.2
Ubicación de secciones del Depósito de Óxidos, Depósito de Baja Ley y Depósito de Estériles para análisis de estabilidad



Debido a las características del material que conforman las colas (espesado de alta densidad) y al sistema de acopio proyectado, no se ha considerado carga hidráulica en las secciones analizadas del depósito de colas. Toda posible acumulación de agua en la superficie, se ubicará lejos de las obras de cierre del depósito.

Para la verificación de la estabilidad pseudo estática se han considerado dos escenarios de análisis dependiendo del periodo del proyecto: pseudo estático en etapa de operación y pseudo estático en etapa de cierre. Estos escenarios difieren en cuanto al marco de solicitación, de acuerdo a las recomendaciones internacionales.

Los resultados del análisis se presentan, para la totalidad de las secciones y los distintos escenarios, en el Anexo C al final del informe.

En las figuras a continuación, se muestran las secciones analizadas de los distintos depósitos.

Figura 4.3
Sección A – Depósito de Colas

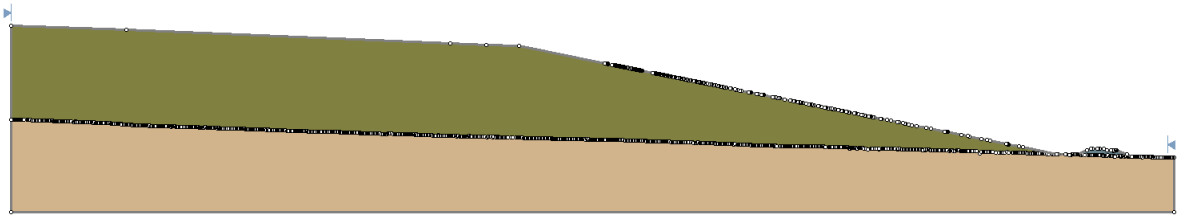


Figura 4.4
Sección B – Depósito de Colas

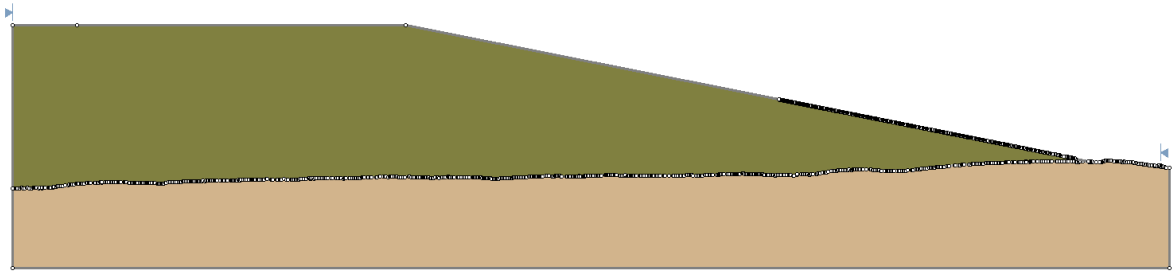


Figura 4.5
Sección C – Depósito de Óxidos

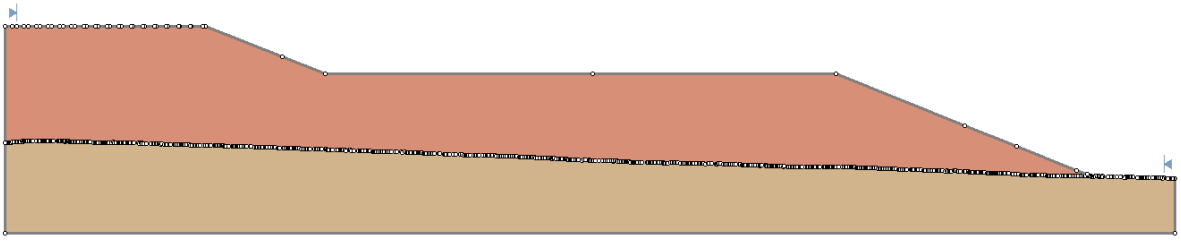


Figura 4.6
Sección D – Depósito de Óxidos

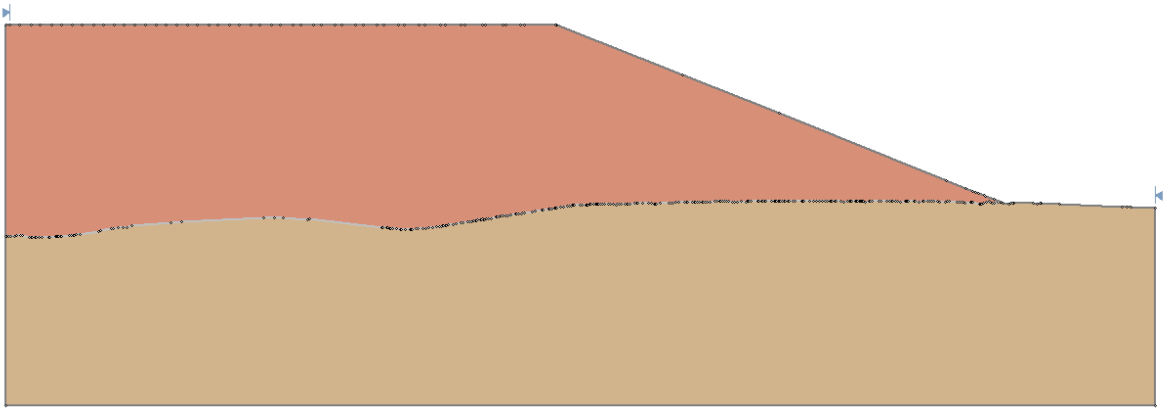


Figura 4.7
Sección E – Depósito de Baja Ley (Sulfuros)

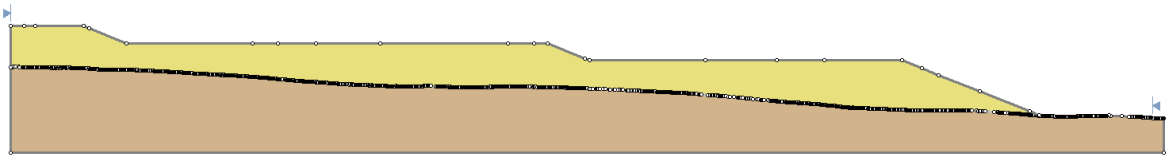


Figura 4.8
Sección F – Depósito de Baja Ley (Sulfuros)

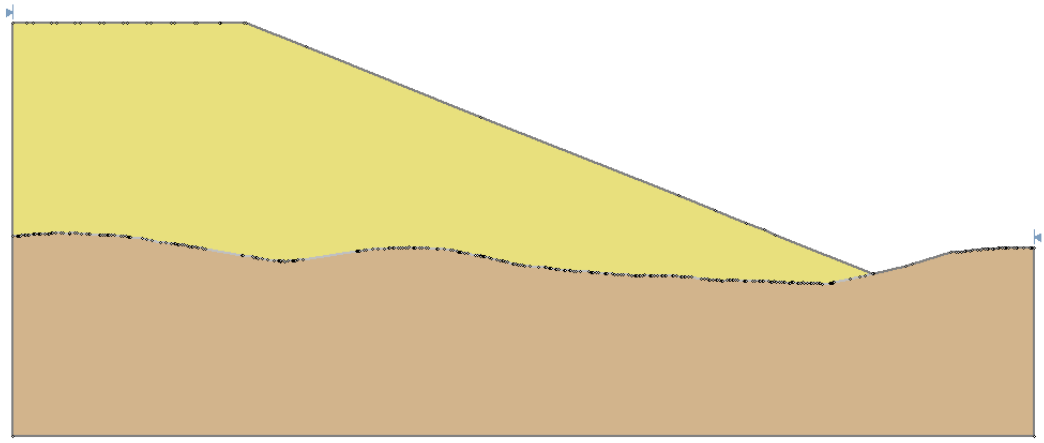


Figura 4.9
Sección G – Depósito de Estériles

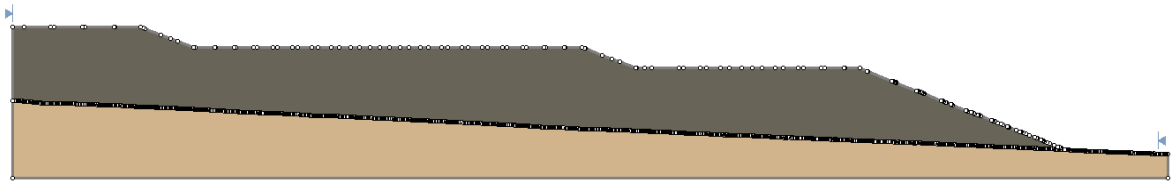
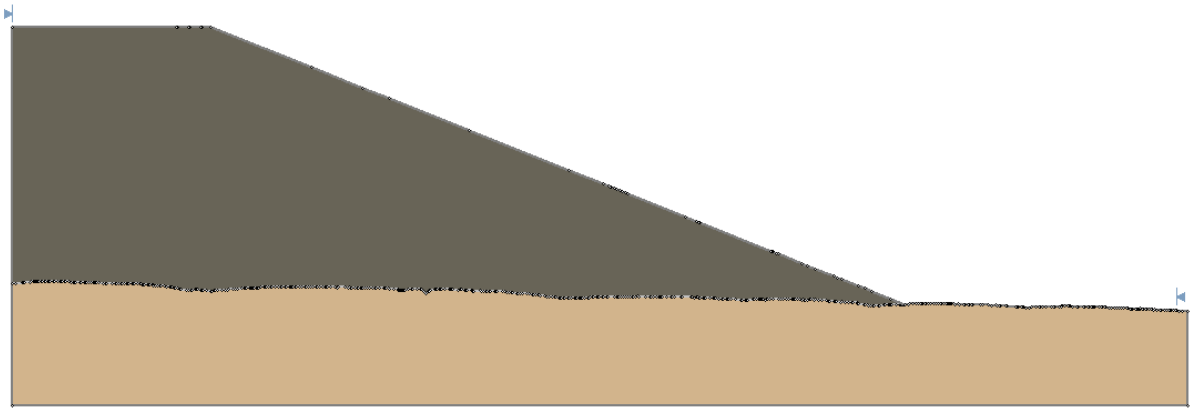


Figura 4.10
Sección H – Depósito de Estériles



4.3 Criterios geotécnicos

Para efectuar la verificación de la estabilidad de las secciones de los depósitos, se han adoptado parámetros geotécnicos basándose en los documentos antecedentes *Verificación de la Estabilidad del Dique de Colas* (Vector Argentina SA, agosto 2008) e *Informe Geotecnia Conceptual de Escombreras* (Vector Argentina SA, junio 2009). En el caso del material que conforma la berma perimetral del depósito de colas, se han adoptado parámetros geotécnicos de un material granular. Se considera además una interfase entre la fundación y los materiales superiores, adoptando parámetros basándose en documentos de modelados de estabilidad de apilamientos (Anddes Argentina SA, enero 2021), para el caso del depósito de colas el talud se considera movilizado, por ello los parámetros geotécnicos adoptados, para este caso el ángulo de fricción interna (Ø), son menores que si no se considerara que el talud ha sufrido movimiento previamente.
A continuación, en la Tabla 4.1 se resumen los parámetros adoptados para cada depósito analizado.

Tabla 4.1
Parámetros geotécnicos adoptados

Material	ID	γ_h kN/m^3	Modelo de Resistencia	C (kPa)	Ø (°)
Depósito de Colas					
Colas (Espesado de alta densidad)		17	Mohr-Coulomb	0	25
Fundación		19	Mohr-Coulomb	0	35
Berma perimetral		21	Mohr-Coulomb	0	38
Depósito de Óxidos					
Destape de mina		19	Mohr-Coulomb	0	42
Fundación		19	Mohr-Coulomb	0	35
Depósito de Baja Ley (Sulfuros)					
Destape de mina		19	Mohr-Coulomb	0	42
Fundación		19	Mohr-Coulomb	0	35
Depósito de Estériles					
Destape de mina		20	Mohr-Coulomb	0	38
Fundación		19	Mohr-Coulomb	0	35

Fuente:
Elaboración propia

4.4 Criterios sísmicos

El enfoque que se sigue para evaluar la estabilidad sísmica de un talud corresponde al análisis pseudo estático, en el que las fuerzas provocadas por la agitación sísmica son simplificadas por una fuerza estática, la cual es producto del peso de la masa deslizante supuesta por un coeficiente sísmico K (Fs=K*Wdeslizante), que corresponde a una fracción de la aceleración de gravedad.[1] El valor de esta fracción depende básicamente de la aceleración pico del terreno (APT) y de la duración de la agitación sísmica. Por lo tanto, el coeficiente sísmico K puede expresarse:

$$K = \alpha \times \mathrm{APT}/g$$

Donde:

- α: es una fracción de la aceleración sísmica, que acorde a la bibliografía y buenas prácticas de la mecánica de suelos y rocas puede adoptar valores entre 1/3 a 2/3, teniendo en consideración que los taludes no son cuerpos rígidos y que las aceleraciones máximas actuaran por lapsos muy breves.
- APT, es la aceleración pico del terreno que se adopta en función de la clasificación del depósito y los estudios de peligrosidad sísmica.

Para los análisis de estabilidad pseudo estáticos realizados en este estudio, tanto para las secciones correspondientes al depósito de colas como depósitos de óxidos, baja ley y estériles, se han aplicado coeficientes sísmicos horizontales en base a los documentos de análisis de estabilidad del depósito de colas realizado por Vector (2008) y del informe de geotecnia conceptual de escombreras realizado también por Vector (2009). De esta forma, se ha adoptado para el escenario pseudo estático de etapa de operación un coeficiente sísmico K_h=0,175 y para el escenario pseudo estático de etapa de cierre un coeficiente sísmico K_h=0,23.

En el informe 2201.20.01-12-410-21-ITE-001, se tiene una interpretación de los estudios sísmicos realizados hasta el presente en el marco del proyecto.

4.5 Criterios de análisis

Conceptualmente, si las fuerzas que equilibran la cuña de suelo son iguales o mayores que las fuerzas que desequilibran la misma, es decir con factores de seguridad (FS) iguales o mayores a 1, el talud es estable. Sin embargo, las distintas normas existentes recomiendan valores superiores para condiciones estáticas teniendo en cuenta que la estabilidad sísmica de un talud está fuertemente influida por la estabilidad estática (si estáticamente el talud está

[1] El Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (USACE, por sus siglas en inglés) en su regulación de Ingeniería ER-1110-2-1806 recomienda adoptar un α = 2/3;

Terzaghi (1950) sugiere adoptar para sismos severos (Rossi – Forel IX) α = 0,1 / para sismos violentos - destructivos (Rossi – Forel X) α = 0,2 / sismos catastróficos (Rossi – Forel > X) α = 0,5.

Hynes-Griffin y Franklin (1984) sugieren que para un desplazamiento máximo de la cuña deslizante de 30 cm se debe usar un α entre 1/3 y 2/3;

Franklin (1984) sobre la base del método de Newmark sugiere adoptar α = 0,5 para asegurar que con FS = 1,0 los desplazamientos no son “peligrosamente grandes”.

muy próximo al equilibrio, es decir que el FS es igual a 1 o apenas superior, será inestable con reducidas acciones sísmicas).

En la Tabla 4.2 a continuación, se presentan los factores de seguridad mínimos establecidos por la *Canadian Dam Association* CDA (2014), los cuales se han adoptado para verificar los análisis de estabilidad realizados.

Tabla 4.2
Criterio de análisis – Factores de seguridad mínimos recomendados

Condición de carga		Factor de seguridad mínimo recomendado	Talud
Estático	Durante o al final de la construcción	> 1,3 – dependiendo de la evaluación del riesgo durante la construcción	Aguas abajo
	Largo plazo (estado de equilibrio, nivel normal del nivel de agua)	1,5	Aguas abajo
	Descenso parcial o completo del nivel de agua	1,2 a 1,3	Talud aguas arriba donde sea aplicable
Pseudo estático		1,0	Donde sea aplicable
Post sísmico		1,2	Donde sea aplicable

Fuente:
CDA (2014)

4.6 Resultados obtenidos

En la Tabla 4.3 a continuación se resumen los factores de seguridad obtenidos en las secciones analizadas del depósito de colas, depósito de óxidos, depósito de baja ley (sulfuros) y depósito de estériles, tanto para condiciones estáticas como para pseudo estáticas. Además, se indican los factores de seguridad mínimos recomendados por la CDA (2014).

Tabla 4.3
Análisis de Estabilidad – Factores de seguridad obtenidos

Depósito	Sección	Condición	FS obtenido	FS min
Depósito de Colas	A	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,2	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,0	1,0
	B	Estático	2,4	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,2	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,0	1,0
Depósito de Óxidos	C	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
	D	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
Depósito de Baja Ley (Sulfuros)	E	Estático	2,2	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
	F	Estático	2,3	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,5	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,3	1,0
Depósito de Estériles	G	Estático	2,0	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,3	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,1	1,0
	H	Estático	2,0	1,5
		Pseudo estático – Etapa operación	1,3	1,0
		Pseudo estático – Etapa cierre	1,1	1,0

Fuente:
Elaboración propia.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó el análisis de estabilidad del depósito de colas, depósito de óxidos, depósito de baja ley (sulfuros) y depósito de estériles a partir de los diseños propuestos por Anddes. Los parámetros geotécnicos y criterios sísmicos se adoptaron de antecedentes (Vector 2008 y 2009) para la realización de este análisis.

Los factores de seguridad obtenidos del análisis de estabilidad son mayores que los mínimos recomendados por la CDA (2014), es decir que las estructuras diseñadas son estables según los criterios establecidos por la *Canadian Dam Association*.

En una instancia de ingeniería de detalle se deberán realizar estudios in situ y ensayos de laboratorio para determinar los parámetros geotécnicos de los materiales que componen las diferentes estructuras y llevar a cabo los correspondientes análisis de estabilidad.

Estudio de peligro sísmico

Vector utilizó para la verificación del depósito de colas (Informe verificación de la estabilidad dique de colas, agosto 2008), diseñó vigente en ese momento, un evento de 500 años de tiempo de retorno, siguiendo la Norma Argentina (Reglamento INPRES - CIRSOC 103, Parte I) en el que se recomienda un valor de aceleración máxima (a_S) de 0.35 g para la zona sísmica 4 (Para periodos de vibración pequeños). Para el coeficiente sísmico horizontal (kh) se adopta el 50% del coeficiente de aceleración máxima (a_S), resultando para el escenario de operación un coeficiente sísmico kh=0.175.

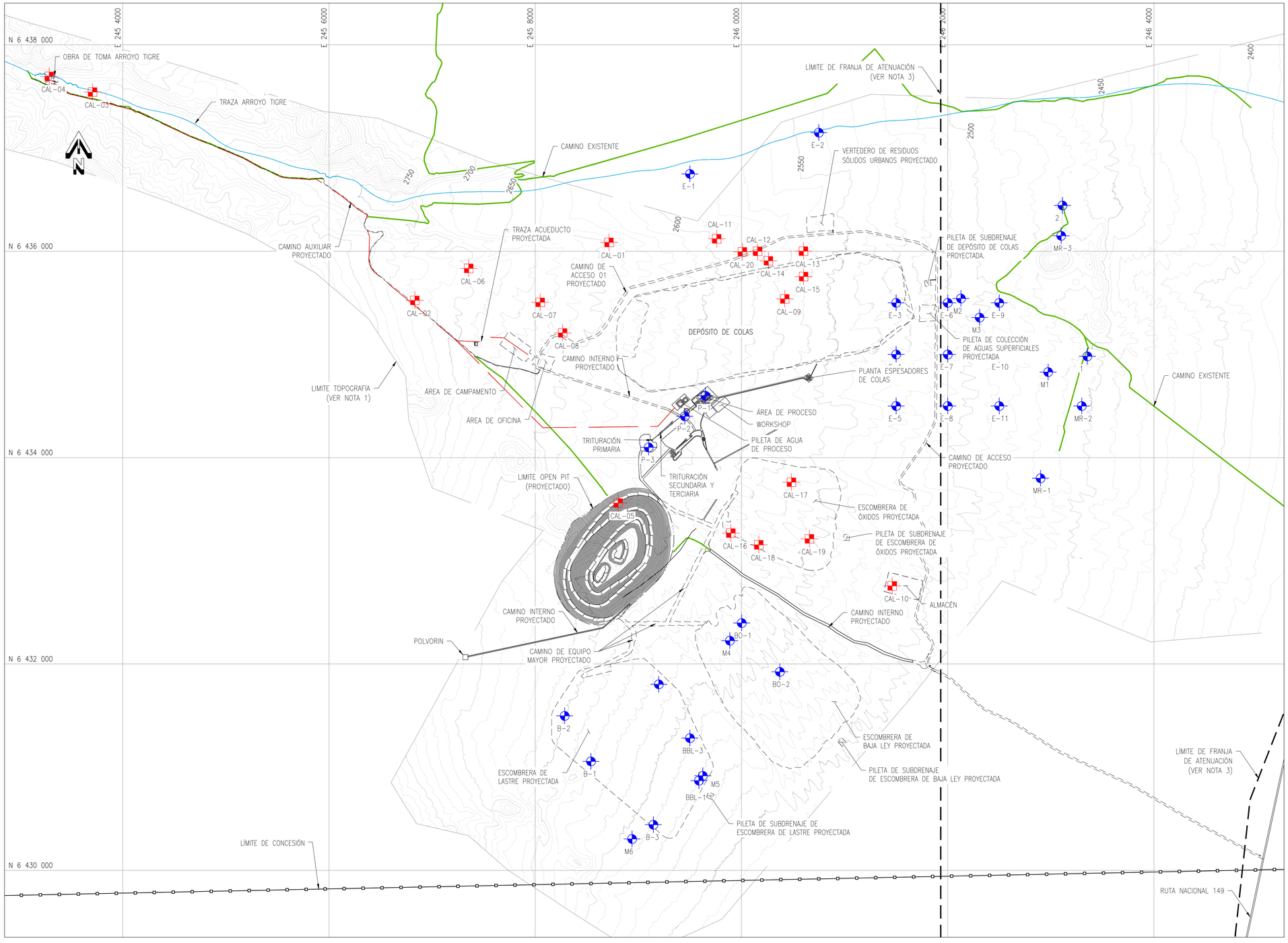
Para el segundo escenario, al no contar con un estudio determinístico específico para el proyecto, Vector consideró para el escenario de cierre de operaciones, un coeficiente sísmico kh= 0.23 para una aceleración PGA máxima mayor a 1g, producto de considerar el evento sísmico Máximo Creíble (MCE – Maximum Credible Earthquake).

Por otro lado, existe un informe (S y S Ingenieros Consultores, 2007) con un enfoque determinista y acotado, toda vez que se apoyó en un informe del proyecto Gualcamayo, San Juan. Estos estudios sísmicos disponibles, cuentan con una antigüedad de 15 años, por lo que supera los lapsos recomendados para actualizar los parámetros sísmicos.

Se cuenta también con un el Informe de riesgo sísmico (Informe de Carlos Costa, 2007), en el que se desarrolla la determinación de la fuente sismogénica y la magnitud asociada.

En este último trabajo, Carlos Costa analiza la falla Cerrito San Jorge, que atraviesa muy cercana por el pie del cerro, considerando la pertinencia de realizar un estudio de neotectónica. La misma puede ser una falla activa en zona sísmica 4, con alta frecuencia de sismos. Anddes entiende que, como parte del estudio de prefactibilidad, se deberá actualizar el input sísmico mediante el desarrollo de un análisis de peligro sísmico completo, que abarque los enfoques determinísticos y probabilísticos.

Anexo A - 2201.20.01-12-310-21-P-001 Investigaciones geotécnicas - Ubicación de Calicatas



LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- LÍMITE DE FRANJA DE ATENUACIÓN
- LÍMITE DE CONCESIÓN
- LÍMITE DE CORTE O RELLENO DE ESTRUCTURAS PROYECTADAS
- LÍNEA DE DISEÑO
- TRAZA ARROYO TIGRE
- CAMINOS PROYECTADOS
- RUTA NACIONAL 149
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- CAL-XX — CALICATAS ANDDES 2022
- TRAZA DE ACUEDUCTO PROYECTADA
- D-XX — CALICATAS VECTOR

NOTAS:

1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE ENVIADA POR PROYECTO SAN JORGE EN OCTUBRE DE 2022.
2. EL ÁREA DE ESTUDIO ESTÁ UBICADA EN LA FAJA 2 DEL SISTEMA DE COORDENADAS CAMPO INCHAUSPE, DATUM DE REFERENCIA POSGAR 94.
3. FRANJA DE ATENUACIÓN DEFINIDA POR LA AUTORIDAD DE APLICACIÓN (2015) OBTENIDA DEL DOCUMENTO "ACTUALIZACIÓN DEL INFORME AMBIENTAL – PLANTA CONCENTRADORA SAN JORGE" DEL 2018, ELABORADO POR GT INGENIERÍA S.A.
4. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.
5. ESTE PLANO SE ENCUENTRA EN UN NIVEL DE INGENIERÍA DE PREFACTIBILIDAD. EL MISMO DEBERÁ SER ACTUALIZADO EN UN NIVEL DE INGENIERÍA SUPERIOR.

COORDENADAS		
PUNTO	NORTE	ESTE
CAL-01	6 436 086,04	2 458 715,43
CAL-02	6 435 523,70	2 456 832,38
CAL-03	6 437 542,94	2 453 707,07
CAL-04	6 437 695,04	2 453 287,32
CAL-05	6 433 560,47	2 458 804,29
CAL-06	6 435 833,96	2 457 354,78
CAL-07	6 435 505,41	2 458 048,24
CAL-08	6 435 209,05	2 458 266,02
CAL-09	6 435 538,38	2 460 419,71
CAL-10	6 432 757,12	2 461 462,02
CAL-11	6 436 121,05	2 459 759,62
CAL-12	6 435 999,40	2 460 156,04
CAL-13	6 436 001,15	2 460 601,20
CAL-14	6 435 907,41	2 460 261,15
CAL-15	6 435 754,72	2 460 602,16
CAL-16	6 433 268,84	2 459 896,90
CAL-17	6 433 762,17	2 460 484,53
CAL-18	6 433 155,32	2 460 167,78
CAL-19	6 433 213,31	2 460 659,20
CAL-20	6 435 994,51	2 460 008,89

PLANTA

400 0 200 400 800 1600

ESCALA 1 : 20 000

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS.	NÚMERO DE PLANO	PLANO DE REFERENCIA
A	16-12-22	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	REV.		
B	26-12-22	EMITIDO PARA APROBACIÓN	N.R.		
0	09-05-23	DOCUMENTO FINAL	C.CH.		
			G.P.		
			C.CH.		
			G.P.		
			C.CH.		

LAST SAVED BY: GABRIEL PULAFITO
LAST PLOT BY: GABRIEL PULAFITO

PROYECTO SAN JORGE

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DE ANDDES Y DE USO EXCLUSIVO DEL CLIENTE MENCIONADO EN EL CAJETÍN. SU USO Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN PREVIA ESTÁN PROHIBIDOS.

DISEÑADO POR: N.ROTH	FECHA : 09-05-23	Nº PROYECTO : 2201.20.01
DIBUJADO POR: F.CORTES	FECHA : 09-05-23	DISCIPLINA : GEOTECNIA
REVISADO POR : E.G.FLORES	FECHA : 09-05-23	ESCALA : INDICADA
APROBADO POR : M.TOLEDO	FECHA : 09-05-23	REVISIÓN : DOCUMENTO FINAL
GERENTE DE PROYECTO: M.CORVALAN	FECHA : 09-05-23	
CLIENTE : PROYECTO SAN JORGE	FECHA :	

Anddes
www.anddes.com

NOMBRE DEL PROYECTO :
INGENIERÍA DE PREFACTIBILIDAD
GEOTECNIA
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS – UBICACIÓN DE CALICATAS

NÚMERO DE PLANO : 2201.20.01-12-310-21-P-001 REV. 0

IF-2023-00264840-GDEMZA-MINERIA

Anexo B - Ensayos de Laboratorio

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 1 M-11	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona Tratamiento de efluentes	Fecha de Ensayo	15/11/22
Coordenadas	Norte 6 436 086	Este 2 458 715	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes		
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450,000						
12"	300,000						
10"	250,000						
8"	200,000						
6"	150,000						
4"	100,000						
3"	75,000						
2 1/2"	63,000						
2"	50,000					100,0	
11/2"	37,500	130,5	130,5	0,9	0,9	99,1	
1"	25,000	782,0	912,5	5,4	6,3	93,7	
3/4"	19,000	758,0	1670,5	5,2	11,5	88,5	
1/2"	12,500	1305,5	2976,0	9,0	20,5	79,5	
3/8"	9,500	979,5	3955,5	6,8	27,3	72,7	
1/4"	6,300						
N° 4	4,750	2663,0	6618,5	18,4	45,7	54,3	
N° 8	2,360						
N° 10	2,000	113,0	113,0	12,7	58,4	41,6	
N° 16	1,180						
N° 20	0,850						
N° 30	0,600						
N° 40	0,425	207,7	320,7	23,4	81,8	18,2	
N° 50	0,300						
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150						
N° 140	0,106						
N° 200	0,075	95,5	416,2	10,7	92,5	7,5	
Fondo		66,82	483,0	7,5	100,0	0,0	
TOTAL		**483,00**				100,0	

Descripción de la Muestra

Grava arenosa, subredondeada con poca presencia de bochones.

Peso Total Seco (g)	**14472,0**	
Peso Fracción 3" (g)	-	
Constante < de 3"	-	
Peso Fracción N°4 (g)	**483,0**	
Constante < de N° 4	**0,11242236**	
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**
Clasificación AASHTO	____	
Clasificación SUCS	**SW - SM**	

Arena bien gradada con limo y grava

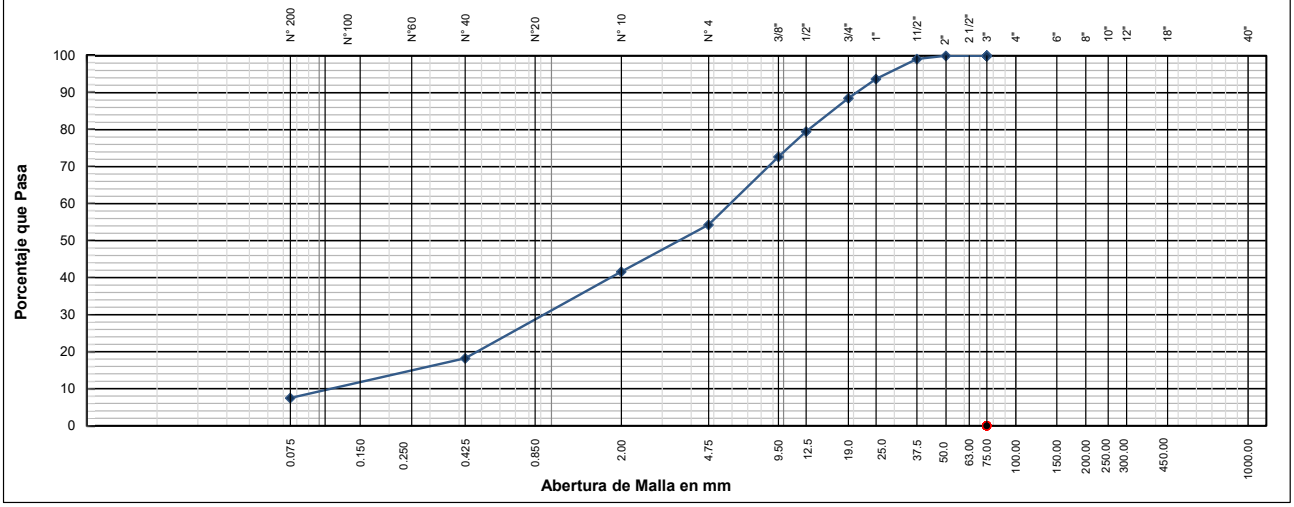
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	483,0	Grava (%)	45,7
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	46,8
Peso del Agua (g)	17,0	**Pasante N° 200**	7,5
Peso Seco sin T (g)	483,0		
% de Humedad	3,5		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	22
Límite Plástico	19
Índice de Plasticidad	3

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,89	CU	52,34
D30	0,93	CC	1,30
D10	0,11		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

SIG AND

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

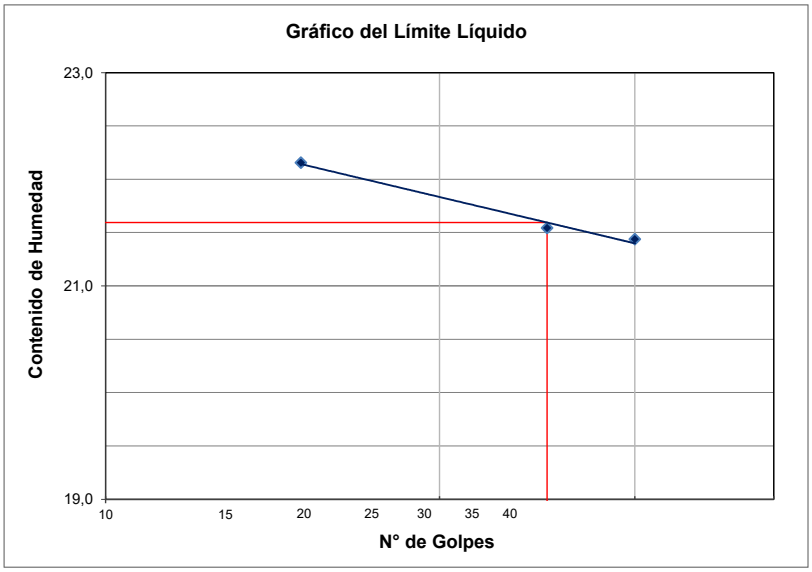
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 1 M-11				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona Tratamiento de efluentes				Fecha de Ensayo	16/11/22	
Coordenadas	Norte	6 436 086	Este	2 458 715	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**30**	**25**	**15**	
Nº de Recipiente	16	17	18	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,05	37,69	35,01	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	27,41	32,83	30,57	
Peso del Recipiente (g)	10,43	10,27	10,53	
Peso del Agua (g)	3,64	4,86	4,44	
Peso del Suelo Seco (g)	16,98	22,56	20,04	
Contenido de Humedad (%)	**21,44**	**21,54**	**22,16**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	18,20

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	19	20	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,3	23,46	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	27,11	21,11	
Peso del Recipiente (g)	10,24	9,74	
Peso del Agua (g)	3,19	2,35	
Peso del Suelo Seco (g)	16,87	11,37	
Contenido de Humedad (%)	**18,91**	**20,67**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
22	**19**	**3**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 2 M-06	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona frente sector campamento	Fecha de Ensayo	04/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 524	Este 2 456 832	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes		
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450,000						
12"	300,000						
10"	250,000						
8"	200,000						
6"	150,000						
4"	100,000						
3"	75,000						
2 1/2"	63,000					100,0	
2"	50,000	613,0	613,0	5,1	5,1	94,9	
11/2"	37,500	134,5	747,5	1,1	6,2	93,8	
1"	25,000	738,0	1485,5	6,1	12,3	87,7	
3/4"	19,000	453,0	1938,5	3,8	16,1	83,9	
1/2"	12,500	1058,0	2996,5	8,8	24,9	75,1	
3/8"	9,500	752,0	3748,5	6,2	31,1	68,9	
1/4"	6,300						
N° 4	4,750	1962,5	5711,0	16,3	47,4	52,6	
N° 8	2,360						
N° 10	2,000	141,5	141,5	15,8	63,2	36,8	
N° 16	1,180						
N° 20	0,850						
N° 30	0,600						
N° 40	0,425	197,4	338,9	22,0	85,2	14,8	
N° 50	0,300						
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150						
N° 140	0,106						
N° 200	0,075	72,4	411,3	8,1	93,3	6,7	
Fondo		60,72	472,0	6,7	100,0	0,0	
TOTAL		**472,00**				100,0	

Descripción de la Muestra

Suelo limo arenoso con gravas color marron claro con raíces.

Peso Total Seco (g)	**12032,5**	
Peso Fracción 3" (g)	-	
Constante < de 3"	-	
Peso Fracción N°4 (g)	**472,0**	
Constante < de N° 4	**0,11144068**	
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**
Clasificación AASHTO	____	
Clasificación SUCS	**GW - GC**	

Grava bien gradada con arcilla y arena

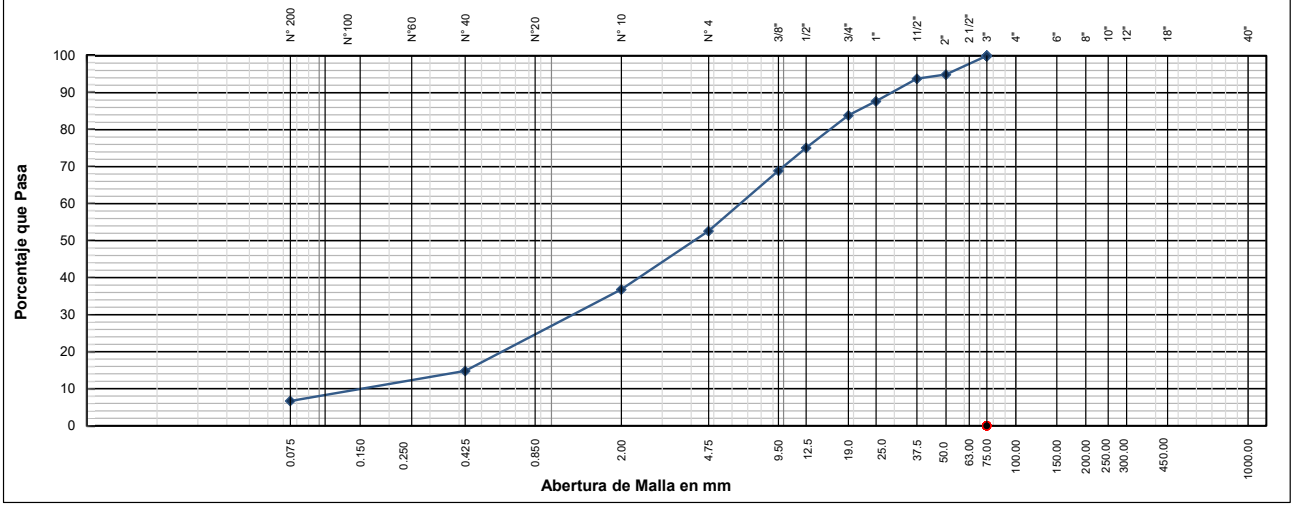
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	472,0	Grava (%)	47,4
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	45,9
Peso del Agua (g)	28,0	**Pasante N° 200**	6,7
Peso Seco sin T (g)	472,0		
% de Humedad	5,9		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	28
Límite Plástico	19
Índice de Plasticidad	9

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,51	CU	42,79
D30	1,24	CC	1,55
D10	0,15		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

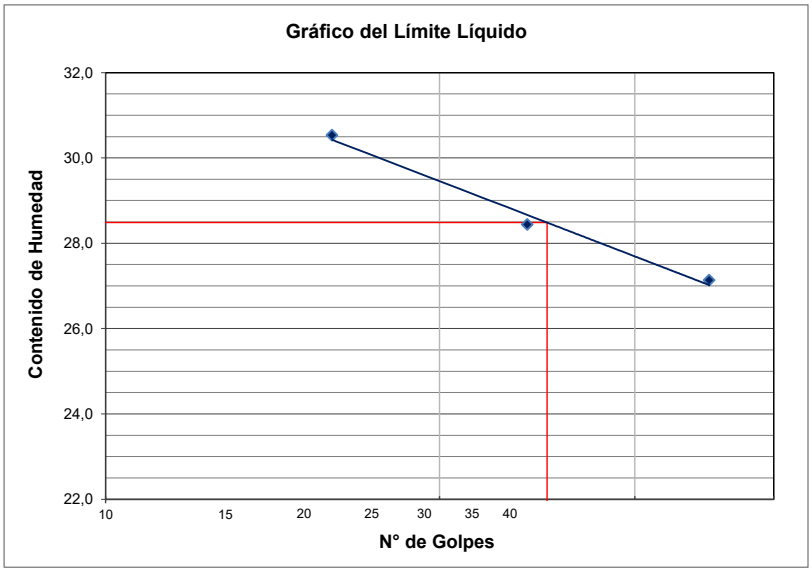
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 2 M-06				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona frente sector campamento				Fecha de Ensayo	15/11/22	
Coordenadas	Norte	6 435 524	Este	2 456 832	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**16**	**24**	**35**	
Nº de Recipiente	24	25	26	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	32,27	32,16	33,93	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	27,11	27,14	28,94	
Peso del Recipiente (g)	10,21	9,49	10,55	
Peso del Agua (g)	5,16	5,02	4,99	
Peso del Suelo Seco (g)	16,90	17,65	18,39	
Contenido de Humedad (%)	**30,53**	**28,44**	**27,13**	

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	27	28	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	21,26	31,69	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	19,41	28,28	
Peso del Recipiente (g)	9,95	10,65	
Peso del Agua (g)	1,85	3,41	
Peso del Suelo Seco (g)	9,46	17,63	
Contenido de Humedad (%)	**19,56**	**19,34**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	14,80

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
28	**19**	**9**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorgre	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 2 M-07	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona frente sector campamento	Fecha de Ensayo	04/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 524	Este 2 456 832	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	304,0	304,0	2,8	2,8	97,2		
1"	25,000	258,5	562,5	2,4	5,2	94,8		
3/4"	19,000	509,5	1072,0	4,7	9,9	90,1		
1/2"	12,500	884,0	1956,0	8,1	18,0	82,0		
3/8"	9,500	776,5	2732,5	7,1	25,1	74,9		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2236,0	4968,5	20,5	45,6	54,4		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	138,4	138,4	16,1	61,7	38,3		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	191,2	329,5	22,2	83,9	16,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	67,0	396,5	7,8	91,7	8,3		
Fondo		71,53	468,0	8,3	100,0	0,0		
TOTAL		**468,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**10915,5**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**468,0**
Constante < de N° 4	**0,11623932**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**SW - SC**

Arena bien gradada con arcilla y grava

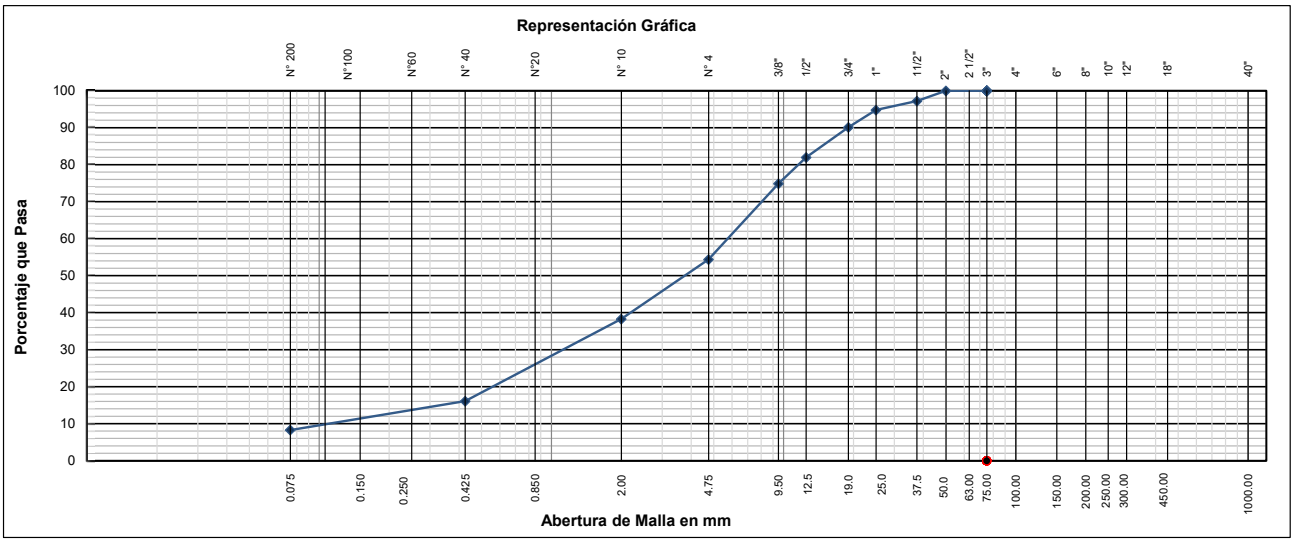
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	468,0	Grava (%)	45,6
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	46,1
Peso del Agua (g)	32,0	**Pasante N° 200**	8,3
Peso Seco sin T (g)	468,0		
% de Humedad	6,8		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	26
Límite Plástico	19
Índice de Plasticidad	7

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,74	CU	52,44
D30	1,12	CC	2,00
D10	0,11		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

SIG AND

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

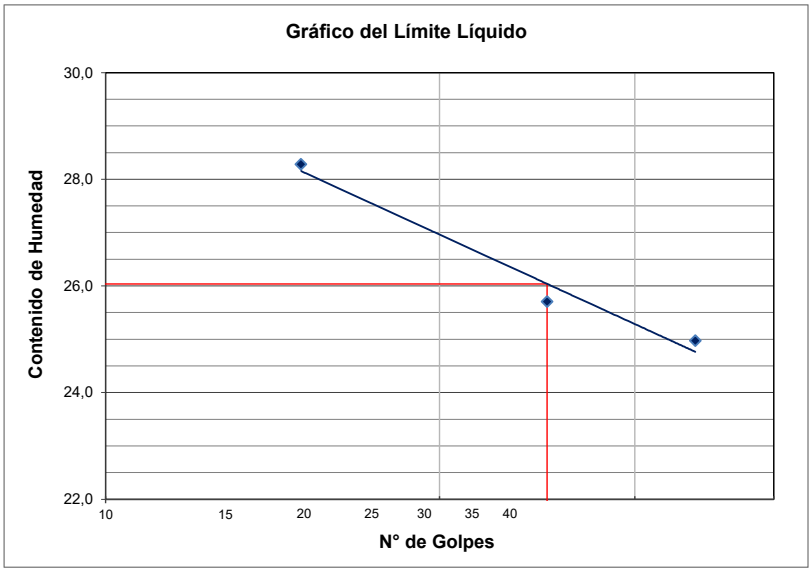
Proyecto	San Jorgre				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 2 M-07				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona frente sector campamento				Fecha de Ensayo	15/11/22	
Coordenadas	Norte	6 435 524	Este	2 456 832	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**15**	**25**	**34**	
Nº de Recipiente	1	2	3	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,6	30,81	33,95	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	26,03	26,52	29,2	
Peso del Recipiente (g)	9,87	9,83	10,18	
Peso del Agua (g)	4,57	4,29	4,75	
Peso del Suelo Seco (g)	16,16	16,69	19,02	
Contenido de Humedad (%)	**28,28**	**25,70**	**24,97**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	16,10

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	4	5	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	32,25	30,89	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,82	27,57	
Peso del Recipiente (g)	10,88	10,41	
Peso del Agua (g)	3,43	3,32	
Peso del Suelo Seco (g)	17,94	17,16	
Contenido de Humedad (%)	**19,12**	**19,35**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
26	**19**	**7**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 3 M-04	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	Conducción	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona cercana curso de agua	Fecha de Ensayo	02/11/22
Coordenadas	Norte 6 437 543	Este 2 453 707	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas color beige claro.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	353,0	353,0	1,7	1,7	98,3		
11/2"	37,500	835,0	1188,0	4,0	5,7	94,3		
1"	25,000	1400,5	2588,5	6,8	12,5	87,5		
3/4"	19,000	1354,5	3943,0	6,6	19,1	80,9		
1/2"	12,500	2054,5	5997,5	9,9	29,0	71,0		
3/8"	9,500	1497,5	7495,0	7,2	36,2	63,8		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3810,0	11305,0	18,4	54,6	45,4		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	173,0	173,0	15,9	70,5	29,5		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	174,7	347,7	16,1	86,6	13,4		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	68,6	416,3	6,3	92,9	7,1		
Fondo		77,20	493,5	7,1	100,0	0,0		
TOTAL		**493,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20658,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**493,5**		
Constante < de N° 4	**0,09199595**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GP - GC**		

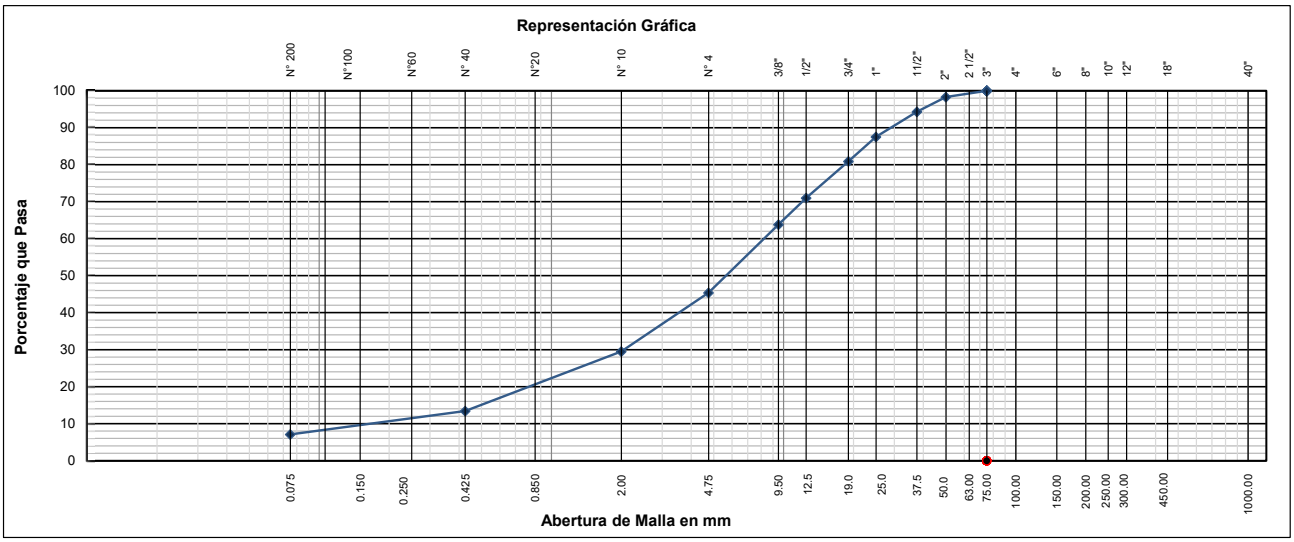
Grava pobremente gradada con arcilla y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	493,5	Grava (%)	54,6
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	38,3
Peso del Agua (g)	6,5	**Pasante N° 200**	7,1
Peso Seco sin T (g)	493,5		
% de Humedad	1,3		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	28
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	11

Otros Valores de Granulometría			
D60	8,23	CU	49,40
D30	2,06	CC	3,08
D10	0,17		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

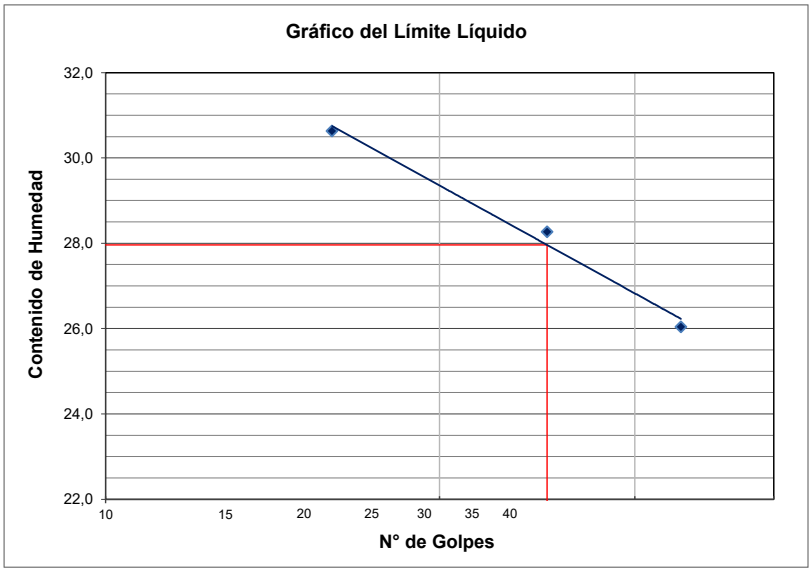
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 3 M-04				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	Conducción				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona cercana curso de agua				Fecha de Ensayo	03/11/22	
Coordenadas	Norte	6 437 543	Este	2 453 707	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**33**	**25**	**16**	
Nº de Recipiente	T-28	T-27	T-26	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	35,82	29,37	32,6	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	30,62	25,09	27,43	
Peso del Recipiente (g)	10,65	9,95	10,55	
Peso del Agua (g)	5,20	4,28	5,17	
Peso del Suelo Seco (g)	19,97	15,14	16,88	
Contenido de Humedad (%)	**26,04**	**28,27**	**30,63**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	13,40

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	T-25	T-24	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	28,38	30,63	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	25,68	27,48	
Peso del Recipiente (g)	9,47	10,21	
Peso del Agua (g)	2,70	3,15	
Peso del Suelo Seco (g)	16,21	17,27	
Contenido de Humedad (%)	**16,66**	**18,24**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
28	**17**	**11**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 3 M-05	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	Conducciòn	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona cercana curso de agua	Fecha de Ensayo	03/11/22
Coordenadas	Norte 6 437 543	Este 2 453 707	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas color ladrillo.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	1364,5	1364,5	9,3	9,3	90,7		
11/2"	37,500	1123,0	2487,5	7,7	17,0	83,0		
1"	25,000	1750,5	4238,0	11,9	28,9	71,1		
3/4"	19,000	968,0	5206,0	6,6	35,5	64,5		
1/2"	12,500	1244,5	6450,5	8,5	44,0	56,0		
3/8"	9,500	807,0	7257,5	5,5	49,5	50,5		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	1860,5	9118,0	12,7	62,2	37,8		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	165,0	165,0	12,6	74,8	25,2		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	143,3	308,3	10,9	85,7	14,3		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	72,7	381,0	5,5	91,2	8,8		
Fondo		114,55	495,5	8,8	100,0	0,0		
TOTAL		**495,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**14677,5**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**495,5**		
Constante < de N° 4	**0,07628658**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GP - GC**		

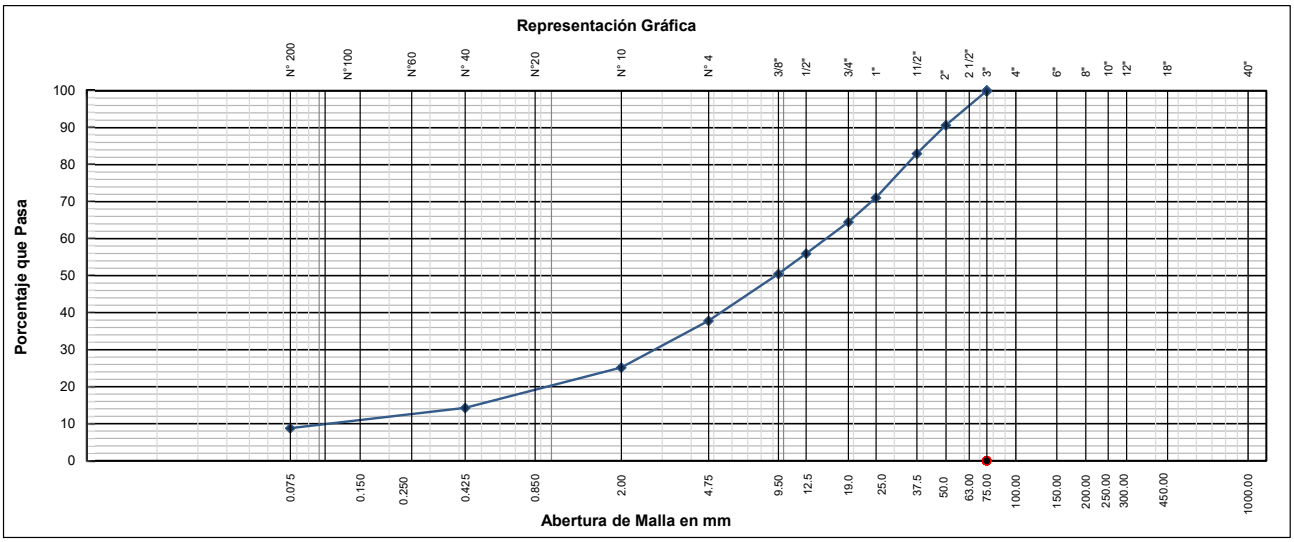
Grava pobremente gradada con arcilla y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	495,5	Grava (%)	62,2
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	29,0
Peso del Agua (g)	4,5	**Pasante N° 200**	8,8
Peso Seco sin T (g)	495,5		
% de Humedad	0,9		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	33
Límite Plástico	19
Índice de Plasticidad	14

Otros Valores de Granulometría			
D60	15,22	CU	139,01
D30	2,78	CC	4,64
D10	0,11		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

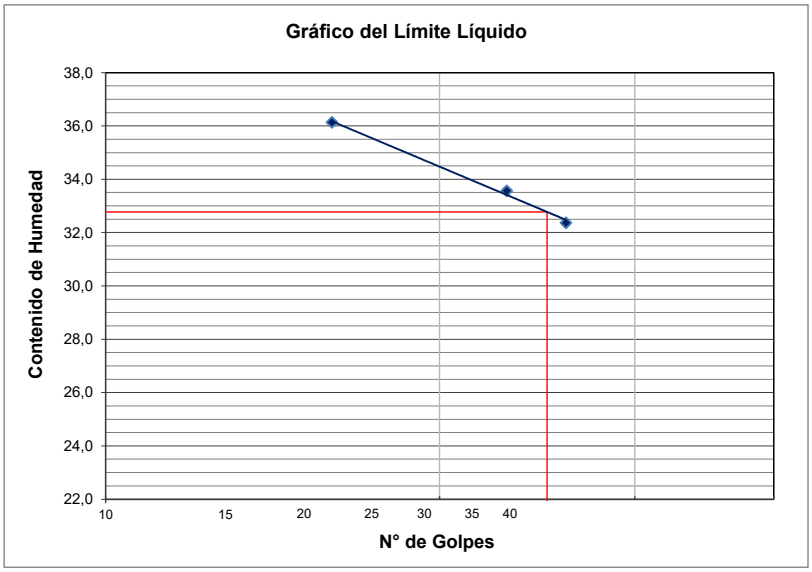
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 3 M-05				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	Conducciòn				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona cercana curso de agua				Fecha de Ensayo	04/11/22	
Coordenadas	Norte	6 437 543	Este	2 453 707	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**26**	**23**	**16**	
Nº de Recipiente	T-01	T-02	T-03	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,36	31,55	32,68	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	25,35	26,09	26,7	
Peso del Recipiente (g)	9,87	9,82	10,15	
Peso del Agua (g)	5,01	5,46	5,98	
Peso del Suelo Seco (g)	15,48	16,27	16,55	
Contenido de Humedad (%)	**32,36**	**33,56**	**36,13**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	14,30

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	T-04	T-05	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,44	30,94	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,17	27,59	
Peso del Recipiente (g)	10,88	10,41	
Peso del Agua (g)	3,27	3,35	
Peso del Suelo Seco (g)	17,29	17,18	
Contenido de Humedad (%)	**18,91**	**19,50**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
33	**19**	**14**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 4 M-01	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	Obra de Toma	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona obra de toma	Fecha de Ensayo	01/11/22
Coordenadas	Norte 6 437 695	Este 2 453 287	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas color gris oscuro con abunantes raìces.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	742,0	742,0	3,9	3,9	96,1		
11/2"	37,500	2404,0	3146,0	12,5	16,4	83,6		
1"	25,000	2617,0	5763,0	13,6	30,0	70,0		
3/4"	19,000	1759,0	7522,0	9,2	39,2	60,8		
1/2"	12,500	2033,5	9555,5	10,6	49,8	50,2		
3/8"	9,500	1315,0	10870,5	6,8	56,6	43,4		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2612,0	13482,5	13,6	70,2	29,8		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	140,8	140,8	8,7	78,9	21,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	160,5	301,3	9,9	88,8	11,2		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	92,1	393,4	5,7	94,5	5,5		
Fondo		87,60	481,0	5,5	100,0	0,0		
TOTAL		**481,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**19223,0**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**481,0**
Constante < de N° 4	**0,06195426**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GP - GM**

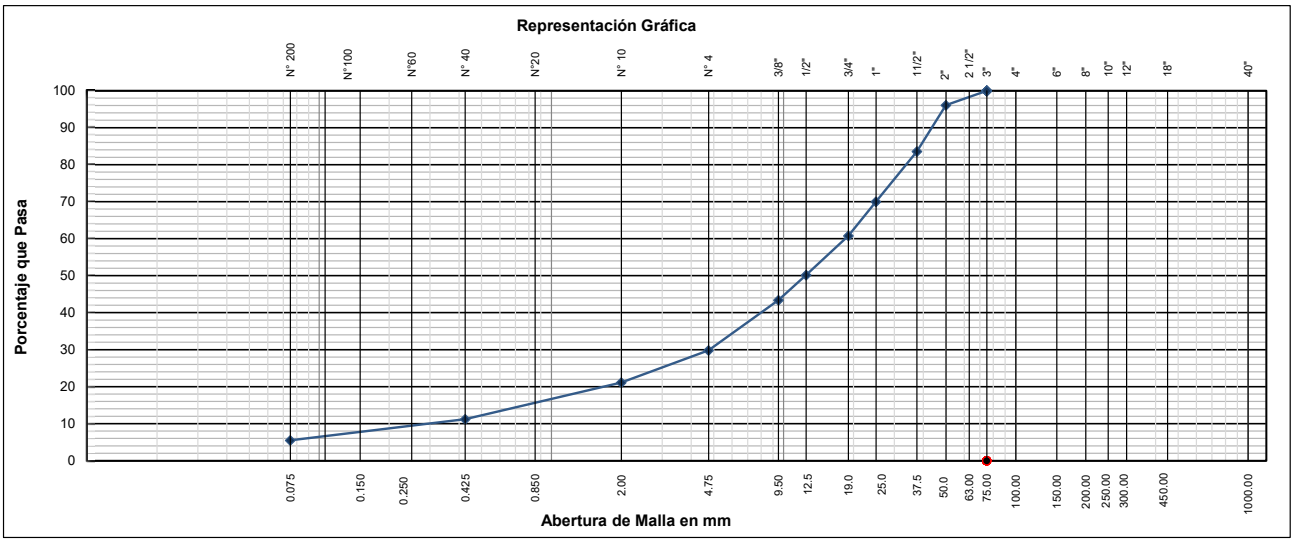
Grava pobremente gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	481,0	Grava (%)	70,2
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	24,3
Peso del Agua (g)	19,0	**Pasante N° 200**	5,5
Peso Seco sin T (g)	481,0		
% de Humedad	4,0		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	18,41	CU	62,41
D30	4,80	CC	4,24
D10	0,29		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

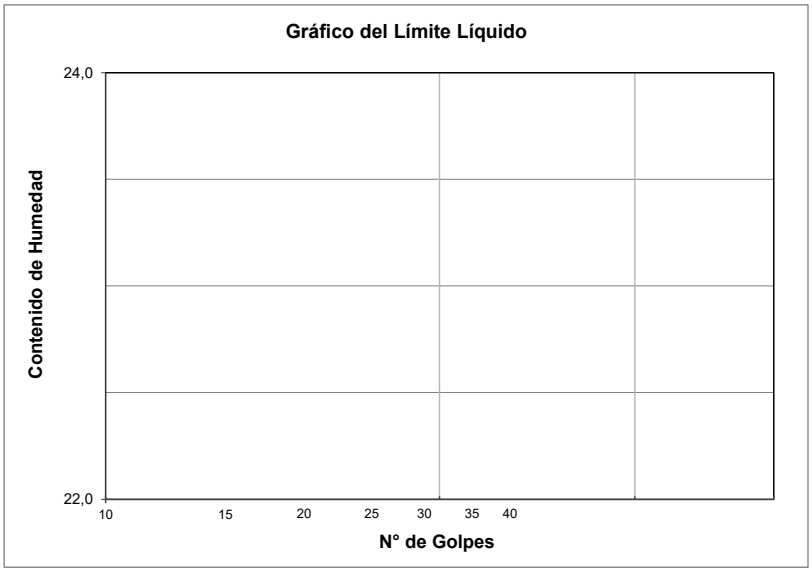
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 4 M-01				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	Obra de Toma				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona obra de toma				Fecha de Ensayo	03/11/22	
Coordenadas	Norte	6 437 695	Este	2 453 287	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	11,20

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 4 M-02	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	Obra de Toma	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona obra de toma	Fecha de Ensayo	02/11/22
Coordenadas	Norte 6 437 695	Este 2 453 287	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas color gris oscuro con raìces.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	525,5	525,5	3,3	3,3	96,7		
11/2"	37,500	1691,5	2217,0	10,6	13,9	86,1		
1"	25,000	1864,5	4081,5	11,7	25,6	74,4		
3/4"	19,000	1457,5	5539,0	9,2	34,8	65,2		
1/2"	12,500	2079,5	7618,5	13,1	47,9	52,1		
3/8"	9,500	1058,0	8676,5	6,7	54,6	45,4		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2026,5	10703,0	12,7	67,3	32,7		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	141,2	141,2	9,4	76,7	23,3		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	163,3	304,5	10,9	87,6	12,4		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	83,7	388,2	5,6	93,2	6,8		
Fondo		100,80	489,0	6,8	100,0	0,0		
TOTAL		**489,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**15898,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**489,0**		
Constante < de N° 4	**0,06687117**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GP - GM**		

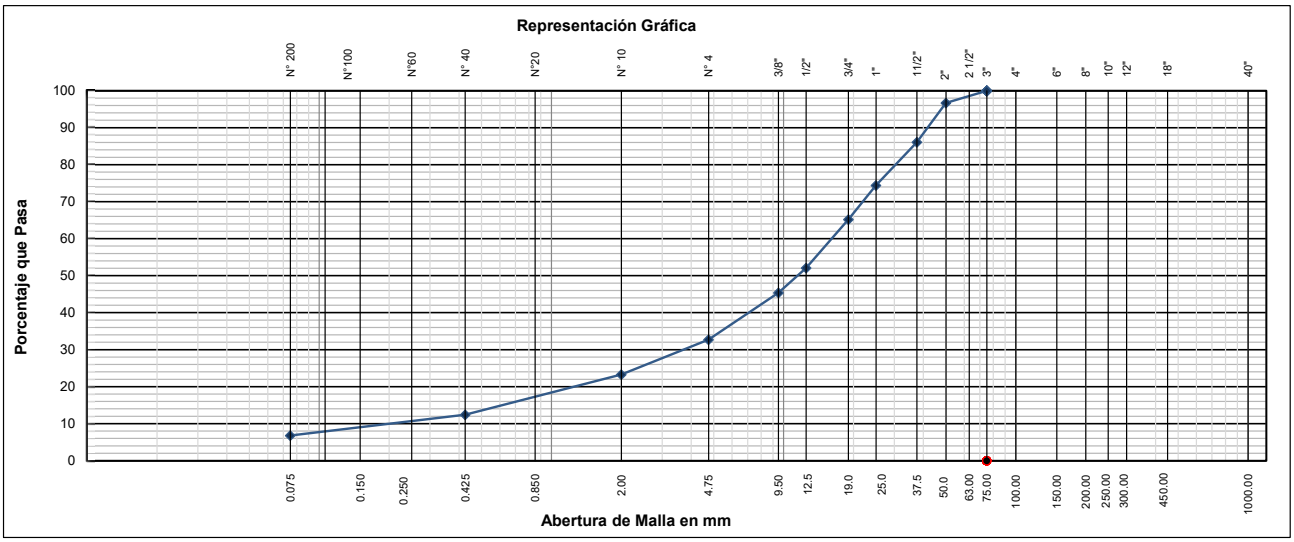
Grava pobremente gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	489,0	Grava (%)	67,3
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	25,9
Peso del Agua (g)	11,0	**Pasante N° 200**	6,8
Peso Seco sin T (g)	489,0		
% de Humedad	2,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	16,09	CU	79,62
D30	3,71	CC	4,22
D10	0,20		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

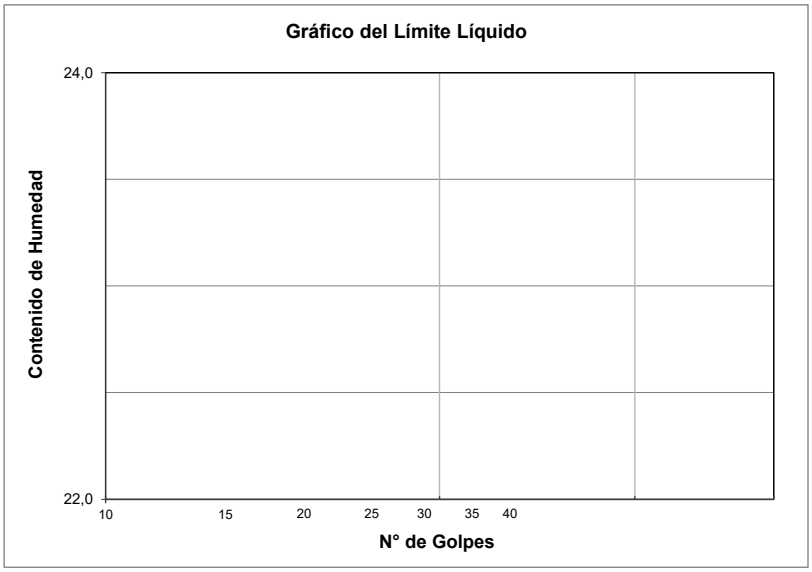
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 4 M-02				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	Obra de Toma				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona obra de toma				Fecha de Ensayo	03/11/22	
Coordenadas	Norte	6 437 695	Este	2 453 287	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	12,40

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio
Firma:
Nombre:
Fecha:

Ing. Supervisor
Firma:
Nombre:
Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 4 M-03	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	Obra de Toma	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona obra de toma	Fecha de Ensayo	03/11/22
Coordenadas	Norte 6 437 695	Este 2 453 287	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas color gris claro.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	1254,0	1254,0	7,8	7,8	92,2		
11/2"	37,500	706,0	1960,0	4,4	12,2	87,8		
1"	25,000	2036,5	3996,5	12,7	24,9	75,1		
3/4"	19,000	988,5	4985,0	6,2	31,1	68,9		
1/2"	12,500	1476,0	6461,0	9,2	40,3	59,7		
3/8"	9,500	796,5	7257,5	5,0	45,3	54,7		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	1891,5	9149,0	11,8	57,1	42,9		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	123,1	123,1	10,9	68,0	32,0		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	161,1	284,2	14,3	82,3	17,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	77,5	361,7	6,9	89,2	10,8		
Fondo		122,80	484,5	10,8	100,0	0,0		
TOTAL		**484,50**				100,0		

Peso Total Seco (g) 16049,0
Peso Fracción 3" (g) -
Constante < de 3" -
Peso Fracción N°4 (g) 484,5
Constante < de N° 4 0,08854489
Temperatura de Secado : 110 °C
Clasificación AASHTO ____
Clasificación SUCS GP - GC

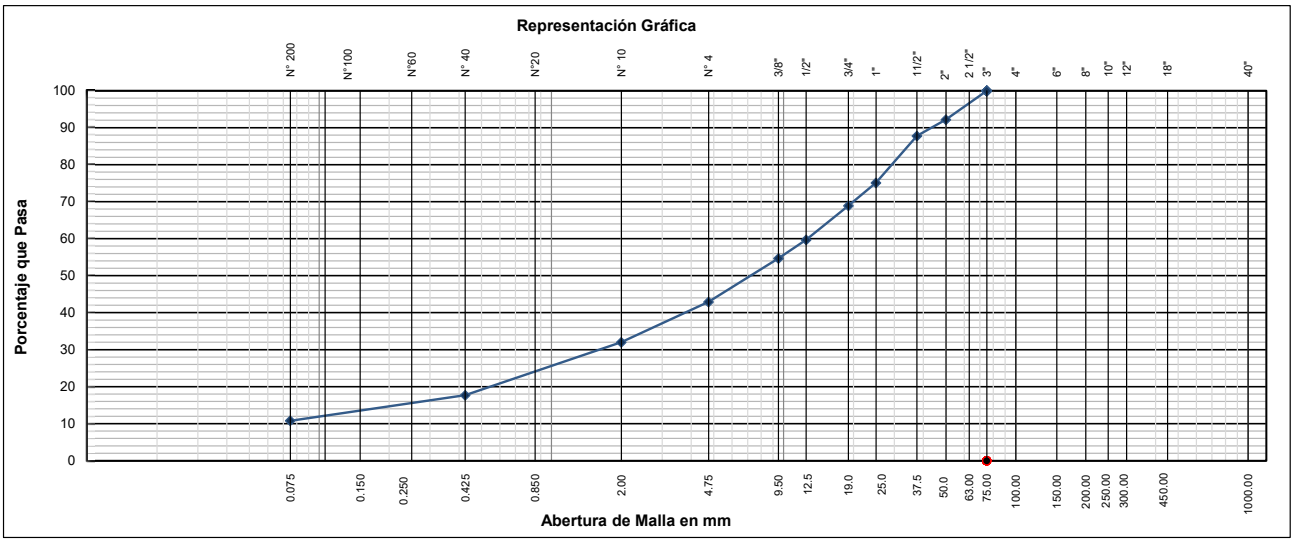
Grava pobremente gradada con arcilla y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	484,5	Grava (%)	57,1
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	32,1
Peso del Agua (g)	15,5	**Pasante N° 200**	10,8
Peso Seco sin T (g)	484,5		
% de Humedad	3,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	13

Otros Valores de Granulometría			
D60	12,67	CU	206,60
D30	1,61	CC	3,34
D10	0,06		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

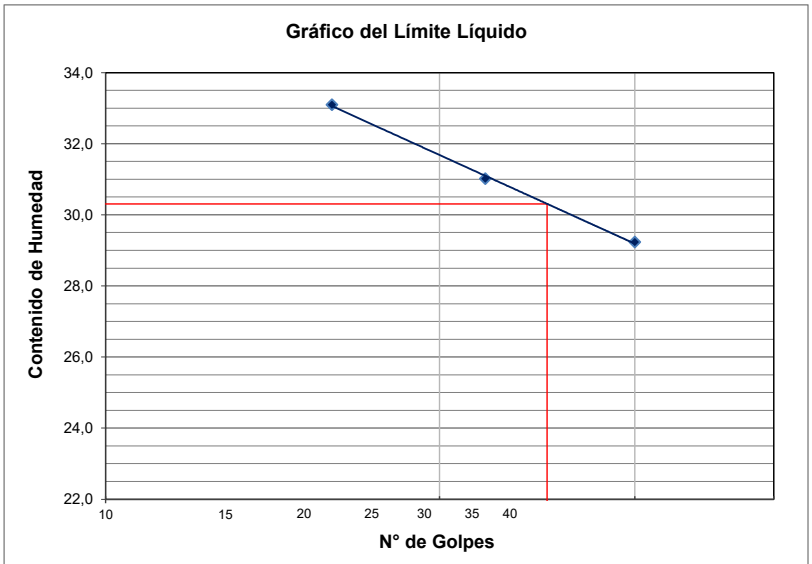
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 4 M-03				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	Obra de Toma				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona obra de toma				Fecha de Ensayo	04/11/22	
Coordenadas	Norte	6 437 695	Este	2 453 287	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**30**	**22**	**16**	
Nº de Recipiente	T-24	T-25	T-26	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,61	30,93	34,97	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	26,77	25,85	28,9	
Peso del Recipiente (g)	10,21	9,47	10,56	
Peso del Agua (g)	4,84	5,08	6,07	
Peso del Suelo Seco (g)	16,56	16,38	18,34	
Contenido de Humedad (%)	**29,23**	**31,01**	**33,10**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	17,70

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	T-27	T-28	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	21,86	31,03	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	20,18	27,85	
Peso del Recipiente (g)	9,96	10,66	
Peso del Agua (g)	1,68	3,18	
Peso del Suelo Seco (g)	10,22	17,19	
Contenido de Humedad (%)	**16,44**	**18,50**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
30	**17**	**13**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 5 M-08	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona cercana área de trituración y open pit	Fecha de Ensayo	14/11/22
Coordenadas	Norte 6 433 560	Este 2 458 804	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa bien graduada, con presencia de limos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	631,5	631,5	3,7	3,7	96,3		
1"	25,000	981,5	1613,0	5,8	9,5	90,5		
3/4"	19,000	1104,0	2717,0	6,5	16,0	84,0		
1/2"	12,500	1770,0	4487,0	10,4	26,4	73,6		
3/8"	9,500	1278,5	5765,5	7,5	33,9	66,1		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2873,0	8638,5	16,8	50,7	49,3		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	107,4	107,4	11,0	61,7	38,3		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	159,7	267,1	16,4	78,1	21,9		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	115,8	382,9	11,9	90,0	10,0		
Fondo		97,63	480,5	10,0	100,0	0,0		
TOTAL		**480,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**17062,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**480,5**		
Constante < de N° 4	**0,10260146**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GM**		

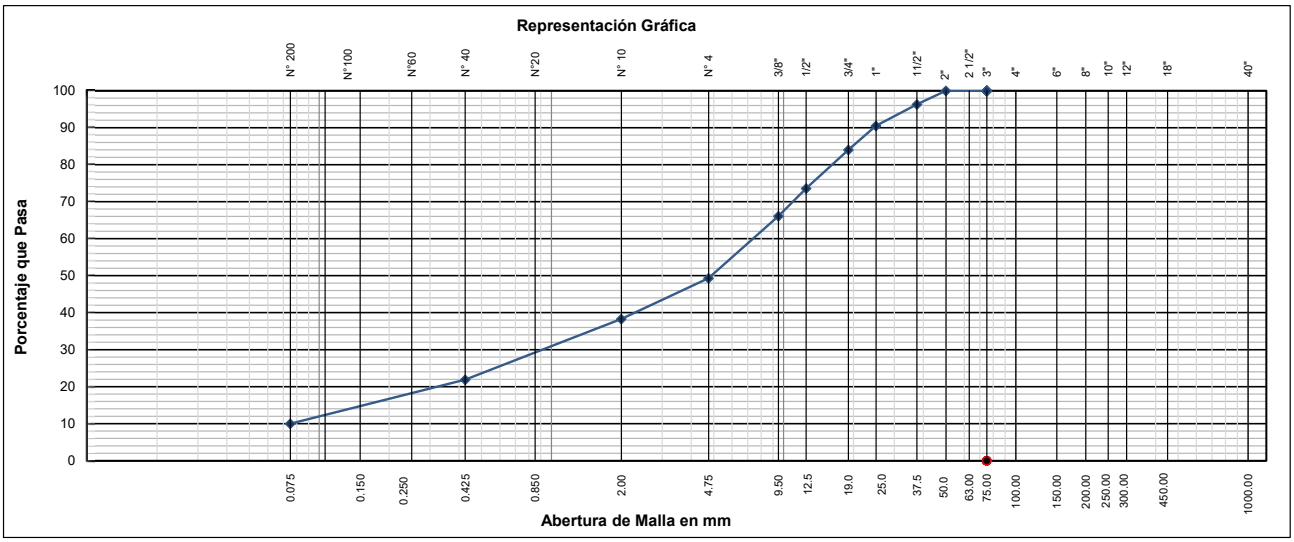
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	480,5	Grava (%)	50,7
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	39,3
Peso del Agua (g)	19,5	**Pasante N° 200**	10,0
Peso Seco sin T (g)	480,5		
% de Humedad	4,1		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	7,39	CU	98,48
D30	0,91	CC	1,51
D10	0,08		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes	GEOTECNÍA Límites de Atterberg ASTM D 4318	PROYECTO SAN JORGE
SIG AND		20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

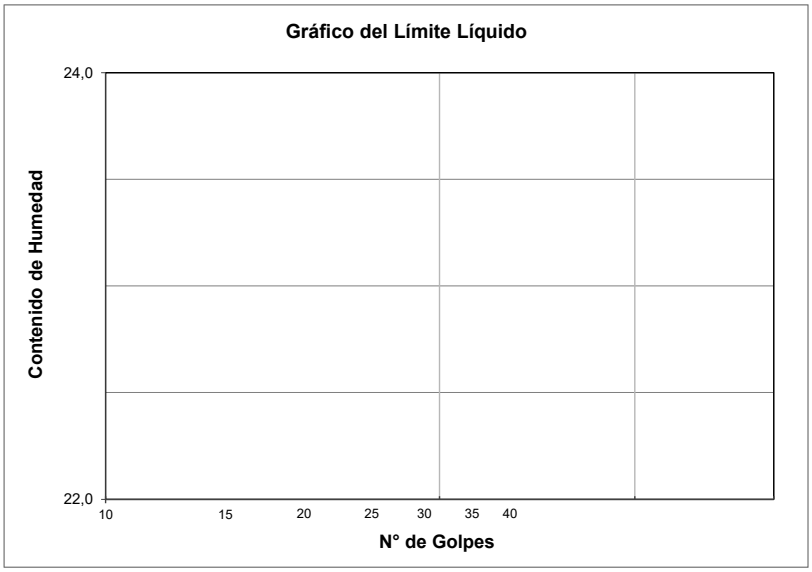
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 5 M-08				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona cercana área de trituración y open pit				Fecha de Ensayo	15/11/22	
Coordenadas	Norte	6 433 560	Este	2 458 804	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	21,90

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$LL = W^n (N / 25)^{0.121}$ ó $LL = kW^n$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 5 M-09	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona cercana área de trituración y open pit	Fecha de Ensayo	14/11/22
Coordenadas	Norte 6 433 560	Este 2 458 804	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con gravas, IP Bajo.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	82,5	82,5	0,7	0,7	99,3		
1"	25,000	690,5	773,0	5,8	6,5	93,5		
3/4"	19,000	536,5	1309,5	4,5	11,0	89,0		
1/2"	12,500	985,5	2295,0	8,3	19,3	80,7		
3/8"	9,500	825,5	3120,5	7,0	26,3	73,7		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2274,0	5394,5	19,2	45,5	54,5		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	115,3	115,3	13,1	58,6	41,4		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	192,9	308,2	21,9	80,5	19,5		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	98,4	406,6	11,2	91,7	8,3		
Fondo		73,40	480,0	8,3	100,0	0,0		
TOTAL		**480,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**11871,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**480,0**		
Constante < de N° 4	**0,11354167**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**SW - SC - SM**		

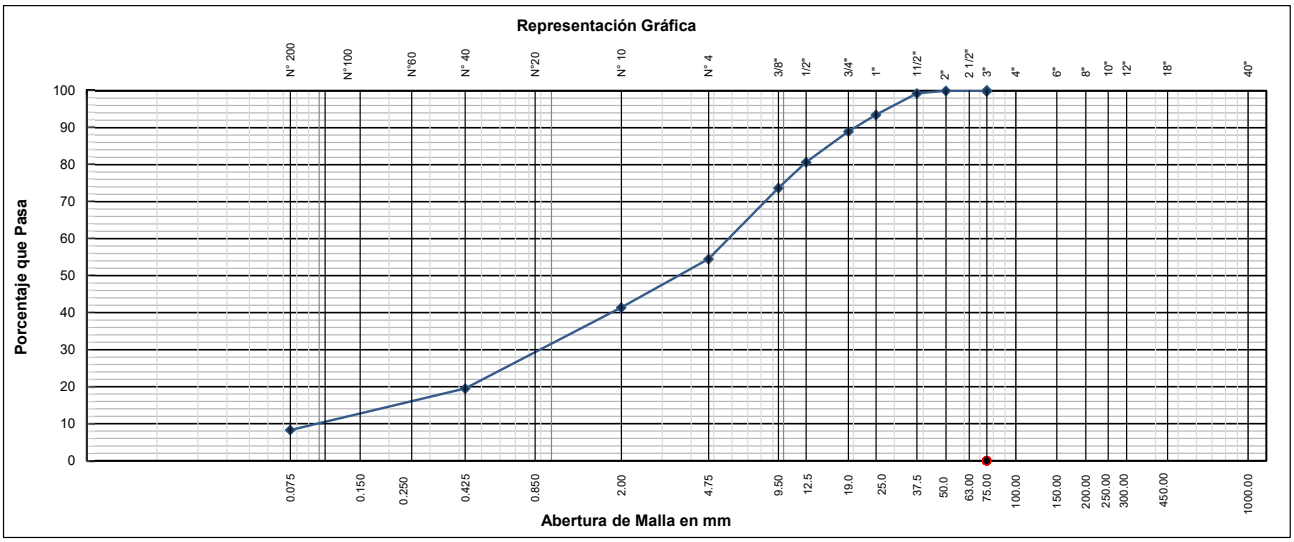
Arena bien gradada con arcilla limosa y grava

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	480,0	Grava (%)	45,5
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	46,2
Peso del Agua (g)	20,0	**Pasante N° 200**	8,3
Peso Seco sin T (g)	480,0		
% de Humedad	4,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	23
Límite Plástico	18
Índice de Plasticidad	5

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,79	CU	59,36
D30	0,89	CC	1,41
D10	0,10		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

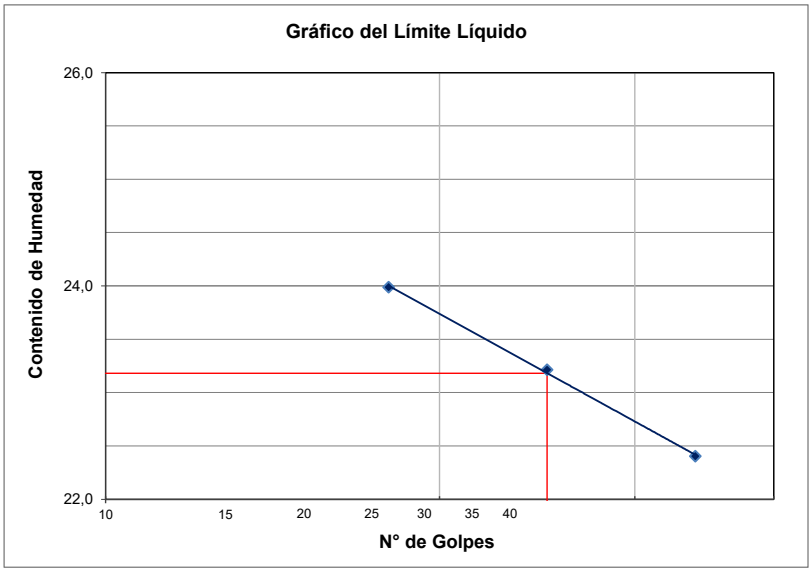
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 5 M-09				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona cercana área de trituración y open pit				Fecha de Ensayo	16/11/22	
Coordenadas	Norte	6 433 560	Este	2 458 804	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**34**	**25**	**18**	
Nº de Recipiente	11	12	13	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	35,43	35,25	31,02	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	30,86	30,61	26,88	
Peso del Recipiente (g)	10,46	10,62	9,62	
Peso del Agua (g)	4,57	4,64	4,14	
Peso del Suelo Seco (g)	20,40	19,99	17,26	
Contenido de Humedad (%)	**22,40**	**23,21**	**23,99**	

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	14	15	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,94	31,48	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	27,77	28,23	
Peso del Recipiente (g)	10,77	10,54	
Peso del Agua (g)	3,17	3,25	
Peso del Suelo Seco (g)	17,00	17,69	
Contenido de Humedad (%)	**18,65**	**18,37**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	19,50

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$LL = W^n (N / 25)^{0.121}$ ó $LL = kW^n$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
23	**18**	**5**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 6 M-10	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	26/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona campamento	Fecha de Ensayo	14/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 834	Este 2 457 355	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa, bien graduada, sin presencia de bochones.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	407,5	407,5	4,0	4,0	96,0		
1"	25,000	619,5	1027,0	6,1	10,1	89,9		
3/4"	19,000	781,0	1808,0	7,7	17,8	82,2		
1/2"	12,500	1305,5	3113,5	12,9	30,7	69,3		
3/8"	9,500	840,5	3954,0	8,3	39,0	61,0		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	1934,5	5888,5	19,2	58,2	41,8		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	150,0	150,0	13,0	71,2	28,8		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	180,7	330,7	15,7	86,9	13,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	85,7	416,4	7,5	94,4	5,6		
Fondo		64,15	480,5	5,6	100,0	0,0		
TOTAL		**480,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**10082,0**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**480,5**		
Constante < de N° 4	**0,08699272**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GM**		

Grava bien gradada con limo y arena

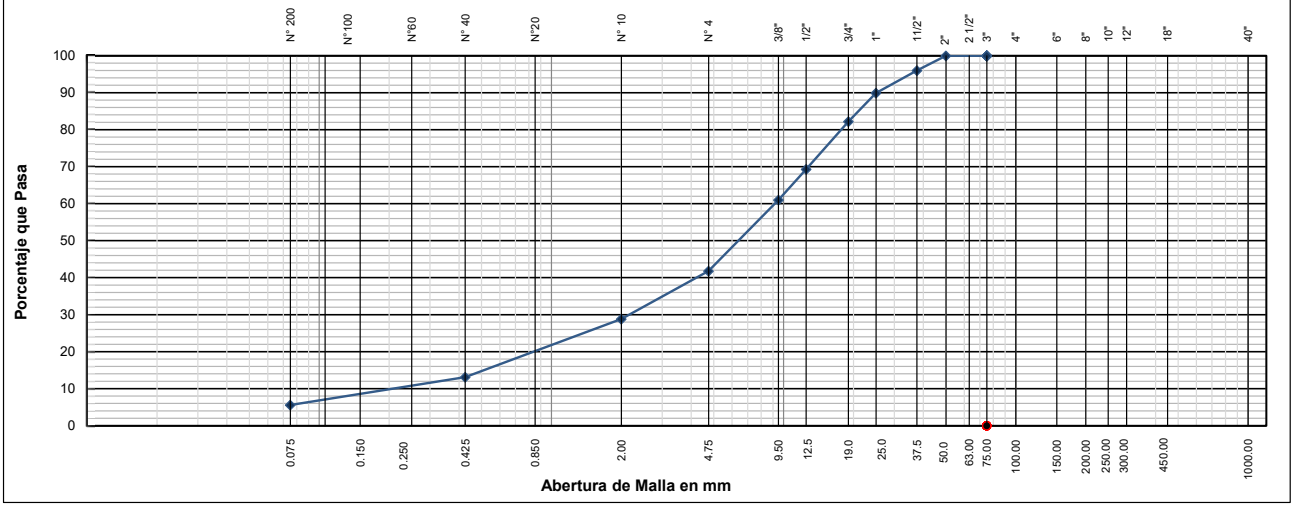
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	480,5	Grava (%)	58,2
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	36,2
Peso del Agua (g)	19,5	**Pasante N° 200**	5,6
Peso Seco sin T (g)	480,5		
% de Humedad	4,1		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	21
Límite Plástico	18
Índice de Plasticidad	3

Otros Valores de Granulometría			
D60	9,16	CU	44,16
D30	2,17	CC	2,47
D10	0,21		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

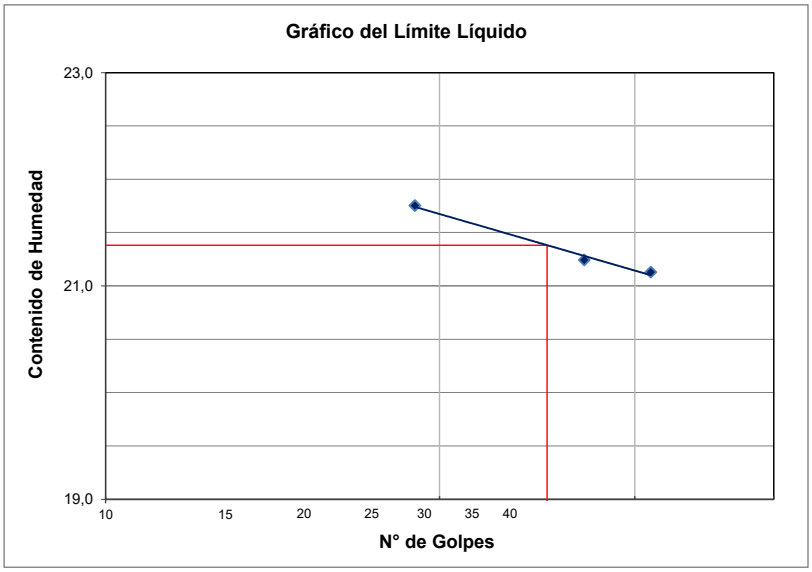
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 6 M-10				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	26/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona campamento				Fecha de Ensayo	16/11/22	
Coordenadas	Norte	6 435 834	Este	2 457 355	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**31**	**27**	**19**	
Nº de Recipiente	6	7	8	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	34,1	33,38	34,66	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	29,83	29,38	30,29	
Peso del Recipiente (g)	9,62	10,55	10,20	
Peso del Agua (g)	4,27	4,00	4,37	
Peso del Suelo Seco (g)	20,21	18,83	20,09	
Contenido de Humedad (%)	**21,13**	**21,24**	**21,75**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	13,10

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	9	10	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	22,09	20,78	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	20,12	19,01	
Peso del Recipiente (g)	9,40	9,70	
Peso del Agua (g)	1,97	1,77	
Peso del Suelo Seco (g)	10,72	9,31	
Contenido de Humedad (%)	**18,38**	**19,01**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
21	**18**	**3**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 07 Prof. 1,00m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona campamento	Fecha de Ensayo	25/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 505	Este 2 458 048	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa, subredondeada, con presencia de bochas.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	1121,0	1121,0	5,8	5,8	94,2		
11/2"	37,500	926,5	2047,5	4,8	10,6	89,4		
1"	25,000	1435,5	3483,0	7,4	18,0	82,0		
3/4"	19,000	1200,0	4683,0	6,2	24,2	75,8		
1/2"	12,500	1835,5	6518,5	9,5	33,7	66,3		
3/8"	9,500	1237,5	7756,0	6,4	40,1	59,9		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2957,5	10713,5	15,3	55,4	44,6		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	124,9	124,9	11,5	66,9	33,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	167,2	292,1	15,4	82,3	17,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	72,9	365,0	6,7	89,0	11,0		
Fondo		120,03	485,0	11,0	100,0	0,0		
TOTAL		**485,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**19313,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**485,0**		
Constante < de N° 4	**0,09195876**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GP - GC**		

Grava pobremente gradada con arcilla y arena

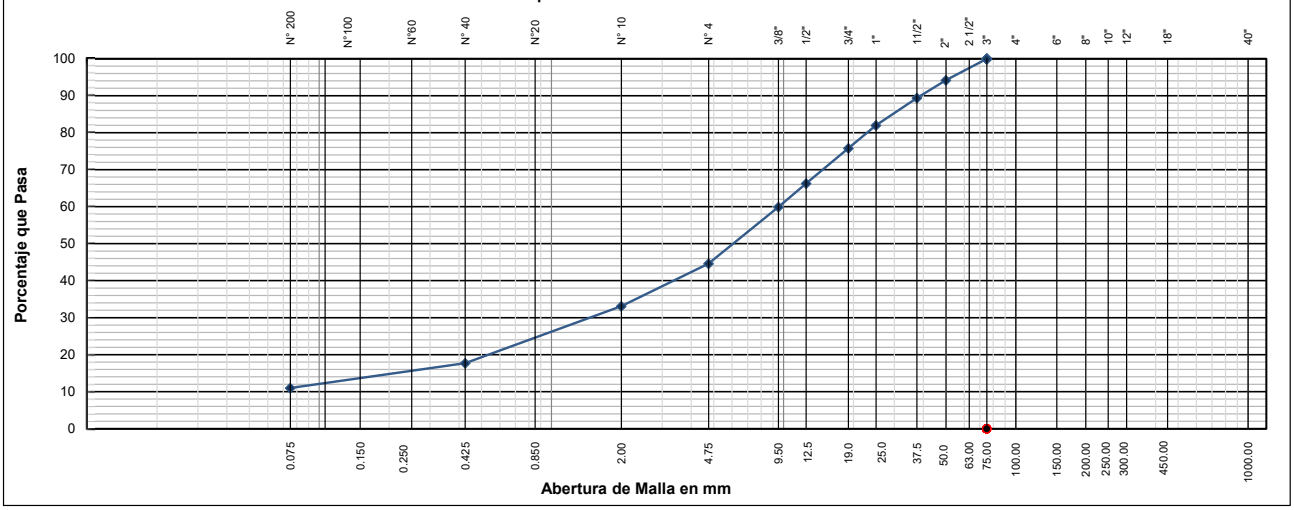
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	485,0	Grava (%)	55,4
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	33,6
Peso del Agua (g)	15,0	**Pasante N° 200**	11,0
Peso Seco sin T (g)	485,0		
% de Humedad	3,1		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	29
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	12

Otros Valores de Granulometría			
D60	9,54	CU	164,80
D30	1,46	CC	3,88
D10	0,06		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

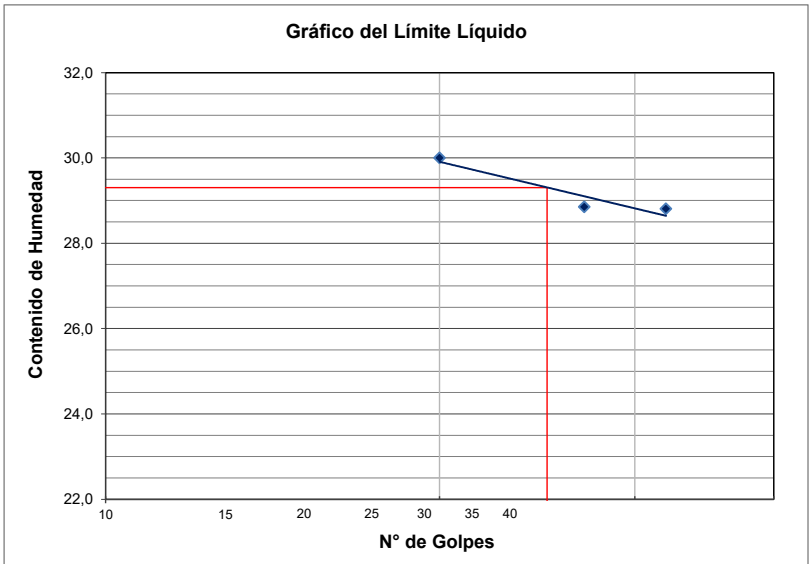
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 07 Prof. 1,00m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona campamento				Fecha de Ensayo	20/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 505	Este	2 458 048	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**32**	**27**	**20**	
Nº de Recipiente	11	12	13	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,12	31,03	24,96	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	26,5	26,46	21,42	
Peso del Recipiente (g)	10,46	10,62	9,62	
Peso del Agua (g)	4,62	4,57	3,54	
Peso del Suelo Seco (g)	16,04	15,84	11,80	
Contenido de Humedad (%)	**28,80**	**28,85**	**30,00**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	17,70

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	14	15	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,11	31,82	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,23	28,47	
Peso del Recipiente (g)	10,77	10,53	
Peso del Agua (g)	2,88	3,35	
Peso del Suelo Seco (g)	17,46	17,94	
Contenido de Humedad (%)	**16,49**	**18,67**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
29	**17**	**12**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 07 Prof. 1,90m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona campamento	Fecha de Ensayo	28/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 505	Este 2 458 048	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo arenoso con presencia de gravas.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	534,5	534,5	2,6	2,6	97,4		
11/2"	37,500	911,5	1446,0	4,4	7,0	93,0		
1"	25,000	1287,0	2733,0	6,1	13,1	86,9		
3/4"	19,000	1138,5	3871,5	5,4	18,5	81,5		
1/2"	12,500	1979,0	5850,5	9,5	28,0	72,0		
3/8"	9,500	1321,0	7171,5	6,3	34,3	65,7		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3559,0	10730,5	17,0	51,3	48,7		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	109,5	109,5	11,2	62,5	37,5		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	198,0	307,5	20,3	82,8	17,2		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	82,9	390,4	8,5	91,3	8,7		
Fondo		85,14	475,5	8,7	100,0	0,0		
TOTAL		**475,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20939,5**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**475,5**		
Constante < de N° 4	**0,10241851**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GC**		

Grava bien gradada con arcilla y arena

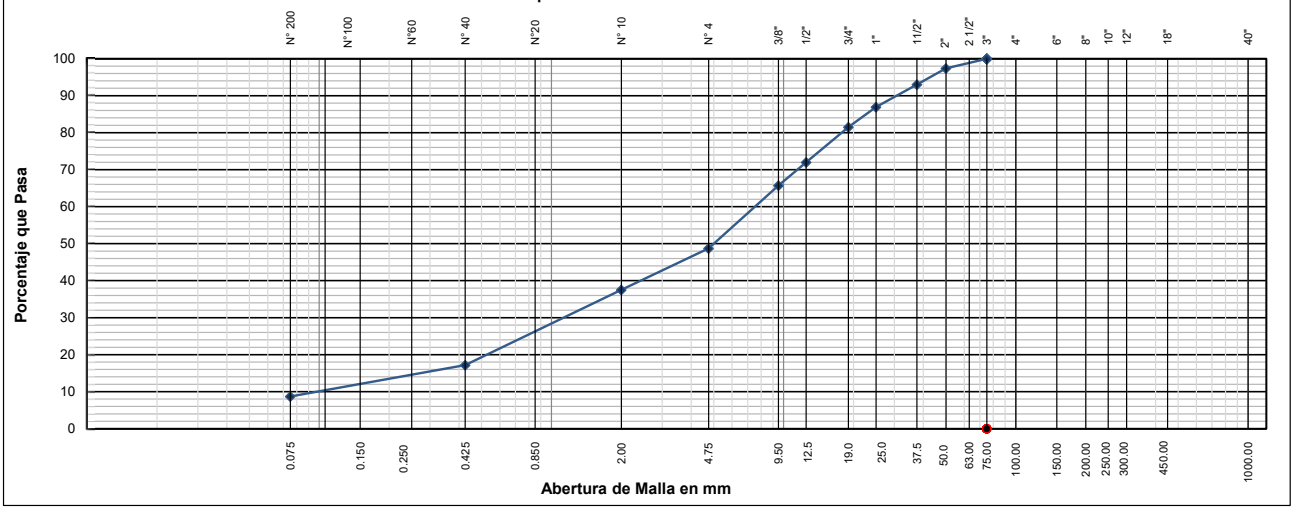
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	475,5	Grava (%)	51,3
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	40,0
Peso del Agua (g)	24,5	**Pasante N° 200**	8,7
Peso Seco sin T (g)	475,5		
% de Humedad	5,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	26
Límite Plástico	15
Índice de Plasticidad	11

Otros Valores de Granulometría			
D60	7,53	CU	77,00
D30	1,13	CC	1,73
D10	0,10		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

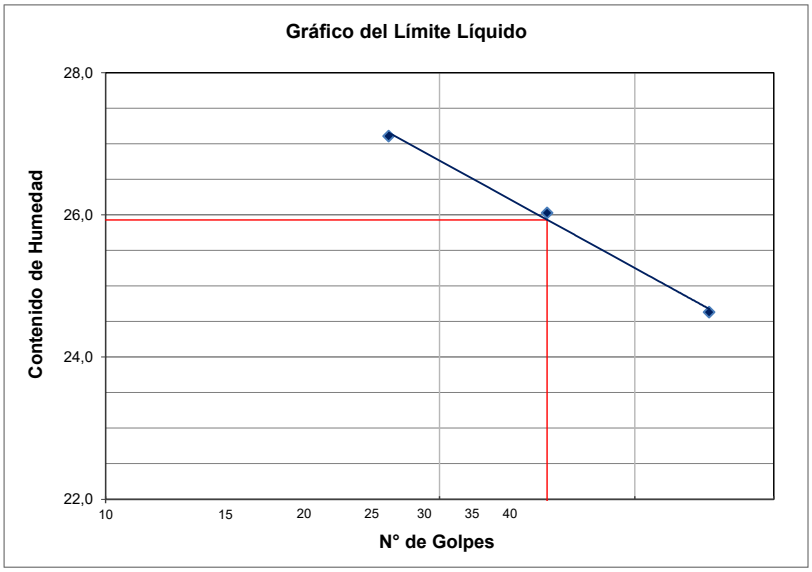
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 07 Prof. 1,90m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona campamento				Fecha de Ensayo	20/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 505	Este	2 458 048	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**25**	**18**	
Nº de Recipiente	16	17	18	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	34,72	30,51	33,46	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	29,92	26,33	28,57	
Peso del Recipiente (g)	10,43	10,27	10,53	
Peso del Agua (g)	4,80	4,18	4,89	
Peso del Suelo Seco (g)	19,49	16,06	18,04	
Contenido de Humedad (%)	**24,63**	**26,03**	**27,11**	

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	19	20	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,34	22,39	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	27,78	20,67	
Peso del Recipiente (g)	10,24	9,75	
Peso del Agua (g)	2,56	1,72	
Peso del Suelo Seco (g)	17,54	10,92	
Contenido de Humedad (%)	**14,60**	**15,75**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	17,20

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
26	**15**	**11**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 07 Prof. 2,30m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona campamento	Fecha de Ensayo	28/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 505	Este 2 458 048	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo arenoso con presencia de gravas.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000					100,0		
3"	75,000	853,5	853,5	4,4	4,4	95,6		
2 1/2"	63,000							
2"	50,000	874,5	1728,0	4,5	8,9	91,1		
11/2"	37,500	1221,0	2949,0	6,3	15,2	84,8		
1"	25,000	1651,5	4600,5	8,5	23,7	76,3		
3/4"	19,000	1139,5	5740,0	5,9	29,6	70,4		
1/2"	12,500	2097,5	7837,5	10,8	40,4	59,6		
3/8"	9,500	1074,5	8912,0	5,5	45,9	54,1		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2710,5	11622,5	13,9	59,8	40,2		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	120,7	120,7	10,2	70,0	30,0		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	164,4	285,1	13,9	83,9	16,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	102,8	387,9	8,7	92,6	7,4		
Fondo		88,62	476,5	7,4	100,0	0,0		
TOTAL		**476,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**19438,0**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**476,5**
Constante < de N° 4	**0,08436516**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GW - GM**

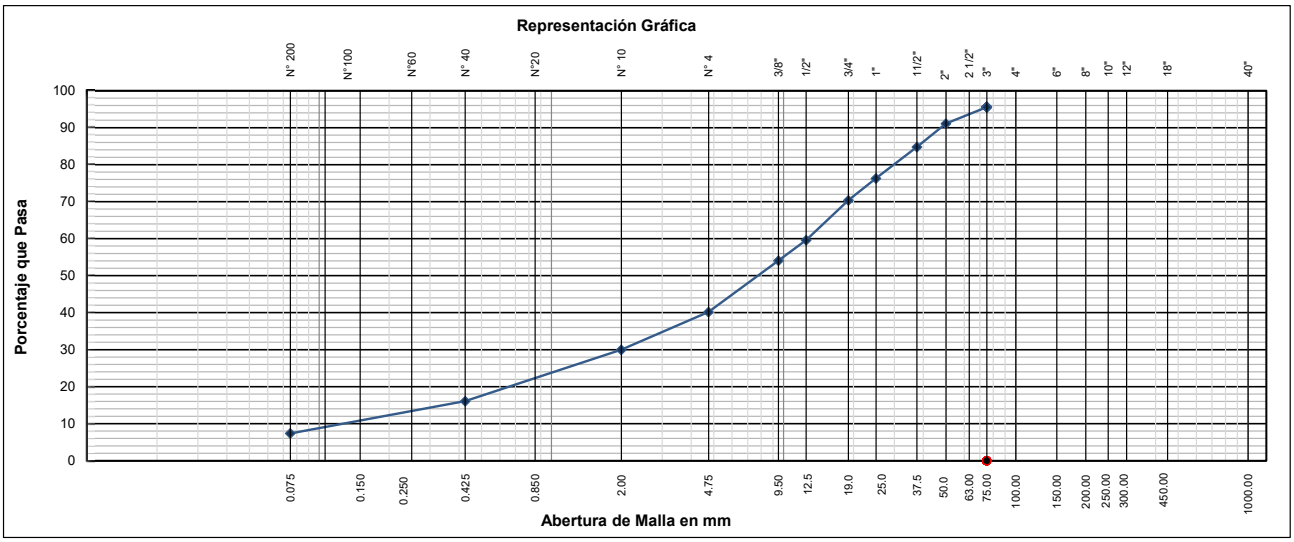
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	4,4
Peso Seco + T (g)	476,5	Grava (%)	55,4
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	32,8
Peso del Agua (g)	23,5	**Pasante N° 200**	7,4
Peso Seco sin T (g)	476,5		
% de Humedad	4,9		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	12,70	CU	100,80
D30	2,00	CC	2,50
D10	0,13		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

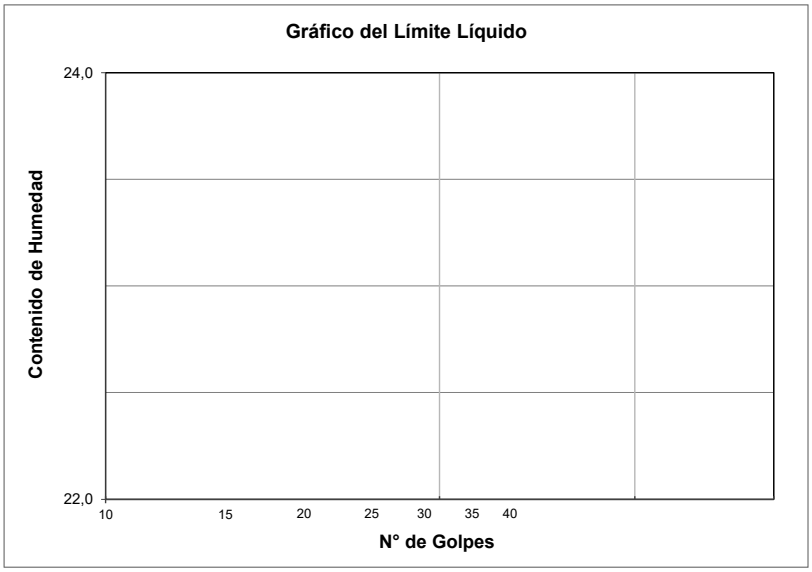
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 07 Prof. 2,30m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona campamento				Fecha de Ensayo	20/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 505	Este	2 458 048	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	16,10

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 08 Prof. 0,85m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona campamento	Fecha de Ensayo	29/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 209	Este 2 458 266	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava subredondeada con presencia de arenas bien graduadas.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	713,0	713,0	3,8	3,8	96,2		
11/2"	37,500	1181,0	1894,0	6,2	10,0	90,0		
1"	25,000	992,5	2886,5	5,2	15,2	84,8		
3/4"	19,000	703,5	3590,0	3,7	18,9	81,1		
1/2"	12,500	1448,5	5038,5	7,6	26,5	73,5		
3/8"	9,500	1035,0	6073,5	5,5	32,0	68,0		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2460,0	8533,5	13,0	45,0	55,0		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	108,4	108,4	12,4	57,4	42,6		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	149,5	258,0	17,0	74,4	25,6		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	76,5	334,5	8,7	83,1	16,9		
Fondo		148,02	482,5	16,9	100,0	0,0		
TOTAL		**482,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**18968,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**482,5**		
Constante < de N° 4	**0,11398964**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GC**		

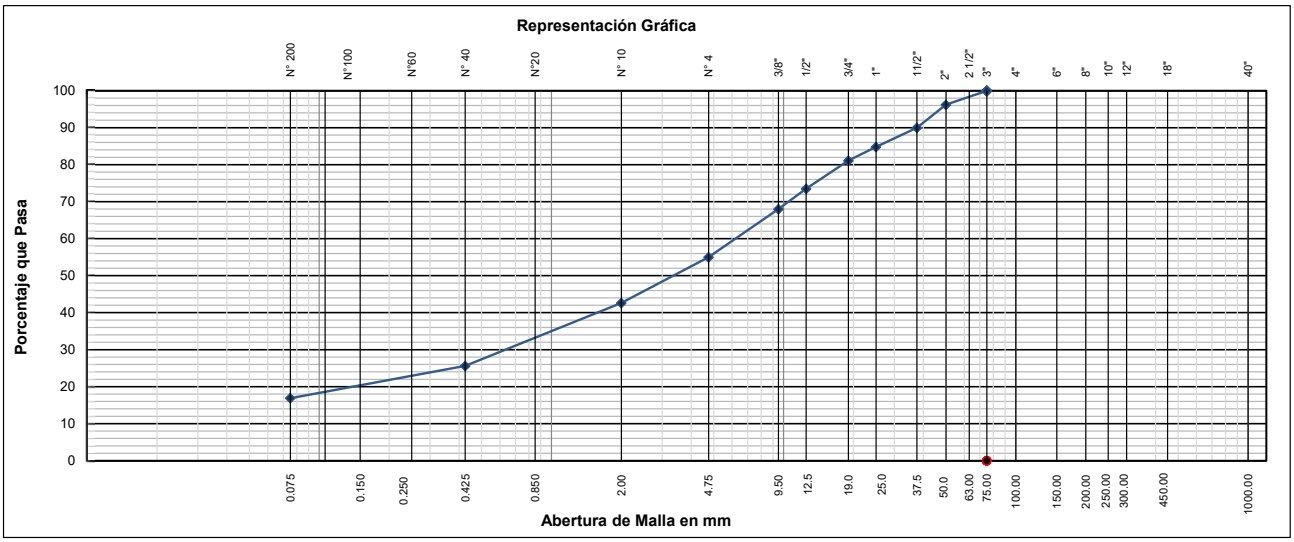
Grava arcillosa con arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	482,5	Grava (%)	45,0
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	38,1
Peso del Agua (g)	17,5	**Pasante N° 200**	16,9
Peso Seco sin T (g)	482,5		
% de Humedad	3,6		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	27
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	10

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,20	CU	327,25
D30	0,63	CC	3,43
D10	0,02		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

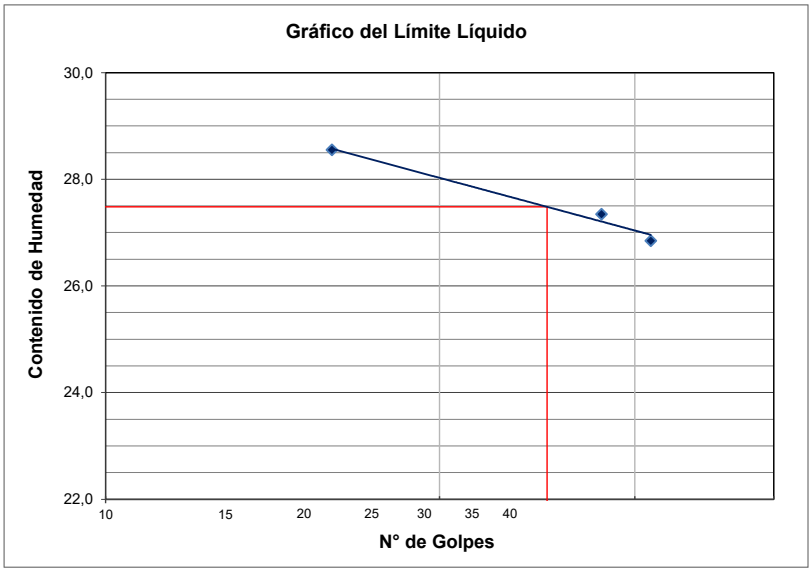
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 08 Prof. 0,85m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona campamento				Fecha de Ensayo	21/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 209	Este	2 458 266	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**31**	**28**	**16**	
Nº de Recipiente	21	22	23	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,06	31,66	35,48	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	26,69	27,08	29,91	
Peso del Recipiente (g)	10,41	10,33	10,40	
Peso del Agua (g)	4,37	4,58	5,57	
Peso del Suelo Seco (g)	16,28	16,75	19,51	
Contenido de Humedad (%)	**26,84**	**27,34**	**28,55**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	25,60

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	24	25	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,73	24,98	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,55	22,64	
Peso del Recipiente (g)	10,21	9,46	
Peso del Agua (g)	3,18	2,34	
Peso del Suelo Seco (g)	18,34	13,18	
Contenido de Humedad (%)	**17,34**	**17,75**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
27	**17**	**10**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 08 Prof. 2,50m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona campamento	Fecha de Ensayo	29/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 209	Este 2 458 266	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava subredondeada con presencia de arenas bien graduadas y bochones.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	832,5	832,5	4,4	4,4	95,6		
11/2"	37,500	1081,5	1914,0	5,7	10,1	89,9		
1"	25,000	1239,0	3153,0	6,6	16,7	83,3		
3/4"	19,000	1360,5	4513,5	7,2	23,9	76,1		
1/2"	12,500	1840,5	6354,0	9,7	33,6	66,4		
3/8"	9,500	1382,5	7736,5	7,3	40,9	59,1		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3167,0	10903,5	16,8	57,7	42,3		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	155,4	155,4	13,6	71,3	28,7		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	178,4	333,8	15,6	86,9	13,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	85,9	419,7	7,5	94,4	5,6		
Fondo		62,85	482,5	5,6	100,0	0,0		
TOTAL		**482,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**18903,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**482,5**		
Constante < de N° 4	**0,08766839**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GM**		

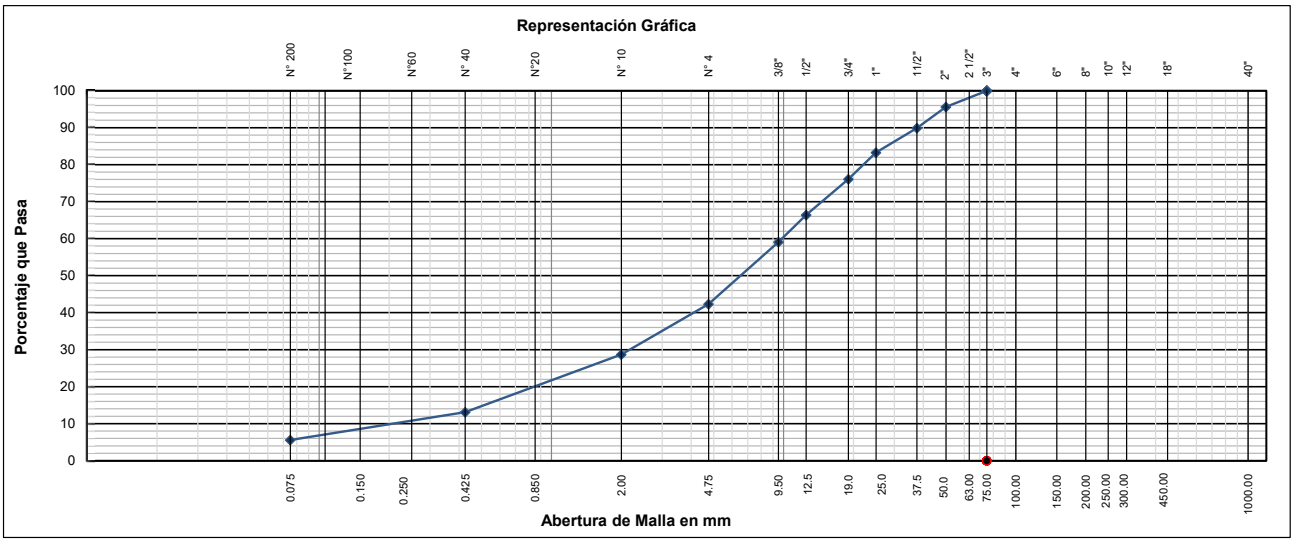
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	482,5	Grava (%)	57,7
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	36,7
Peso del Agua (g)	17,5	**Pasante N° 200**	5,6
Peso Seco sin T (g)	482,5		
% de Humedad	3,6		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	9,83	CU	47,36
D30	2,17	CC	2,31
D10	0,21		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

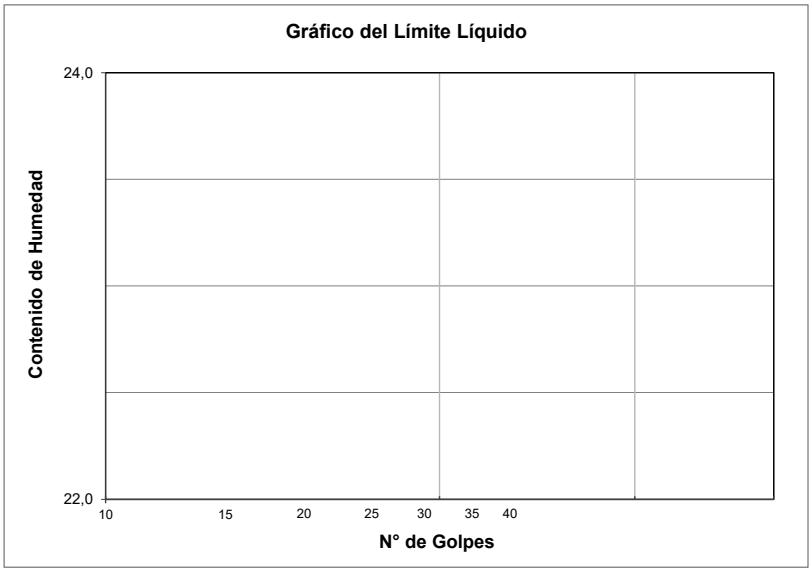
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 08 Prof. 2,50m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona campamento				Fecha de Ensayo	21/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 209	Este	2 458 266	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	13,10

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 09 M-15	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona tratamiento de efluentes	Fecha de Ensayo	22/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 538	Este 2 460 420	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes		
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450,000						
12"	300,000						
10"	250,000						
8"	200,000						
6"	150,000						
4"	100,000						
3"	75,000						
2 1/2"	63,000						
2"	50,000					100,0	
11/2"	37,500	315,5	315,5	1,7	1,7	98,3	
1"	25,000	717,5	1033,0	3,8	5,5	94,5	
3/4"	19,000	788,0	1821,0	4,2	9,7	90,3	
1/2"	12,500	1608,0	3429,0	8,6	18,3	81,7	
3/8"	9,500	1370,0	4799,0	7,3	25,6	74,4	
1/4"	6,300						
N° 4	4,750	3396,5	8195,5	18,2	43,8	56,2	
N° 8	2,360						
N° 10	2,000	138,9	138,9	16,3	60,1	39,9	
N° 16	1,180						
N° 20	0,850						
N° 30	0,600						
N° 40	0,425	144,6	283,5	17,0	77,1	22,9	
N° 50	0,300						
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150						
N° 140	0,106						
N° 200	0,075	97,7	381,2	11,5	88,6	11,4	
Fondo		96,33	477,5	11,4	100,0	0,0	
TOTAL		**477,50**				100,0	

Descripción de la Muestra

Suelo arenoso con poca presencia de gravas.

Peso Total Seco (g)	**18688,5**	
Peso Fracción 3" (g)	**-**	
Constante < de 3"	**-**	
Peso Fracción N°4 (g)	**477,5**	
Constante < de N° 4	**0,11769634**	
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**
Clasificación AASHTO	____	
Clasificación SUCS	**SW - SM**	

Arena bien gradada con limo y grava

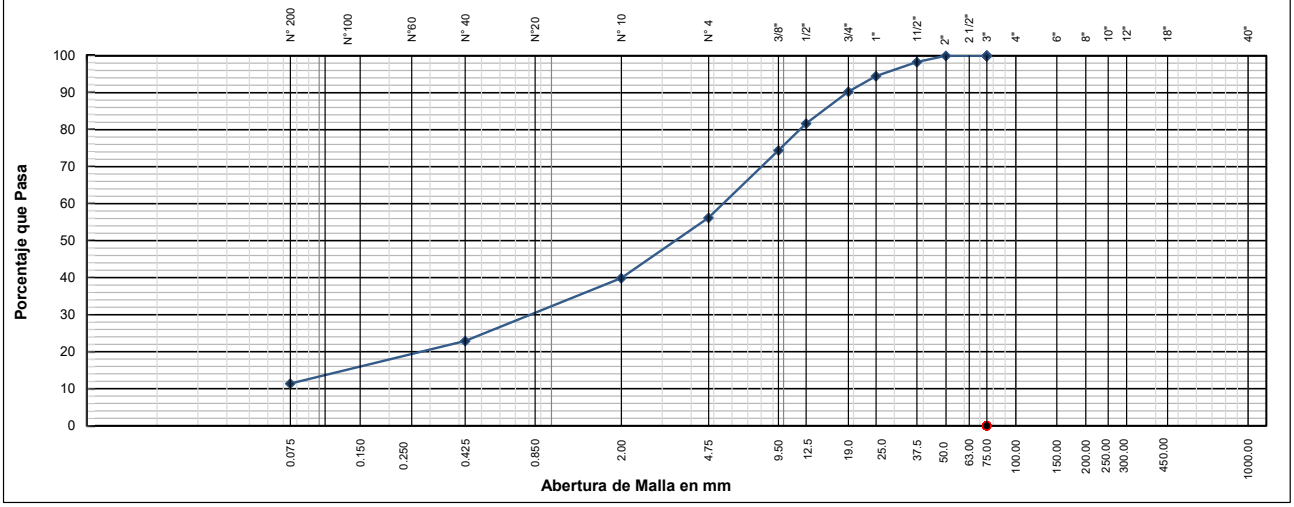
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	477,5	Grava (%)	43,8
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	44,8
Peso del Agua (g)	22,5	**Pasante N° 200**	11,4
Peso Seco sin T (g)	477,5		
% de Humedad	4,7		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,49	CU	90,41
D30	0,81	CC	1,98
D10	0,06		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes	GEOTECNÍA Límites de Atterberg ASTM D 4318	PROYECTO SAN JORGE
SIG AND		20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

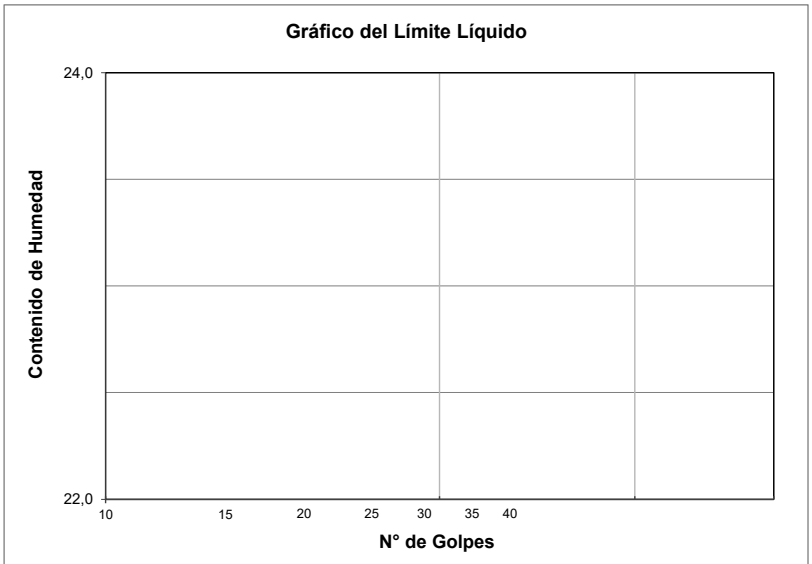
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 09 M-15				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona tratamiento de efluentes				Fecha de Ensayo	19/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 538	Este	2 460 420	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	22,90

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 10 Prof. 0,80m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona almacenamiento	Fecha de Ensayo	29/11/22
Coordenadas	Norte 6 432 757	Este 2 461 462	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo arenoso con gravas.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	868,0	868,0	4,0	4,0	96,0		
11/2"	37,500	198,5	1066,5	0,9	4,9	95,1		
1"	25,000	353,0	1419,5	1,6	6,5	93,5		
3/4"	19,000	562,5	1982,0	2,6	9,1	90,9		
1/2"	12,500	1243,0	3225,0	5,7	14,8	85,2		
3/8"	9,500	963,0	4188,0	4,4	19,2	80,8		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2916,0	7104,0	13,4	32,6	67,4		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	93,9	93,9	13,0	45,6	54,4		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	127,8	221,7	17,7	63,3	36,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	98,4	320,1	13,6	76,9	23,1		
Fondo		167,41	487,5	23,1	100,0	0,0		
TOTAL		**487,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**21759,0**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**487,5**		
Constante < de N° 4	**0,13825641**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**SM**		

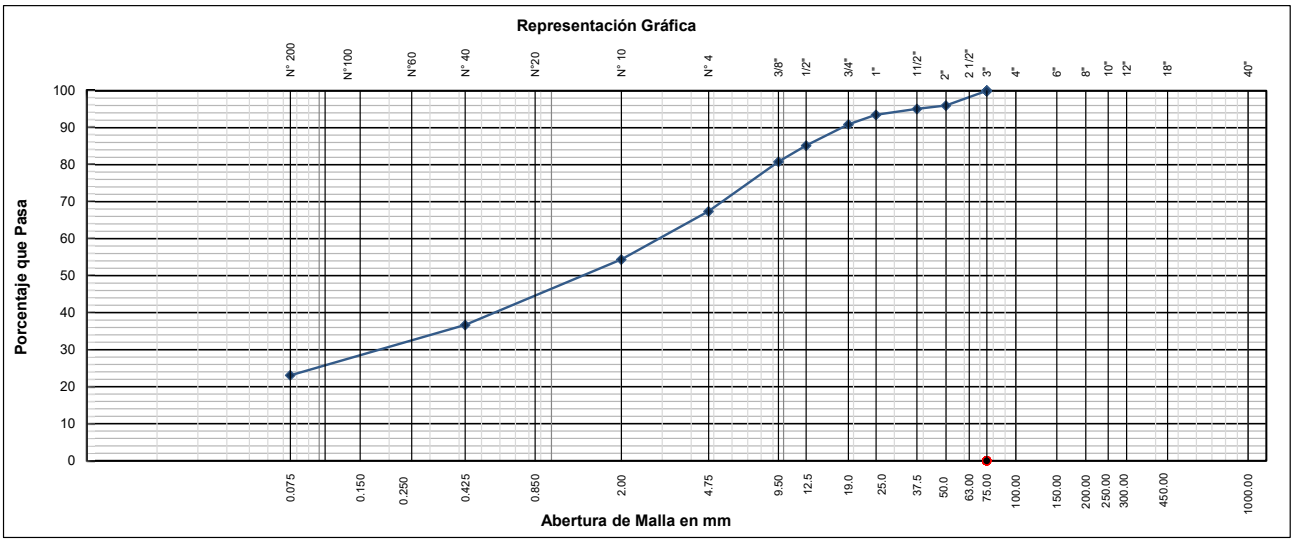
Arena limosa con grava

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	487,5	Grava (%)	32,6
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	44,3
Peso del Agua (g)	12,5	**Pasante N° 200**	23,1
Peso Seco sin T (g)	487,5		
% de Humedad	2,6		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	2,90	CU	205,79
D30	0,18	CC	0,80
D10	0,01		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

SIG AND

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

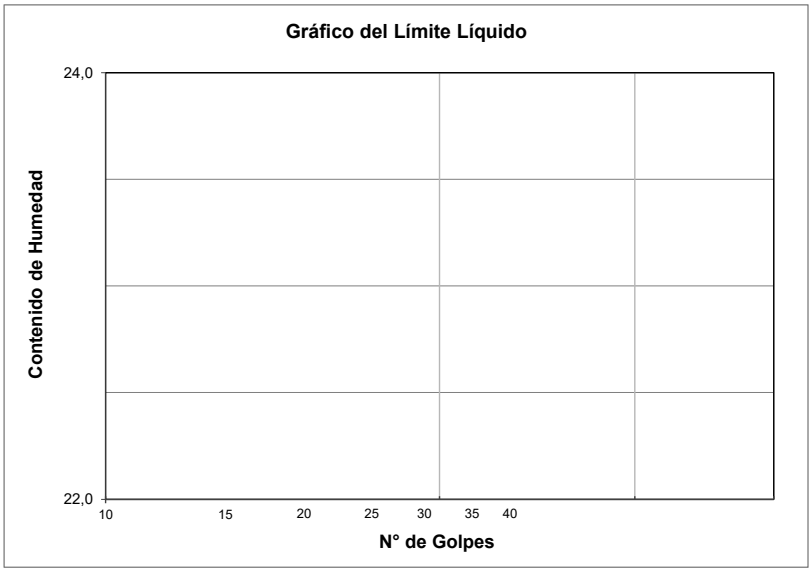
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 10 Prof. 0,80m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona almacenamiento				Fecha de Ensayo	22/12/22	
Coordenadas	Norte	6 432 757	Este	2 461 462	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	36,70

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 10 Prof. 1,50m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona almacenamiento	Fecha de Ensayo	29/11/22
Coordenadas	Norte 6 432 757	Este 2 461 462	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava subredondeada con presencia de arena y finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	155,0	155,0	0,7	0,7	99,3		
11/2"	37,500	645,0	800,0	2,7	3,4	96,6		
1"	25,000	1627,5	2427,5	6,9	10,3	89,7		
3/4"	19,000	1170,5	3598,0	5,0	15,3	84,7		
1/2"	12,500	1919,0	5517,0	8,1	23,4	76,6		
3/8"	9,500	1366,5	6883,5	5,8	29,2	70,8		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3577,0	10460,5	15,1	44,3	55,7		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	94,1	94,1	11,0	55,3	44,7		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	163,1	257,3	19,0	74,3	25,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	81,5	338,8	9,5	83,8	16,2		
Fondo		139,20	478,0	16,2	100,0	0,0		
TOTAL		**478,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**23631,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**478,0**		
Constante < de N° 4	**0,11652720**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GC**		

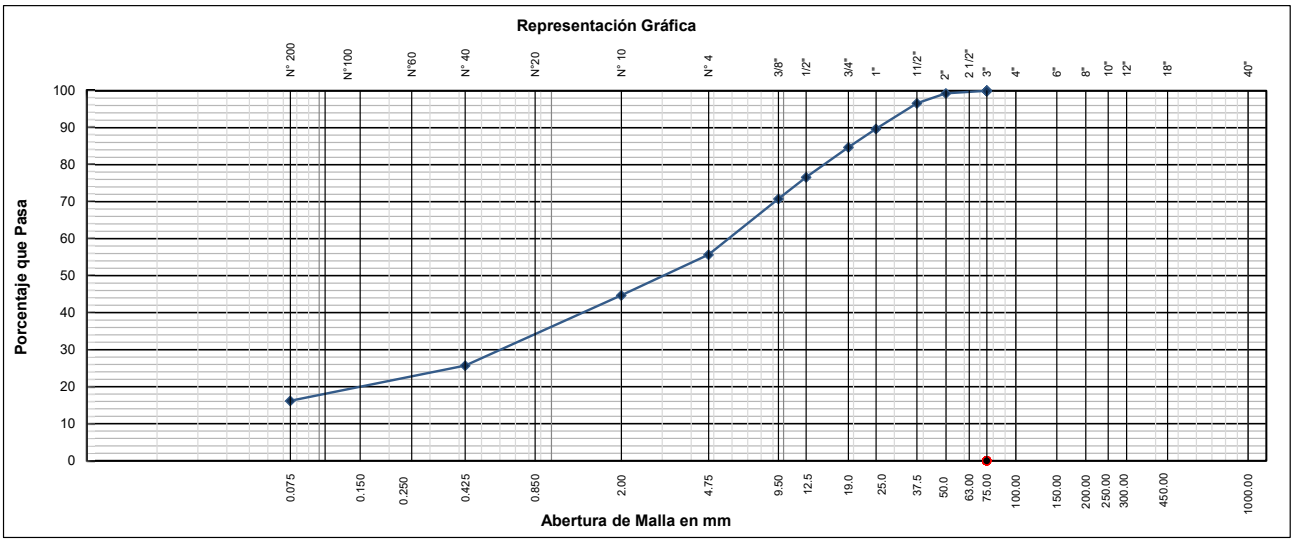
Grava arcillosa con arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	478,0	Grava (%)	44,3
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	39,5
Peso del Agua (g)	22,0	**Pasante N° 200**	16,2
Peso Seco sin T (g)	478,0		
% de Humedad	4,6		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	24
Límite Plástico	15
Índice de Plasticidad	9

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,79	CU	239,33
D30	0,60	CC	2,60
D10	0,02		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

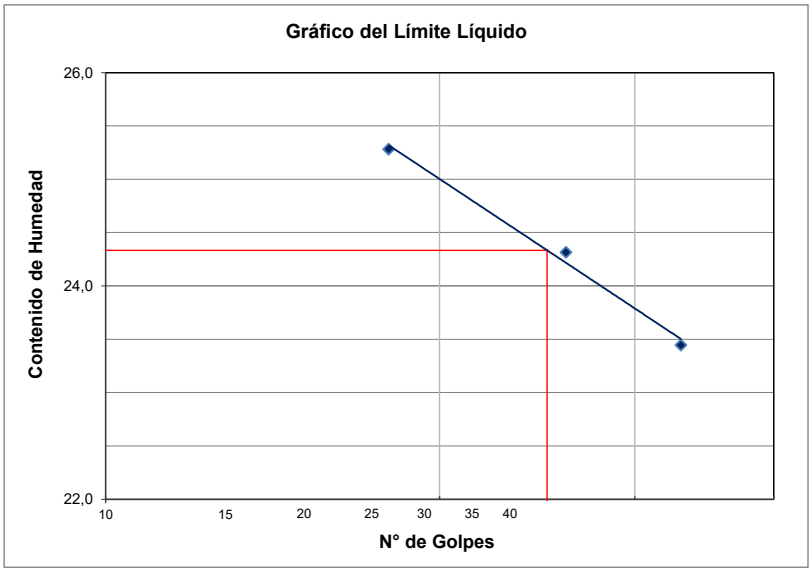
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 10 Prof. 1,50m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona almacenamiento				Fecha de Ensayo	22/12/22	
Coordenadas	Norte	6 432 757	Este	2 461 462	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**33**	**26**	**18**	
Nº de Recipiente	1	2	3	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	28,5	29,3	33,64	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	24,96	25,49	28,9	
Peso del Recipiente (g)	9,86	9,82	10,15	
Peso del Agua (g)	3,54	3,81	4,74	
Peso del Suelo Seco (g)	15,10	15,67	18,75	
Contenido de Humedad (%)	**23,44**	**24,31**	**25,28**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	25,70

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	4	5	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,65	33,28	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,95	30,19	
Peso del Recipiente (g)	10,88	10,41	
Peso del Agua (g)	2,70	3,09	
Peso del Suelo Seco (g)	18,07	19,78	
Contenido de Humedad (%)	**14,94**	**15,62**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
24	**15**	**9**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio
Firma:
Nombre:
Fecha:

Ing. Supervisor
Firma:
Nombre:
Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 10 Prof. 2,75m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona almacenamiento	Fecha de Ensayo	30/11/22
Coordenadas	Norte 6 432 757	Este 2 461 462	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelo limo arenoso con presencia de gravas.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	565,0	565,0	2,9	2,9	97,1		
1"	25,000	1255,5	1820,5	6,5	9,4	90,6		
3/4"	19,000	789,0	2609,5	4,1	13,5	86,5		
1/2"	12,500	1250,5	3860,0	6,5	20,0	80,0		
3/8"	9,500	1133,0	4993,0	5,9	25,9	74,1		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3505,5	8498,5	18,2	44,1	55,9		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	128,3	128,3	14,8	58,9	41,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	201,6	329,9	23,3	82,2	17,8		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	100,1	430,0	11,5	93,7	6,3		
Fondo		54,49	484,5	6,3	100,0	0,0		
TOTAL		**484,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**19246,0**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**484,5**
Constante < de N° 4	**0,11537668**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**SW - SM**

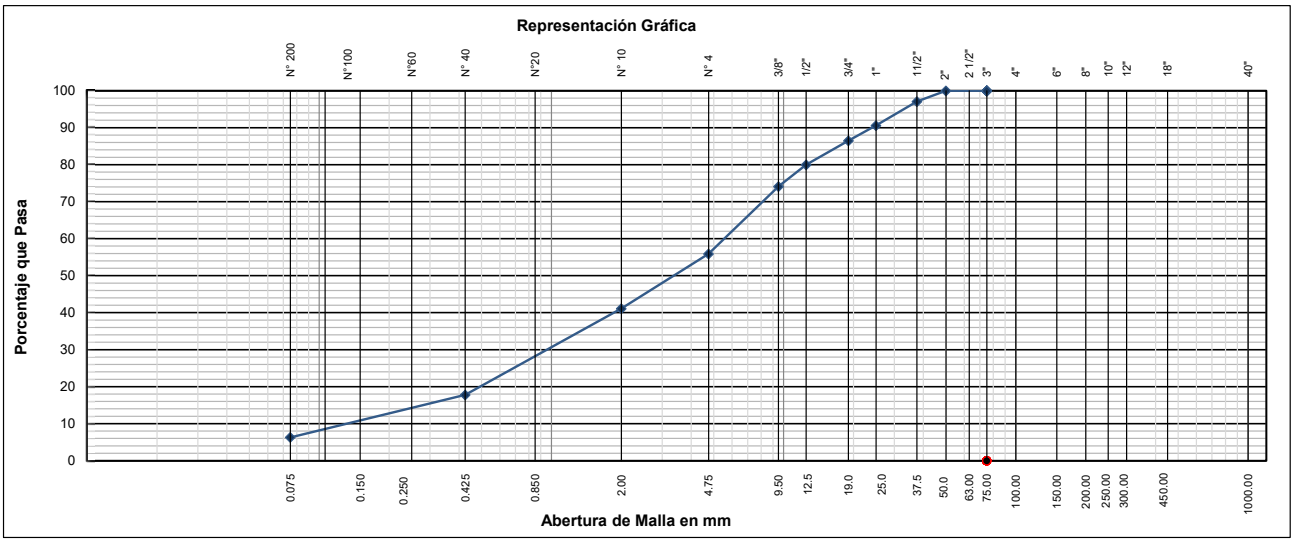
Arena bien gradada con limo y grava

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	484,5	Grava (%)	44,1
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	49,6
Peso del Agua (g)	15,5	**Pasante N° 200**	6,3
Peso Seco sin T (g)	484,5		
% de Humedad	3,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,55	CU	42,37
D30	0,96	CC	1,26
D10	0,13		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

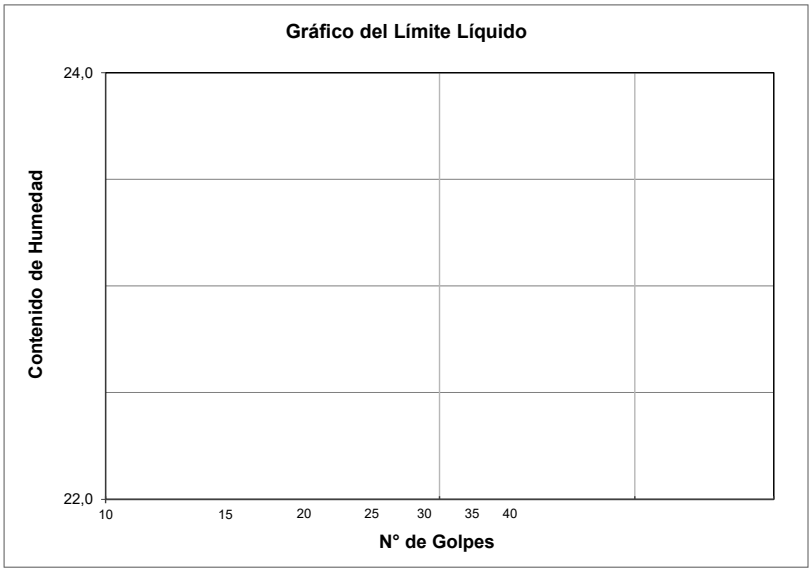
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 10 Prof. 2,75m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona almacenamiento				Fecha de Ensayo	22/12/22	
Coordenadas	Norte	6 432 757	Este	2 461 462	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	17,80

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 11 M-12	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona depósito de RSU	Fecha de Ensayo	16/11/22
Coordenadas	Norte 6 436 121	Este 2 459 760	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con limos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	284,0	284,0	2,4	2,4	97,6		
1"	25,000	1016,0	1300,0	8,6	11,0	89,0		
3/4"	19,000	622,5	1922,5	5,3	16,3	83,7		
1/2"	12,500	1292,0	3214,5	11,0	27,3	72,7		
3/8"	9,500	969,5	4184,0	8,2	35,5	64,5		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2064,0	6248,0	17,5	53,0	47,0		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	121,9	121,9	11,9	64,9	35,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	207,4	329,3	20,3	85,2	14,8		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	85,1	414,4	8,3	93,5	6,5		
Fondo		65,63	480,0	6,5	100,0	0,0		
TOTAL		**480,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**11773,5**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**480,0**
Constante < de N° 4	**0,09791667**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GW - GM**

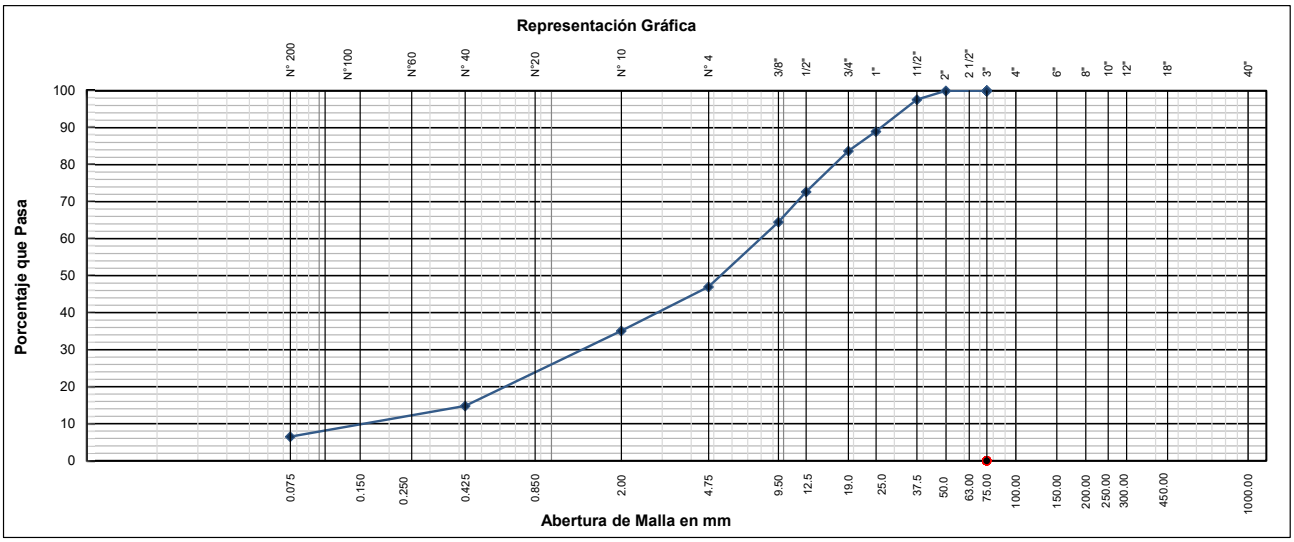
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	480,0	Grava (%)	53,0
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	40,5
Peso del Agua (g)	20,0	**Pasante N° 200**	6,5
Peso Seco sin T (g)	480,0		
% de Humedad	4,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	20
Límite Plástico	16
Índice de Plasticidad	4

Otros Valores de Granulometría			
D60	7,95	CU	51,00
D30	1,36	CC	1,48
D10	0,16		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 11 M-12				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona depósito de RSU				Fecha de Ensayo	17/11/22	
Coordenadas	Norte	6 436 121	Este	2 459 760	Cota	-	

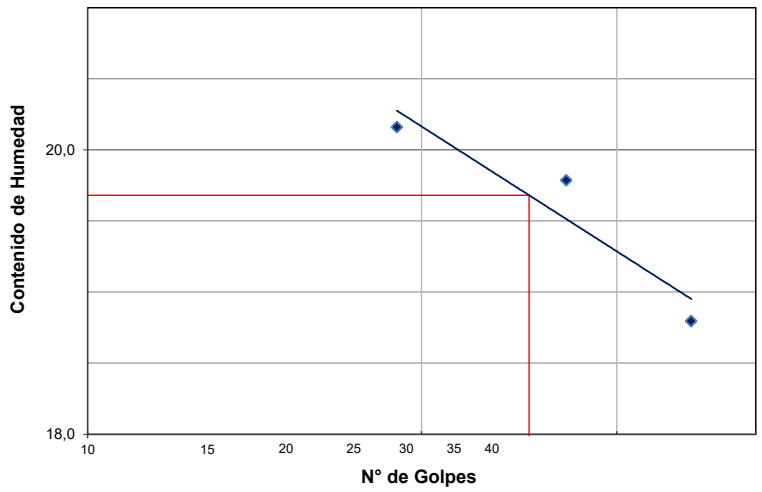
Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**27**	**19**	
Nº de Recipiente	6	7	8	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	34,67	35,2	34,28	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	30,71	31,13	30,24	
Peso del Recipiente (g)	9,64	10,56	10,20	
Peso del Agua (g)	3,96	4,07	4,04	
Peso del Suelo Seco (g)	21,07	20,57	20,04	
Contenido de Humedad (%)	**18,79**	**19,79**	**20,16**	

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	9	10	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	21,23	21,89	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	19,5	20,2	
Peso del Recipiente (g)	9,41	9,70	
Peso del Agua (g)	1,73	1,69	
Peso del Suelo Seco (g)	10,09	10,50	
Contenido de Humedad (%)	**17,15**	**16,10**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	14,80

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Gráfico del Límite Líquido



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
20	**16**	**4**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 12 M-13	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	16/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 999	Este 2 460 156	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes		
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450,000						
12"	300,000						
10"	250,000						
8"	200,000						
6"	150,000						
4"	100,000						
3"	75,000						
2 1/2"	63,000						
2"	50,000					100,0	
11/2"	37,500	1285,5	1285,5	8,9	8,9	91,1	
1"	25,000	1075,5	2361,0	7,4	16,3	83,7	
3/4"	19,000	1411,5	3772,5	9,8	26,1	73,9	
1/2"	12,500	1772,0	5544,5	12,3	38,4	61,6	
3/8"	9,500	999,5	6544,0	6,9	45,3	54,7	
1/4"	6,300						
N° 4	4,750	2261,5	8805,5	15,7	61,0	39,0	
N° 8	2,360						
N° 10	2,000	126,4	126,4	10,3	71,3	28,7	
N° 16	1,180						
N° 20	0,850						
N° 30	0,600						
N° 40	0,425	205,8	332,2	16,7	88,0	12,0	
N° 50	0,300						
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150						
N° 140	0,106						
N° 200	0,075	82,6	414,8	6,7	94,7	5,3	
Fondo		65,16	480,0	5,3	100,0	0,0	
TOTAL		**480,00**				100,0	

Descripción de la Muestra

Grava arenosa con presencia de limos y algunos bochones.

Peso Total Seco (g)	**14437,0**	
Peso Fracción 3" (g)	-	
Constante < de 3"	-	
Peso Fracción N°4 (g)	**480,0**	
Constante < de N° 4	**0,08125000**	
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**
Clasificación AASHTO	____	
Clasificación SUCS	**GW - GM**	

Grava bien gradada con limo y arena

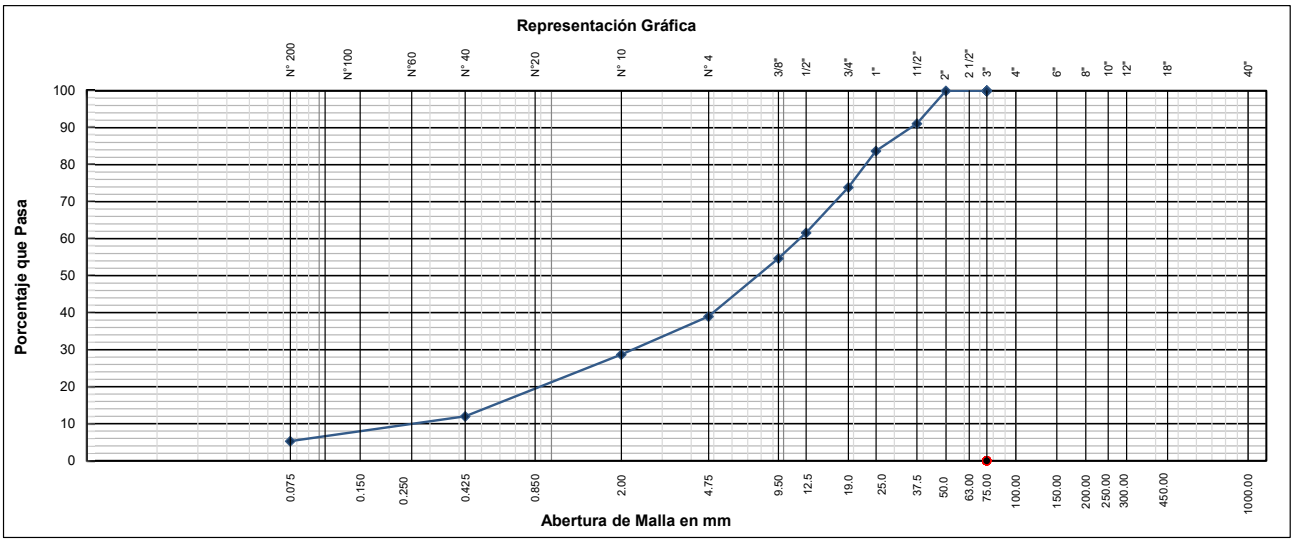
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	480,0	Grava (%)	61,0
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	33,7
Peso del Agua (g)	20,0	**Pasante N° 200**	5,3
Peso Seco sin T (g)	480,0		
% de Humedad	4,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	11,73	CU	46,32
D30	2,23	CC	1,68
D10	0,25		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes	GEOTECNÍA Límites de Atterberg ASTM D 4318	PROYECTO SAN JORGE
SIG AND		20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

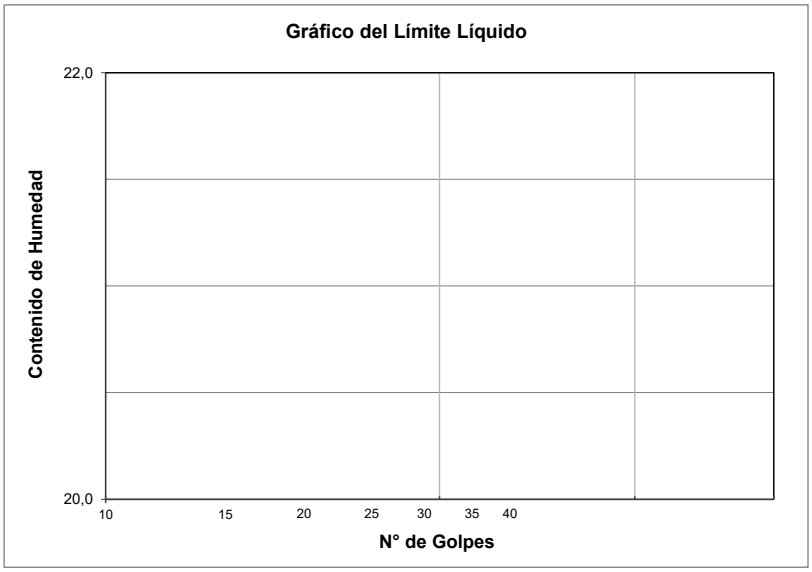
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 12 M-13				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	19/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 999	Este	2 460 156	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	12,00

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 13 M-14	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	17/11/22
Coordenadas	Norte 6 436 001	Este 2 460 601	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa bien graduada subredondeada, con presencia de bochones.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	288,0	288,0	1,7	1,7	98,3		
1"	25,000	1428,5	1716,5	8,3	10,0	90,0		
3/4"	19,000	978,0	2694,5	5,7	15,7	84,3		
1/2"	12,500	1671,5	4366,0	9,7	25,4	74,6		
3/8"	9,500	1053,5	5419,5	6,1	31,5	68,5		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2896,0	8315,5	16,9	48,4	51,6		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	126,5	126,5	13,7	62,1	37,9		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	192,8	319,3	20,8	82,9	17,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	74,4	393,7	8,0	90,9	9,1		
Fondo		84,31	478,0	9,1	100,0	0,0		
TOTAL		**478,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**17164,0**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**478,0**
Constante < de N° 4	**0,10794979**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GW - GC**

Grava bien gradada con arcilla y arena

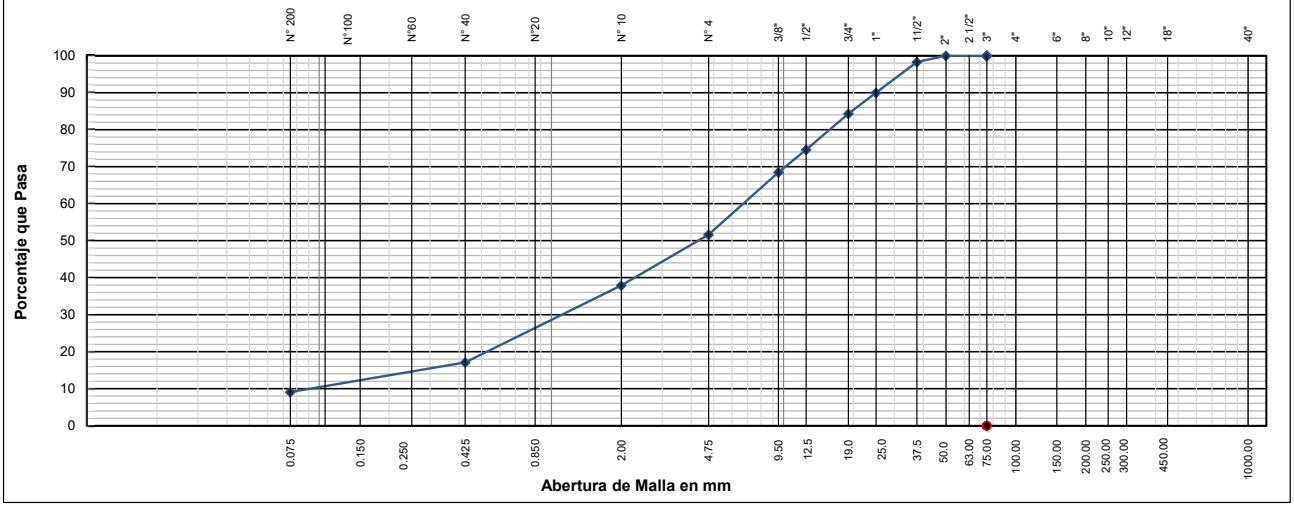
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	478,0	Grava (%)	48,4
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	42,5
Peso del Agua (g)	22,0	**Pasante N° 200**	9,1
Peso Seco sin T (g)	478,0		
% de Humedad	4,6		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	26
Límite Plástico	16
Índice de Plasticidad	10

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,70	CU	73,54
D30	1,11	CC	2,02
D10	0,09		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

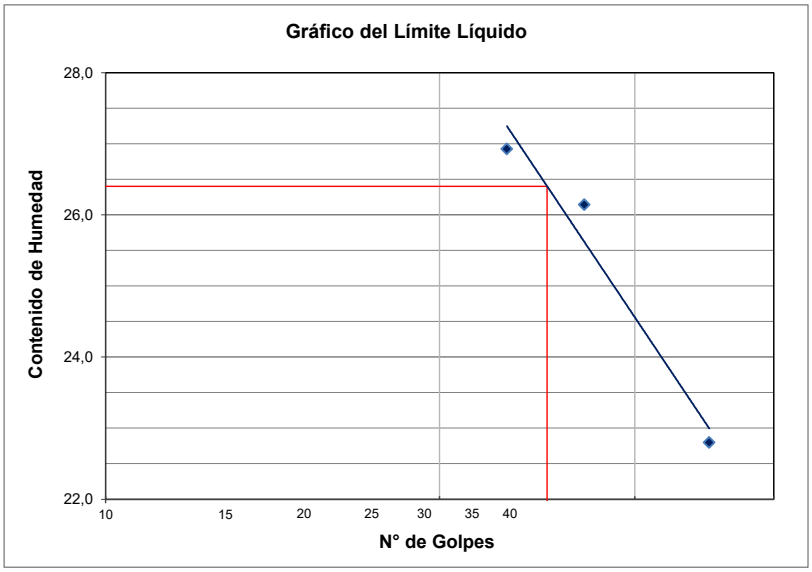
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 13 M-14				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	19/12/22	
Coordenadas	Norte	6 436 001	Este	2 460 601	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**27**	**23**	
Nº de Recipiente	1	2	3	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	35,5	24,42	32,05	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	30,74	21,39	27,4	
Peso del Recipiente (g)	9,86	9,80	10,13	
Peso del Agua (g)	4,76	3,03	4,65	
Peso del Suelo Seco (g)	20,88	11,59	17,27	
Contenido de Humedad (%)	**22,80**	**26,14**	**26,93**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	17,10

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	4	5	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,72	31,82	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,76	28,89	
Peso del Recipiente (g)	10,88	10,41	
Peso del Agua (g)	2,96	2,93	
Peso del Suelo Seco (g)	17,88	18,48	
Contenido de Humedad (%)	**16,55**	**15,85**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
26	**16**	**10**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 14 M-17	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	22/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 907	Este 2 460 261	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de bochones.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	767,5	767,5	3,8	3,8	96,2		
11/2"	37,500	711,0	1478,5	3,5	7,3	92,7		
1"	25,000	1527,5	3006,0	7,5	14,8	85,2		
3/4"	19,000	984,5	3990,5	4,8	19,6	80,4		
1/2"	12,500	1943,5	5934,0	9,5	29,1	70,9		
3/8"	9,500	1086,0	7020,0	5,3	34,4	65,6		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2936,0	9956,0	14,4	48,8	51,2		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	120,6	120,6	12,9	61,7	38,3		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	158,3	278,9	16,9	78,6	21,4		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	80,8	359,7	8,6	87,2	12,8		
Fondo		119,78	479,5	12,8	100,0	0,0		
TOTAL		**479,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20365,5**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**479,5**		
Constante < de N° 4	**0,10677789**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GC**		

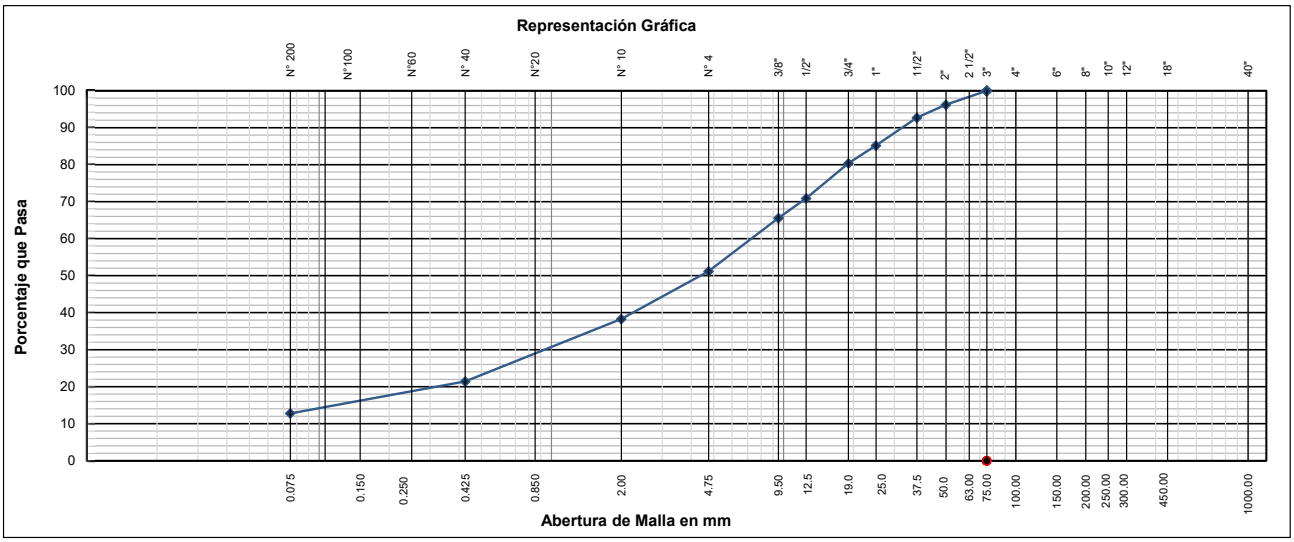
Grava arcillosa con arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	479,5	Grava (%)	48,8
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	38,4
Peso del Agua (g)	20,5	**Pasante N° 200**	12,8
Peso Seco sin T (g)	479,5		
% de Humedad	4,3		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	27
Límite Plástico	15
Índice de Plasticidad	12

Otros Valores de Granulometría			
D60	7,26	CU	170,16
D30	0,93	CC	2,82
D10	0,04		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 14 M-17				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	20/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 907	Este	2 460 261	Cota	-	

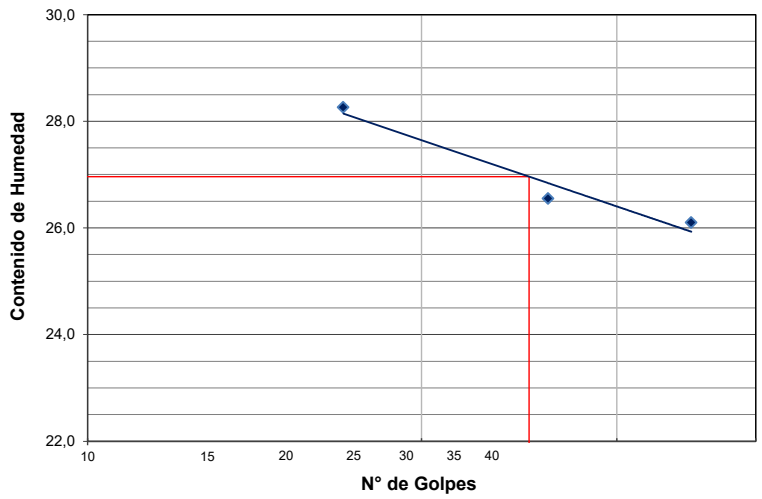
Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**26**	**17**	
Nº de Recipiente	6	7	8	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	27,4	31,95	31,53	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	23,72	27,46	26,83	
Peso del Recipiente (g)	9,62	10,55	10,20	
Peso del Agua (g)	3,68	4,49	4,70	
Peso del Suelo Seco (g)	14,10	16,91	16,63	
Contenido de Humedad (%)	**26,10**	**26,55**	**28,26**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	21,40

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	9	10	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	21,64	21,63	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	20,01	20,04	
Peso del Recipiente (g)	9,40	9,70	
Peso del Agua (g)	1,63	1,59	
Peso del Suelo Seco (g)	10,61	10,34	
Contenido de Humedad (%)	**15,36**	**15,38**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Gráfico del Límite Líquido



Ecuación de cálculo

$LL = W^n (N / 25)^{0.121}$ ó $LL = kW^n$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
27	**15**	**12**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 14 M-18	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	24/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 907	Este 2 460 261	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con limos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	1404,0	1404,0	6,4	6,4	93,6		
11/2"	37,500	340,0	1744,0	1,6	8,0	92,0		
1"	25,000	1351,0	3095,0	6,2	14,2	85,8		
3/4"	19,000	1177,5	4272,5	5,4	19,6	80,4		
1/2"	12,500	2170,0	6442,5	9,9	29,5	70,5		
3/8"	9,500	1611,5	8054,0	7,4	36,9	63,1		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3642,5	11696,5	16,7	53,6	46,4		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	116,4	116,4	11,3	64,9	35,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	158,8	275,2	15,3	80,2	19,8		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	118,9	394,1	11,5	91,7	8,3		
Fondo		85,92	480,0	8,3	100,0	0,0		
TOTAL		**480,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**21815,5**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**480,0**		
Constante < de N° 4	**0,09666667**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GM**		

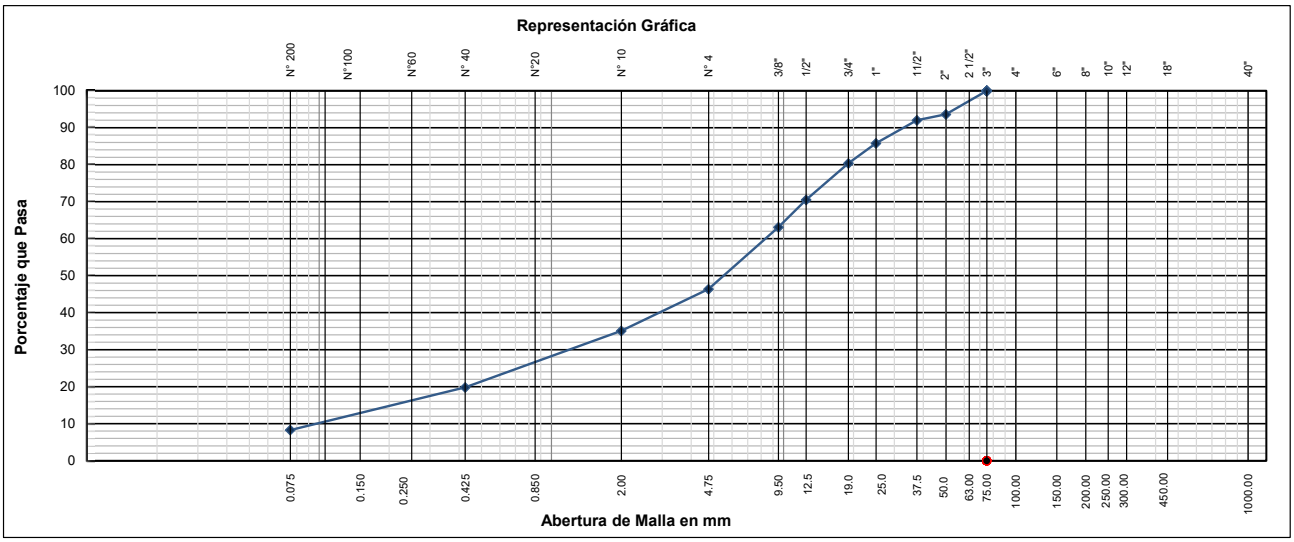
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	480,0	Grava (%)	53,6
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	38,1
Peso del Agua (g)	20,0	**Pasante N° 200**	8,3
Peso Seco sin T (g)	480,0		
% de Humedad	4,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	8,35	CU	86,18
D30	1,19	CC	1,76
D10	0,10		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

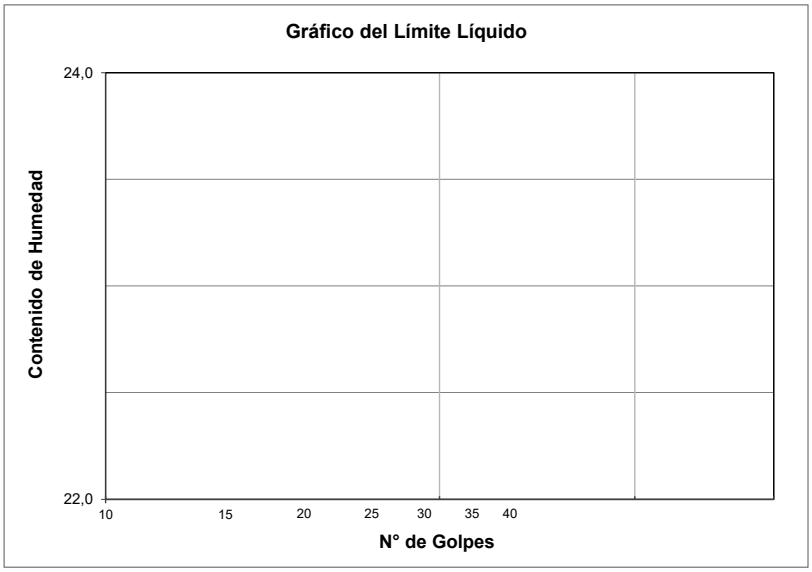
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 14 M-18				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	20/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 907	Este	2 460 261	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	19,80

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 15 M-16	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	27/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	22/11/22
Coordenadas	Norte 6 435 755	Este 2 460 602	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava gruesa subangulosa con bochones y arena.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	282,5	282,5	1,5	1,5	98,5		
11/2"	37,500	383,5	666,0	2,0	3,5	96,5		
1"	25,000	1823,0	2489,0	9,4	12,9	87,1		
3/4"	19,000	1159,0	3648,0	6,0	18,9	81,1		
1/2"	12,500	2040,0	5688,0	10,5	29,4	70,6		
3/8"	9,500	1446,0	7134,0	7,4	36,8	63,2		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3053,5	10187,5	15,7	52,5	47,5		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	121,6	121,6	12,1	64,6	35,4		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	195,4	317,0	19,4	84,0	16,0		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	90,3	407,3	9,0	93,0	7,0		
Fondo		71,19	478,5	7,0	100,0	0,0		
TOTAL		**478,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**19455,5**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**478,5**
Constante < de N° 4	**0,09926855**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GW - GM**

Grava bien gradada con limo y arena

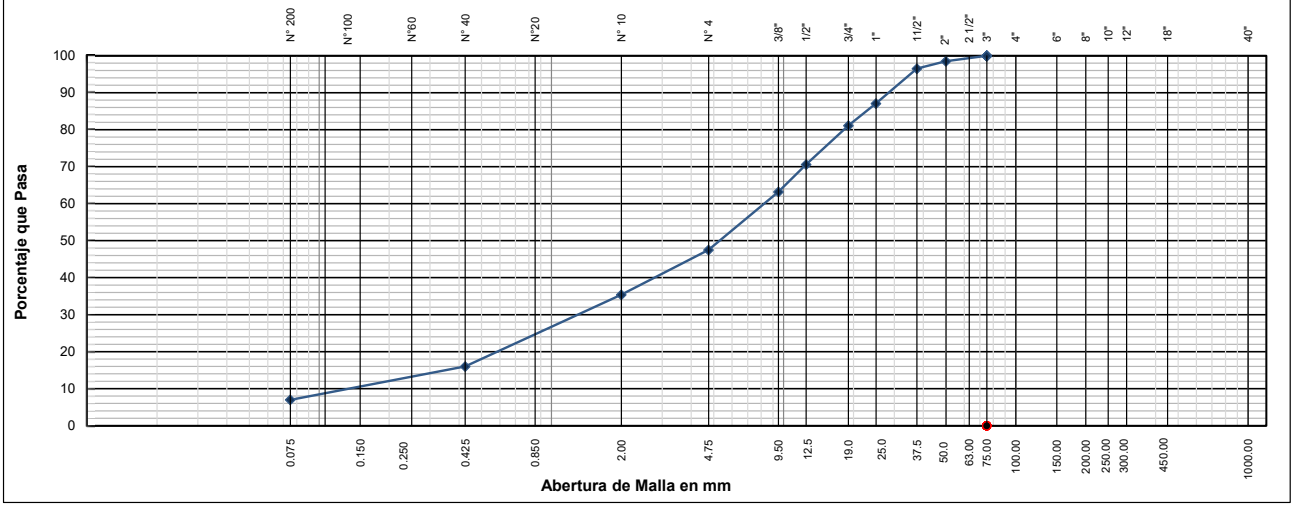
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	478,5	Grava (%)	52,5
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	40,5
Peso del Agua (g)	21,5	**Pasante N° 200**	7,0
Peso Seco sin T (g)	478,5		
% de Humedad	4,5		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	8,25	CU	61,69
D30	1,30	CC	1,53
D10	0,13		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

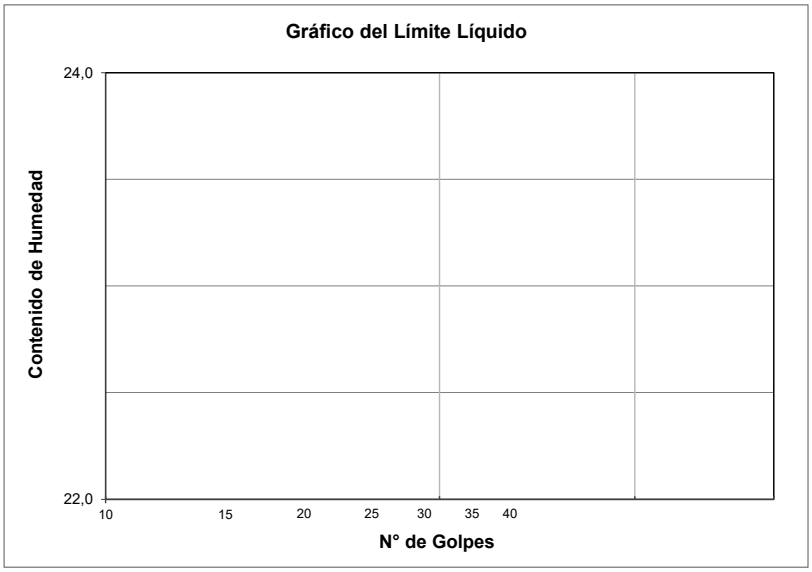
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 15 M-16				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	27/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	19/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 755	Este	2 460 602	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	16,00

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 16 Prof. 1,00m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	30/11/22
Coordenadas	Norte 6 433 269	Este 2 459 897	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con finos plásticos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	281,5	281,5	1,3	1,3	98,7		
11/2"	37,500	1408,5	1690,0	6,6	7,9	92,1		
1"	25,000	1875,5	3565,5	8,8	16,7	83,3		
3/4"	19,000	1313,5	4879,0	6,1	22,8	77,2		
1/2"	12,500	2493,0	7372,0	11,6	34,4	65,6		
3/8"	9,500	1266,5	8638,5	5,9	40,3	59,7		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2710,0	11348,5	12,7	53,0	47,0		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	106,8	106,8	10,2	63,2	36,8		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	163,9	270,7	15,7	78,9	21,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	75,8	346,5	7,3	86,2	13,8		
Fondo		144,03	490,5	13,8	100,0	0,0		
TOTAL		**490,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**21405,0**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**490,5**		
Constante < de N° 4	**0,09582059**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GC**		

Grava arcillosa con arena

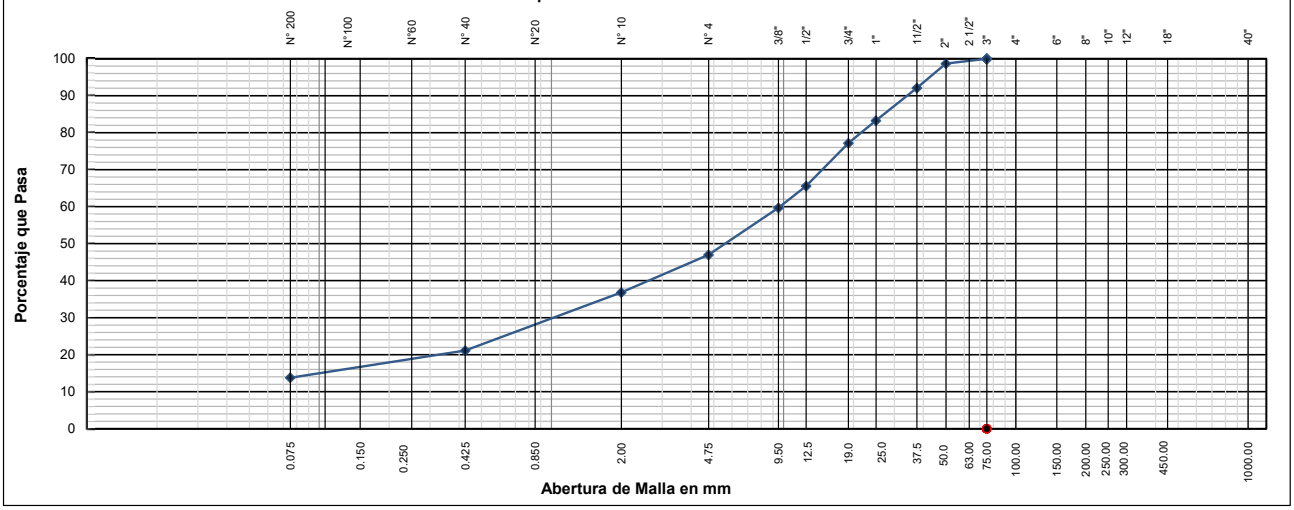
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	490,5	Grava (%)	53,0
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	33,2
Peso del Agua (g)	9,5	**Pasante N° 200**	13,8
Peso Seco sin T (g)	490,5		
% de Humedad	1,9		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	27
Límite Plástico	16
Índice de Plasticidad	11

Otros Valores de Granulometría			
D60	9,63	CU	316,86
D30	1,02	CC	3,57
D10	0,03		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 16 Prof. 1,00m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	22/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 269	Este	2 459 897	Cota	-	

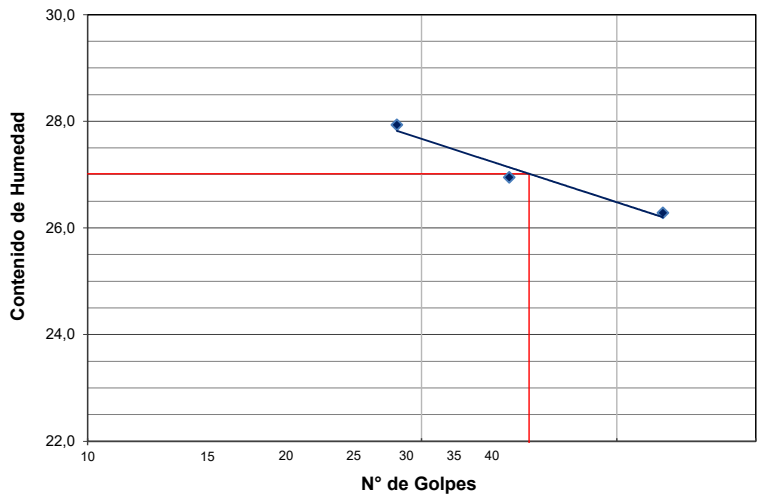
Límite Líquido				
Nº de Golpes	**33**	**24**	**19**	
Nº de Recipiente	6	7	8	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	25,14	30,96	30,73	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	21,91	26,63	26,25	
Peso del Recipiente (g)	9,62	10,56	10,21	
Peso del Agua (g)	3,23	4,33	4,48	
Peso del Suelo Seco (g)	12,29	16,07	16,04	
Contenido de Humedad (%)	**26,28**	**26,94**	**27,93**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	21,10

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	9	10	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	22,01	24,93	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	20,25	22,78	
Peso del Recipiente (g)	9,40	9,70	
Peso del Agua (g)	1,76	2,15	
Peso del Suelo Seco (g)	10,85	13,08	
Contenido de Humedad (%)	**16,22**	**16,44**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Gráfico del Límite Líquido



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
27	**16**	**11**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 16 Prof. 2,60m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	01/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 269	Este 2 459 897	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava subredondeada y subangulosa con arena y presencia de bochones de tamaños entre 6" y 9".
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	798,0	798,0	3,7	3,7	96,3		
11/2"	37,500	550,5	1348,5	2,6	6,3	93,7		
1"	25,000	1121,5	2470,0	5,2	11,5	88,5		
3/4"	19,000	956,5	3426,5	4,5	16,0	84,0		
1/2"	12,500	1866,5	5293,0	8,7	24,7	75,3		
3/8"	9,500	1230,5	6523,5	5,7	30,4	69,6		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3491,0	10014,5	16,3	46,7	53,3		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	113,4	113,4	12,6	59,3	40,7		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	210,7	324,1	23,4	82,7	17,3		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	77,4	401,5	8,6	91,3	8,7		
Fondo		77,46	479,0	8,7	100,0	0,0		
TOTAL		**479,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**21474,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**479,0**		
Constante < de N° 4	**0,11127349**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GC**		

Grava bien gradada con arcilla y arena

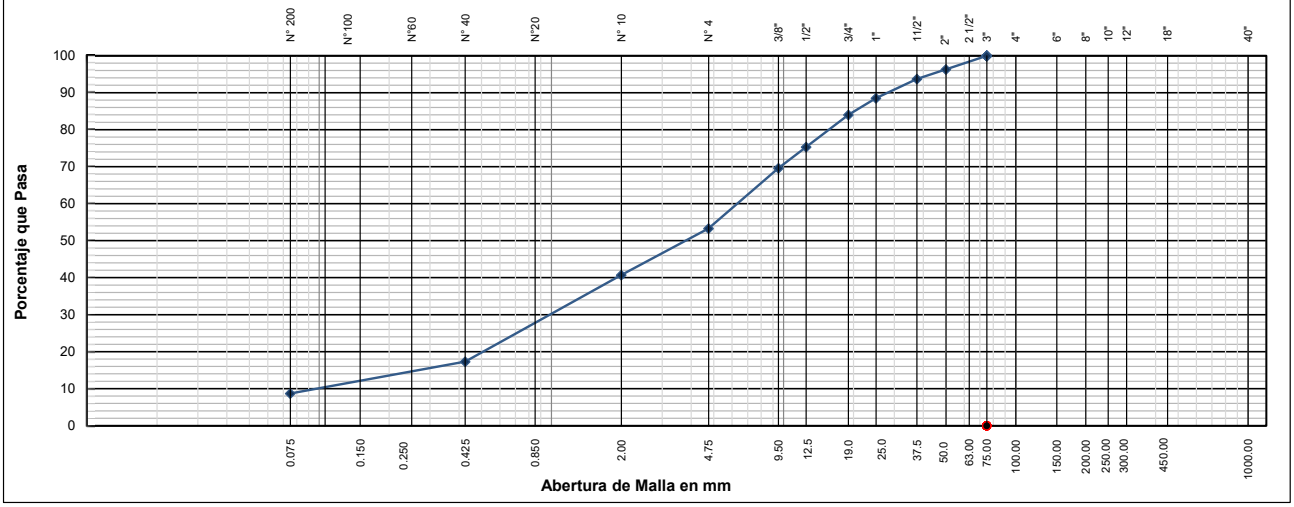
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	479,0	Grava (%)	46,7
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	44,6
Peso del Agua (g)	21,0	**Pasante N° 200**	8,7
Peso Seco sin T (g)	479,0		
% de Humedad	4,4		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	23
Límite Plástico	15
Índice de Plasticidad	8

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,32	CU	64,79
D30	0,99	CC	1,58
D10	0,10		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

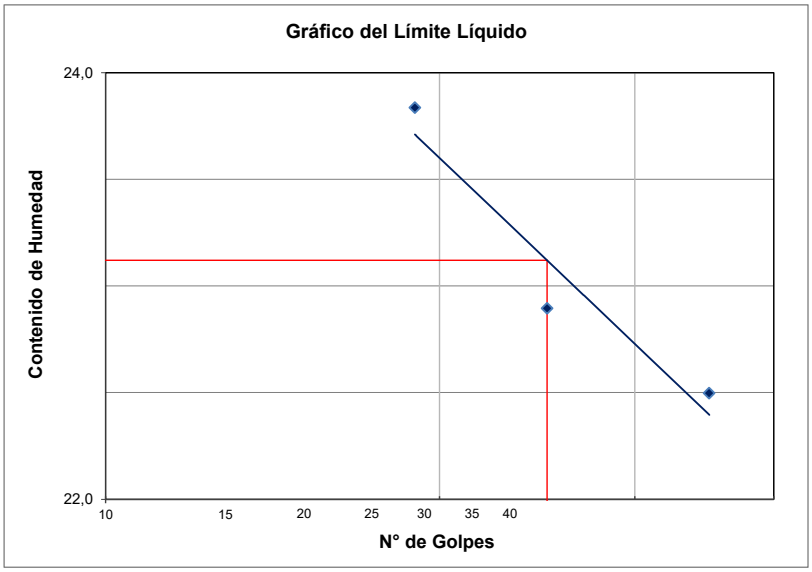
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 16 Prof. 2,60m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	22/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 269	Este	2 459 897	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**25**	**19**	
Nº de Recipiente	11	12	13	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	35,67	36,02	30,62	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	31,04	31,29	26,58	
Peso del Recipiente (g)	10,46	10,63	9,63	
Peso del Agua (g)	4,63	4,73	4,04	
Peso del Suelo Seco (g)	20,58	20,66	16,95	
Contenido de Humedad (%)	**22,50**	**22,89**	**23,83**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	17,30

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	14	15	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,86	32,94	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,16	29,86	
Peso del Recipiente (g)	10,78	10,53	
Peso del Agua (g)	2,70	3,08	
Peso del Suelo Seco (g)	17,38	19,33	
Contenido de Humedad (%)	**15,54**	**15,93**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
23	**15**	**8**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 0,50m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	01/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 762	Este 2 460 485	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos plásticos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	259,5	259,5	1,7	1,7	98,3		
1"	25,000	757,5	1017,0	5,0	6,7	93,3		
3/4"	19,000	910,0	1927,0	6,1	12,8	87,2		
1/2"	12,500	1479,0	3406,0	9,8	22,6	77,4		
3/8"	9,500	1023,0	4429,0	6,8	29,4	70,6		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2184,0	6613,0	14,5	43,9	56,1		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	104,6	104,6	12,2	56,1	43,9		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	124,0	228,6	14,5	70,6	29,4		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	82,3	310,8	9,6	80,2	19,8		
Fondo		168,18	479,0	19,8	100,0	0,0		
TOTAL		**479,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**15029,0**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**479,0**		
Constante < de N° 4	**0,11711900**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GC**		

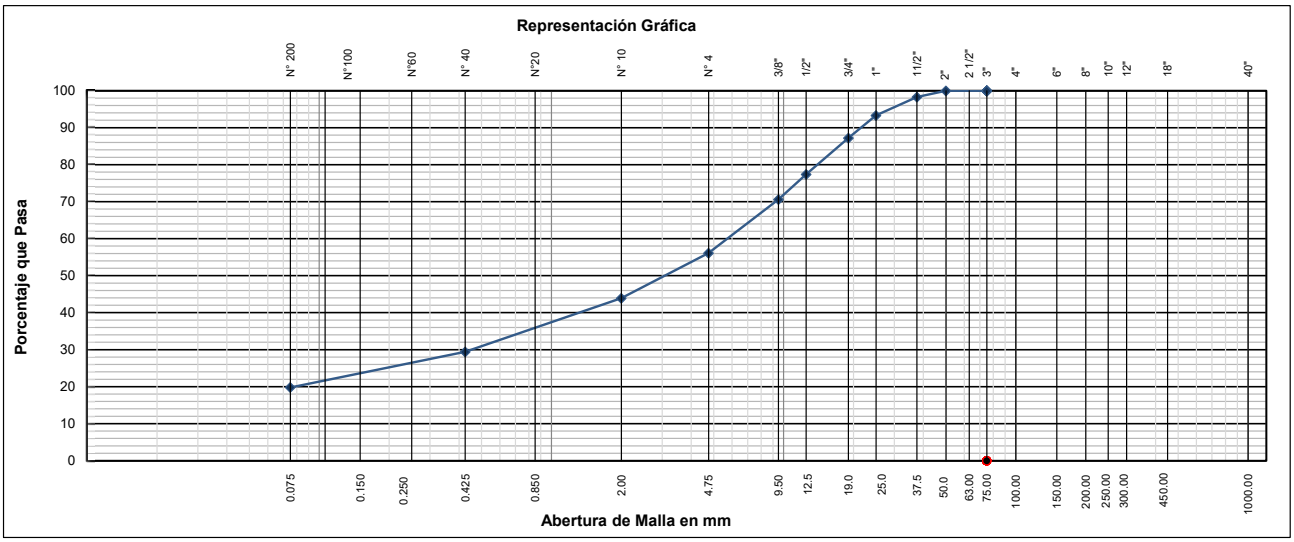
Grava arcillosa con arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	479,0	Grava (%)	43,9
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	36,3
Peso del Agua (g)	21,0	**Pasante N° 200**	19,8
Peso Seco sin T (g)	479,0		
% de Humedad	4,4		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	29
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	12

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,72	CU	448,35
D30	0,45	CC	2,81
D10	0,01		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

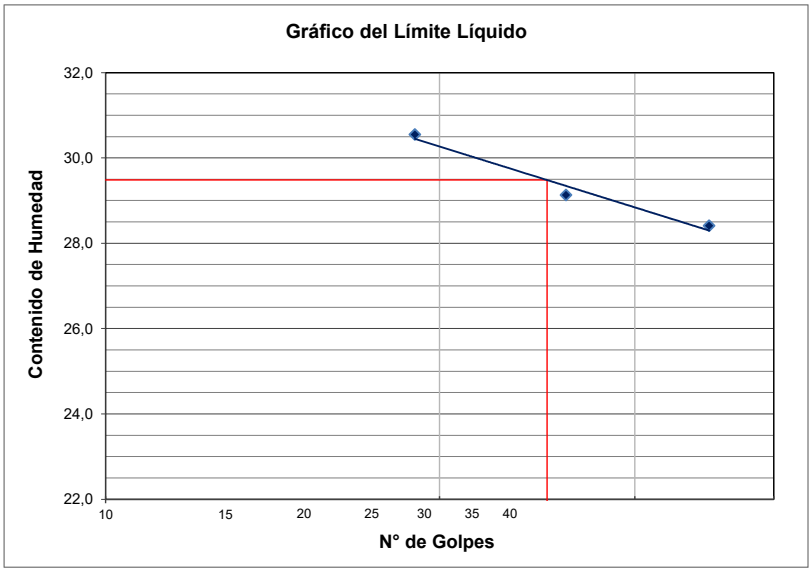
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 0,50m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	23/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 762	Este	2 460 485	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**26**	**19**	
Nº de Recipiente	16	17	18	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,54	32,3	33,52	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	26,87	27,33	28,14	
Peso del Recipiente (g)	10,43	10,27	10,53	
Peso del Agua (g)	4,67	4,97	5,38	
Peso del Suelo Seco (g)	16,44	17,06	17,61	
Contenido de Humedad (%)	**28,41**	**29,13**	**30,55**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	29,40

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	19	20	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,49	26,25	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,43	23,79	
Peso del Recipiente (g)	10,24	9,74	
Peso del Agua (g)	3,06	2,46	
Peso del Suelo Seco (g)	18,19	14,05	
Contenido de Humedad (%)	**16,82**	**17,51**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$LL = W^n (N / 25)^{0.121}$ ó $LL = kW^n$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
29	**17**	**12**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 1,00m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	02/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 762	Este 2 460 485	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos plásticos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	625,0	625,0	2,9	2,9	97,1		
1"	25,000	1425,5	2050,5	6,7	9,6	90,4		
3/4"	19,000	1388,5	3439,0	6,5	16,1	83,9		
1/2"	12,500	2598,5	6037,5	12,2	28,3	71,7		
3/8"	9,500	1717,5	7755,0	8,1	36,4	63,6		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3510,0	11265,0	16,5	52,9	47,1		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	113,6	113,6	11,0	63,9	36,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	173,5	287,1	16,7	80,6	19,4		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	100,4	387,5	9,7	90,3	9,7		
Fondo		101,02	488,5	9,7	100,0	0,0		
TOTAL		**488,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**21310,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**488,5**		
Constante < de N° 4	**0,09641760**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GC**		

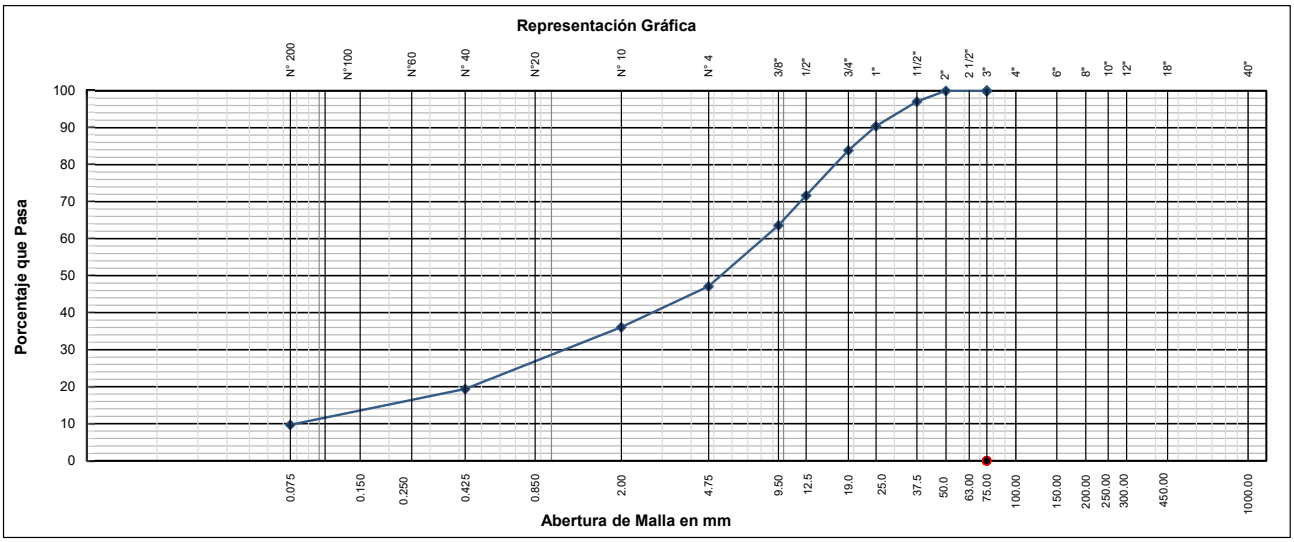
Grava bien gradada con arcilla y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	488,5	Grava (%)	52,9
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	37,4
Peso del Agua (g)	11,5	**Pasante N° 200**	9,7
Peso Seco sin T (g)	488,5		
% de Humedad	2,4		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	23
Límite Plástico	13
Índice de Plasticidad	10

Otros Valores de Granulometría			
D60	8,17	CU	103,20
D30	1,14	CC	2,00
D10	0,08		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

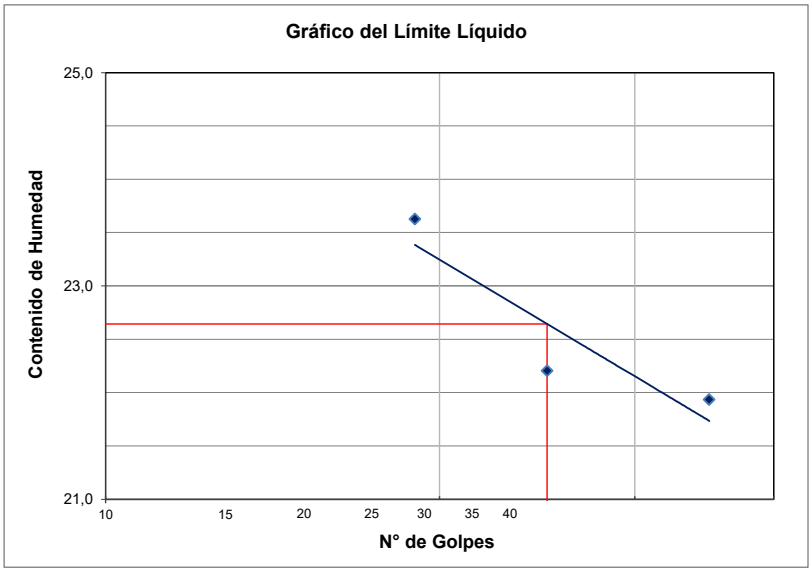
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 1,00m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 762	Este	2 460 485	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**25**	**19**	
Nº de Recipiente	21	22	23	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	39,05	31,31	31,12	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	33,9	27,5	27,16	
Peso del Recipiente (g)	10,42	10,34	10,40	
Peso del Agua (g)	5,15	3,81	3,96	
Peso del Suelo Seco (g)	23,48	17,16	16,76	
Contenido de Humedad (%)	**21,93**	**22,20**	**23,63**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	19,40

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	24	25	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,25	28,92	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,82	26,47	
Peso del Recipiente (g)	10,21	9,47	
Peso del Agua (g)	2,43	2,45	
Peso del Suelo Seco (g)	18,61	17,00	
Contenido de Humedad (%)	**13,06**	**14,41**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
23	**13**	**10**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 1,90m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	05/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 762	Este 2 460 485	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	567,0	567,0	2,7	2,7	97,3		
1"	25,000	1515,0	2082,0	7,3	10,0	90,0		
3/4"	19,000	1255,5	3337,5	6,1	16,1	83,9		
1/2"	12,500	2706,5	6044,0	13,1	29,2	70,8		
3/8"	9,500	1625,5	7669,5	7,9	37,1	62,9		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3293,0	10962,5	15,9	53,0	47,0		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	122,3	122,3	11,8	64,8	35,2		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	211,7	334,0	20,5	85,3	14,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	92,2	426,1	8,9	94,2	5,8		
Fondo		60,37	486,5	5,8	100,0	0,0		
TOTAL		**486,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20660,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**486,5**		
Constante < de N° 4	**0,09660843**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GM**		

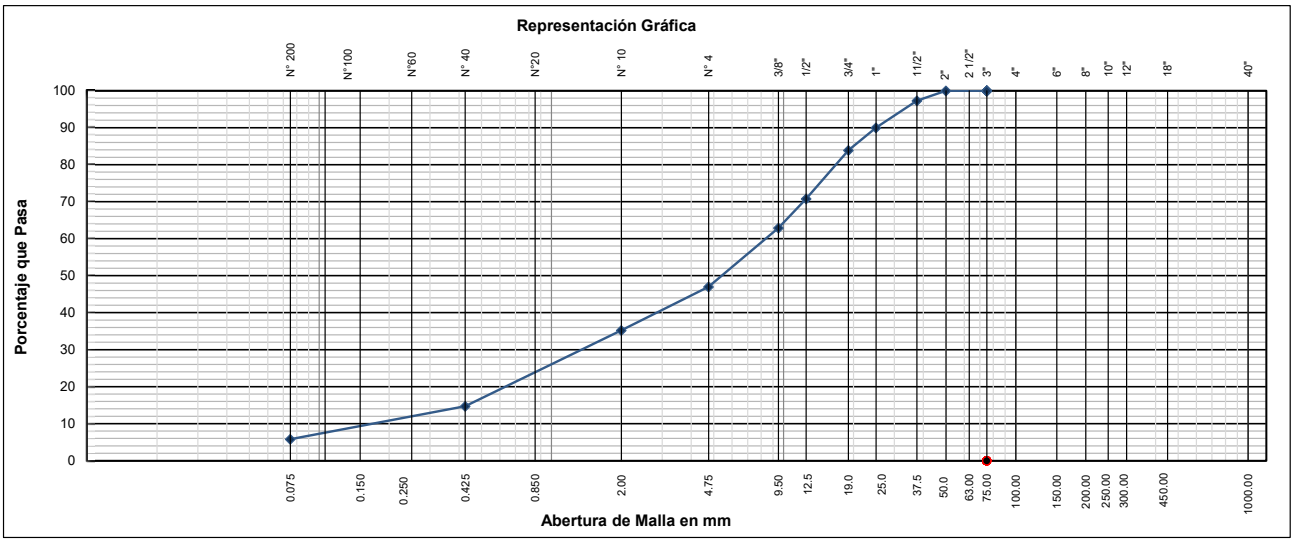
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	486,5	Grava (%)	53,0
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	41,2
Peso del Agua (g)	13,5	**Pasante N° 200**	5,8
Peso Seco sin T (g)	486,5		
% de Humedad	2,8		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	8,37	CU	49,23
D30	1,35	CC	1,28
D10	0,17		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

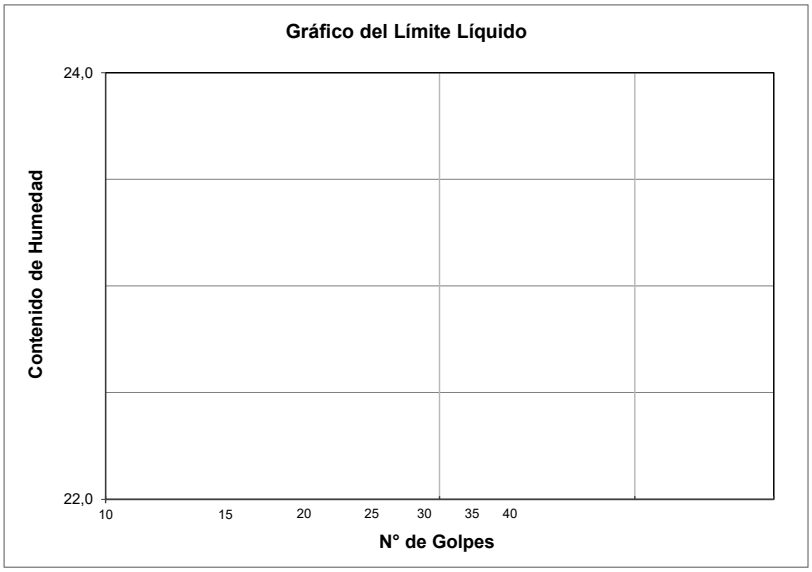
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 1,90m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 762	Este	2 460 485	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	14,70

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 2,80m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	05/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 762	Este 2 460 485	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Suelos arenoso con presencia de gravas y finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	155,5	155,5	0,8	0,8	99,2		
1"	25,000	856,5	1012,0	4,5	5,3	94,7		
3/4"	19,000	1057,5	2069,5	5,5	10,8	89,2		
1/2"	12,500	1698,0	3767,5	8,9	19,7	80,3		
3/8"	9,500	1290,0	5057,5	6,8	26,5	73,5		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3516,5	8574,0	18,4	44,9	55,1		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	147,6	147,6	16,9	61,8	38,2		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	205,6	353,2	23,5	85,3	14,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	79,6	432,8	9,1	94,4	5,6		
Fondo		49,75	482,5	5,6	100,0	0,0		
TOTAL		**482,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**19110,0**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**482,5**		
Constante < de N° 4	**0,11419689**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**SW - SM**		

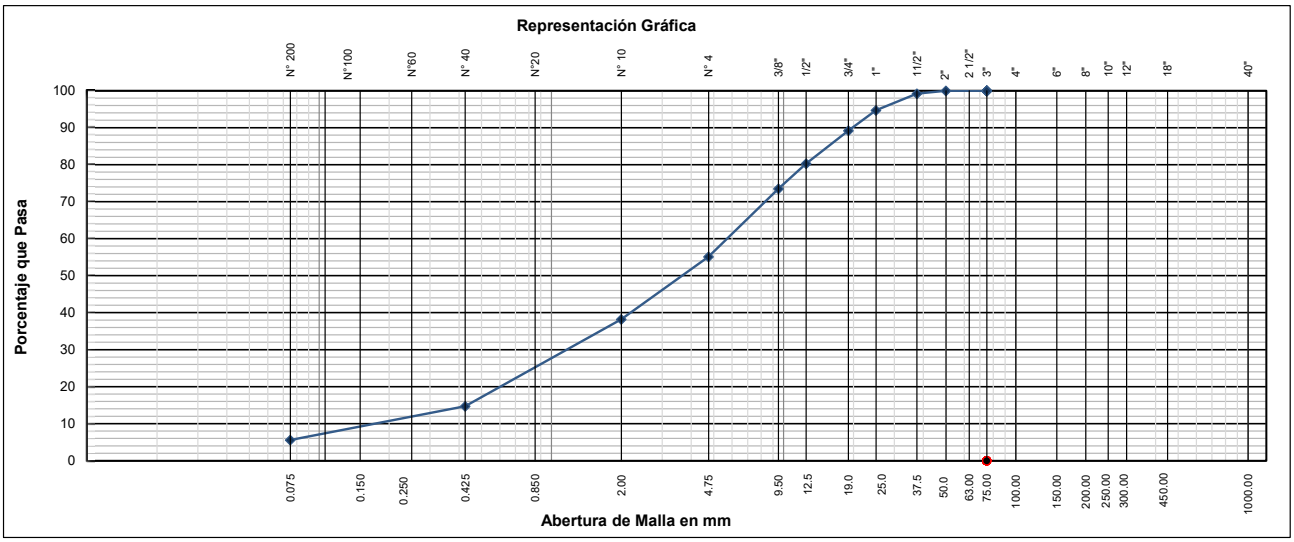
Arena bien gradada con limo y grava

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	482,5	Grava (%)	44,9
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	49,5
Peso del Agua (g)	17,5	**Pasante N° 200**	5,6
Peso Seco sin T (g)	482,5		
% de Humedad	3,6		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,71	CU	32,93
D30	1,16	CC	1,37
D10	0,17		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

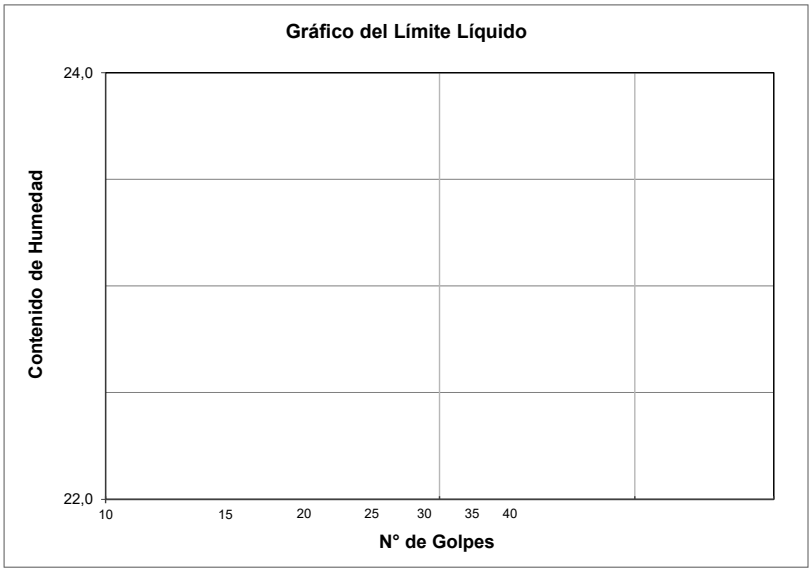
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 17 Prof. 2,80m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 762	Este	2 460 485	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	14,70

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 18 Prof. 0,90m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	05/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 155	Este 2 460 168	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos con algo de plasticidad.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	1103,5	1103,5	5,4	5,4	94,6		
11/2"	37,500	428,0	1531,5	2,1	7,5	92,5		
1"	25,000	1252,0	2783,5	6,2	13,7	86,3		
3/4"	19,000	859,5	3643,0	4,2	17,9	82,1		
1/2"	12,500	1545,5	5188,5	7,6	25,5	74,5		
3/8"	9,500	1031,0	6219,5	5,1	30,6	69,4		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	2566,5	8786,0	12,6	43,2	56,8		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	82,6	82,6	9,7	52,9	47,1		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	110,9	193,5	13,0	65,9	34,1		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	82,3	275,8	9,6	75,5	24,5		
Fondo		208,73	484,5	24,5	100,0	0,0		
TOTAL		**484,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20340,0**		
Peso Fracción 3" (g)	-		
Constante < de 3"	-		
Peso Fracción N°4 (g)	**484,5**		
Constante < de N° 4	**0,11723426**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GC - GM**		

Grava limo arcillosa con arena

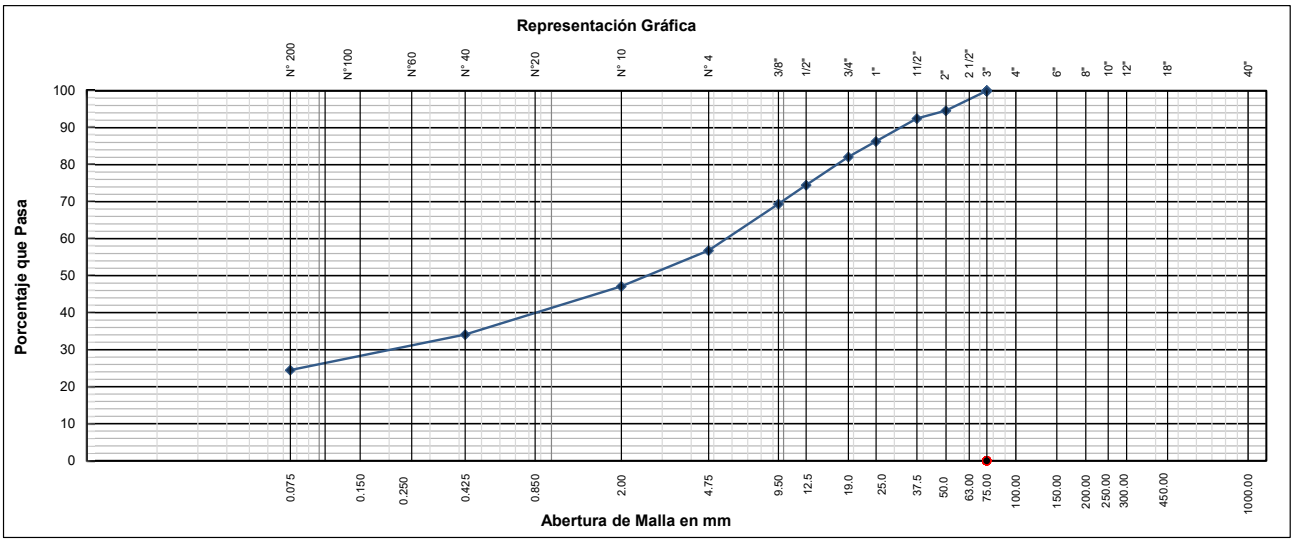
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	484,5	Grava (%)	43,2
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	32,3
Peso del Agua (g)	15,5	**Pasante N° 200**	24,5
Peso Seco sin T (g)	484,5		
% de Humedad	3,2		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	25
Límite Plástico	20
Índice de Plasticidad	5

Otros Valores de Granulometría			
D60	5,66	CU	1037,34
D30	0,20	CC	1,33
D10	0,01		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

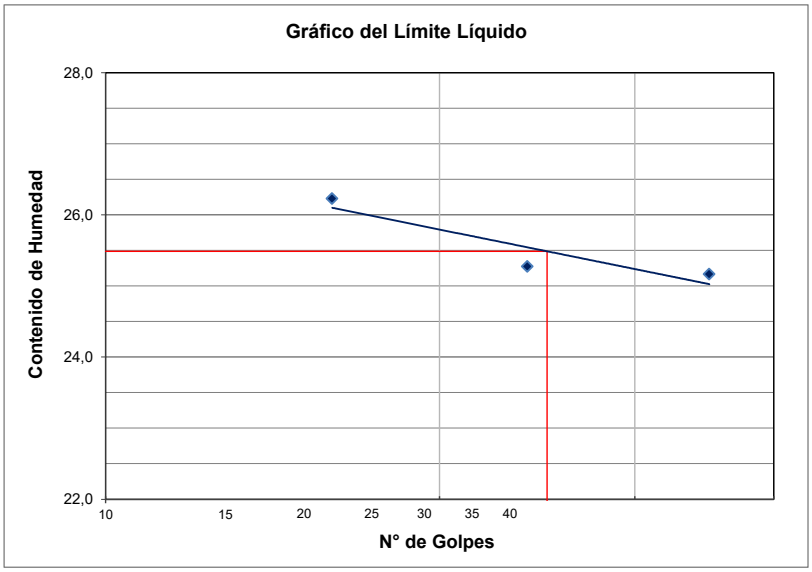
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 18 Prof. 0,90m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 155	Este	2 460 168	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**24**	**16**	
Nº de Recipiente	1	2	3	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	34,58	31,53	36,09	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	29,61	27,15	30,7	
Peso del Recipiente (g)	9,86	9,82	10,15	
Peso del Agua (g)	4,97	4,38	5,39	
Peso del Suelo Seco (g)	19,75	17,33	20,55	
Contenido de Humedad (%)	**25,16**	**25,27**	**26,23**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	34,10

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	4	5	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,22	31,49	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	27,76	27,82	
Peso del Recipiente (g)	10,88	10,41	
Peso del Agua (g)	3,46	3,67	
Peso del Suelo Seco (g)	16,88	17,41	
Contenido de Humedad (%)	**20,50**	**21,08**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
25	**20**	**5**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 18 Prof. 2,30 a 2,50m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	05/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 155	Este 2 460 168	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	717,0	717,0	3,2	3,2	96,8		
11/2"	37,500	333,0	1050,0	1,5	4,7	95,3		
1"	25,000	1863,0	2913,0	8,4	13,1	86,9		
3/4"	19,000	1399,5	4312,5	6,3	19,4	80,6		
1/2"	12,500	2358,0	6670,5	10,6	30,0	70,0		
3/8"	9,500	1673,0	8343,5	7,5	37,5	62,5		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3566,0	11909,5	16,0	53,5	46,5		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	138,0	138,0	13,3	66,8	33,2		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	186,8	324,8	18,0	84,8	15,2		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	96,5	421,3	9,3	94,1	5,9		
Fondo		61,72	483,0	5,9	100,0	0,0		
TOTAL		**483,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**22223,5**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**483,0**
Constante < de N° 4	**0,09627329**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GW - GM**

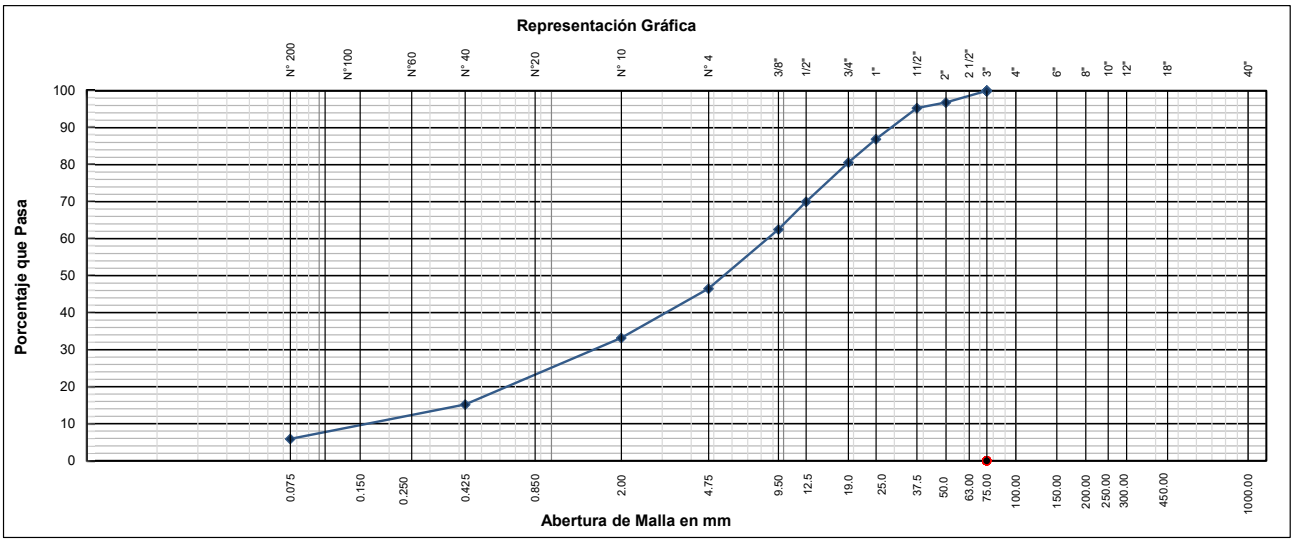
Grava bien gradada con limo y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	483,0	Grava (%)	53,5
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	40,6
Peso del Agua (g)	17,0	**Pasante N° 200**	5,9
Peso Seco sin T (g)	483,0		
% de Humedad	3,5		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Otros Valores de Granulometría			
D60	8,52	CU	52,91
D30	1,52	CC	1,68
D10	0,16		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

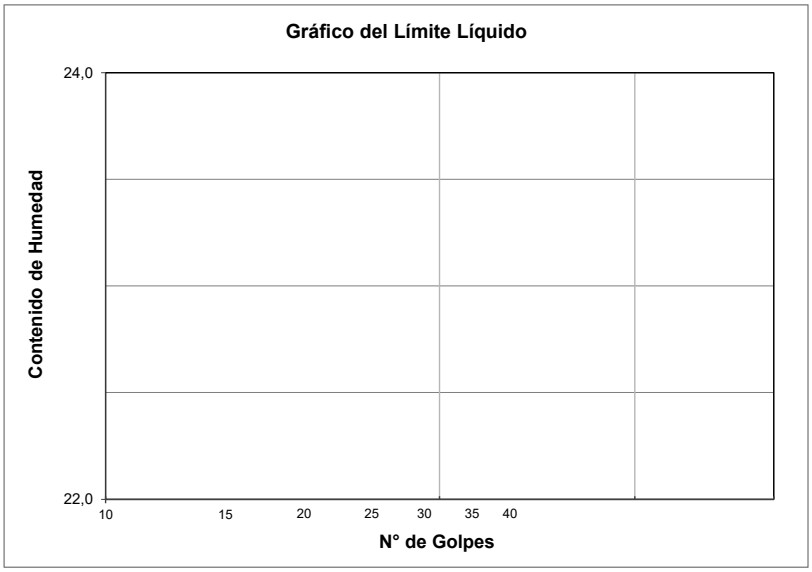
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 18 Prof. 2,30 a 2,50m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 155	Este	2 460 168	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes				
Nº de Recipiente				
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)				
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)				
Peso del Recipiente (g)				
Peso del Agua (g)				
Peso del Suelo Seco (g)				
Contenido de Humedad (%)				

Límite Plástico			
Nº de Recipiente			
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)			
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)			
Peso del Recipiente (g)			
Peso del Agua (g)			
Peso del Suelo Seco (g)			
Contenido de Humedad (%)			

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	15,20

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
NP	**NP**	**NP**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 19 Prof. 0,60m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	06/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 213	Este 2 460 659	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes		
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450,000						
12"	300,000						
10"	250,000						
8"	200,000						
6"	150,000						
4"	100,000						
3"	75,000						
2 1/2"	63,000						
2"	50,000					100,0	
11/2"	37,500	800,5	800,5	4,4	4,4	95,6	
1"	25,000	435,5	1236,0	2,4	6,8	93,2	
3/4"	19,000	509,0	1745,0	2,8	9,6	90,4	
1/2"	12,500	912,5	2657,5	5,0	14,6	85,4	
3/8"	9,500	719,5	3377,0	3,9	18,5	81,5	
1/4"	6,300						
N° 4	4,750	2730,0	6107,0	15,0	33,5	66,5	
N° 8	2,360						
N° 10	2,000	101,5	101,5	14,2	47,7	52,3	
N° 16	1,180						
N° 20	0,850						
N° 30	0,600						
N° 40	0,425	111,5	213,0	15,6	63,3	36,7	
N° 50	0,300						
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150						
N° 140	0,106						
N° 200	0,075	83,6	296,6	11,7	75,0	25,0	
Fondo		178,41	475,0	25,0	100,0	0,0	
TOTAL		**475,00**				100,0	

Descripción de la Muestra

Suelo arenoso con presencia de gravas y finos plásticos.

Peso Total Seco (g)	**18225,0**	
Peso Fracción 3" (g)	-	
Constante < de 3"	-	
Peso Fracción N°4 (g)	**475,0**	
Constante < de N° 4	**0,14000000**	
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**
Clasificación AASHTO	____	
Clasificación SUCS	**SC**	

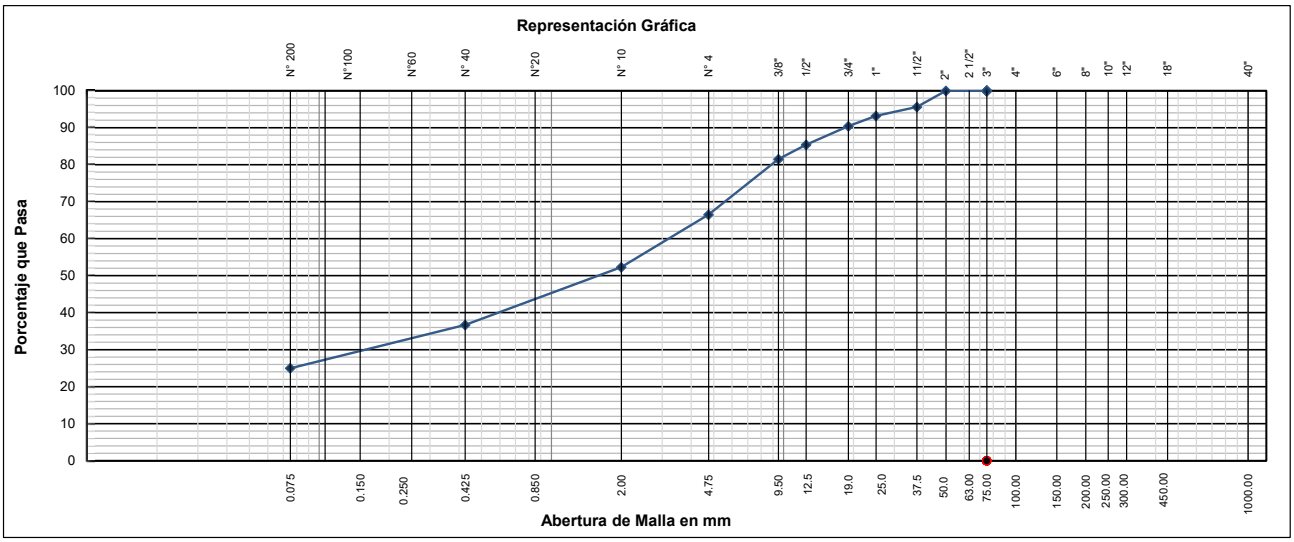
Arena arcillosa con grava

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	475,0	Grava (%)	33,5
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	41,5
Peso del Agua (g)	25,0	**Pasante N° 200**	25,0
Peso Seco sin T (g)	475,0		
% de Humedad	5,3		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	22
Límite Plástico	15
Índice de Plasticidad	7

Otros Valores de Granulometría			
D60	3,20	CU	393,98
D30	0,16	CC	0,95
D10	0,01		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio

Firma:

Nombre:

Fecha:

Ing. Supervisor

Firma:

Nombre:

Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

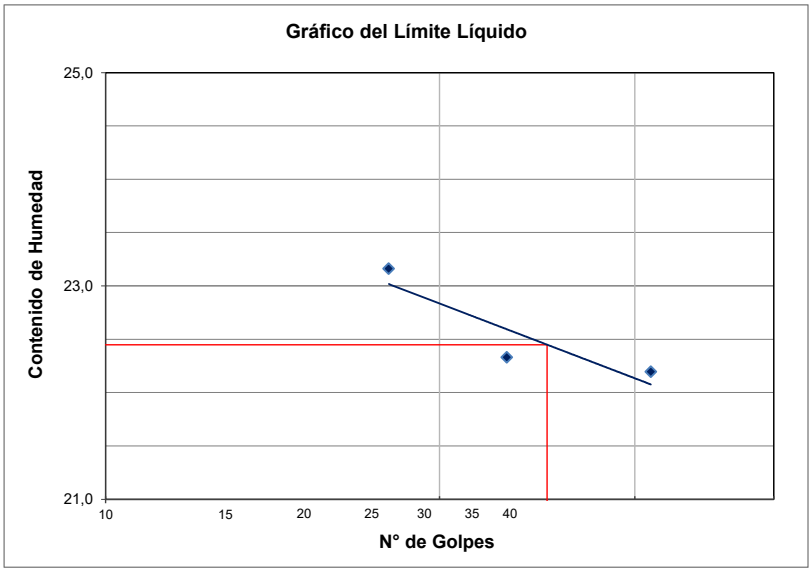
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 19 Prof. 0,60m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 213	Este	2 460 659	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**31**	**23**	**18**	
Nº de Recipiente	6	7	8	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	34,56	33,01	33,81	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	30,03	28,91	29,37	
Peso del Recipiente (g)	9,62	10,55	10,20	
Peso del Agua (g)	4,53	4,10	4,44	
Peso del Suelo Seco (g)	20,41	18,36	19,17	
Contenido de Humedad (%)	**22,20**	**22,33**	**23,16**	

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	9	10	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	21,16	27,6	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	19,66	25,15	
Peso del Recipiente (g)	9,40	9,70	
Peso del Agua (g)	1,50	2,45	
Peso del Suelo Seco (g)	10,26	15,45	
Contenido de Humedad (%)	**14,62**	**15,86**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	36,70

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
22	**15**	**7**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 19 Prof. 1,60m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	06/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 213	Este 2 460 659	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	792,5	792,5	4,3	4,3	95,7		
1"	25,000	1004,5	1797,0	5,4	9,7	90,3		
3/4"	19,000	926,5	2723,5	5,0	14,7	85,3		
1/2"	12,500	1881,5	4605,0	10,1	24,8	75,2		
3/8"	9,500	1116,5	5721,5	6,0	30,8	69,2		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3407,5	9129,0	18,4	49,2	50,8		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	151,6	151,6	16,1	65,3	34,7		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	177,3	329,0	18,8	84,1	15,9		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	78,9	407,9	8,4	92,5	7,5		
Fondo		71,65	479,5	7,5	100,0	0,0		
TOTAL		**479,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**18540,5**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**479,5**		
Constante < de N° 4	**0,10594369**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GC**		

Grava bien gradada con arcilla y arena

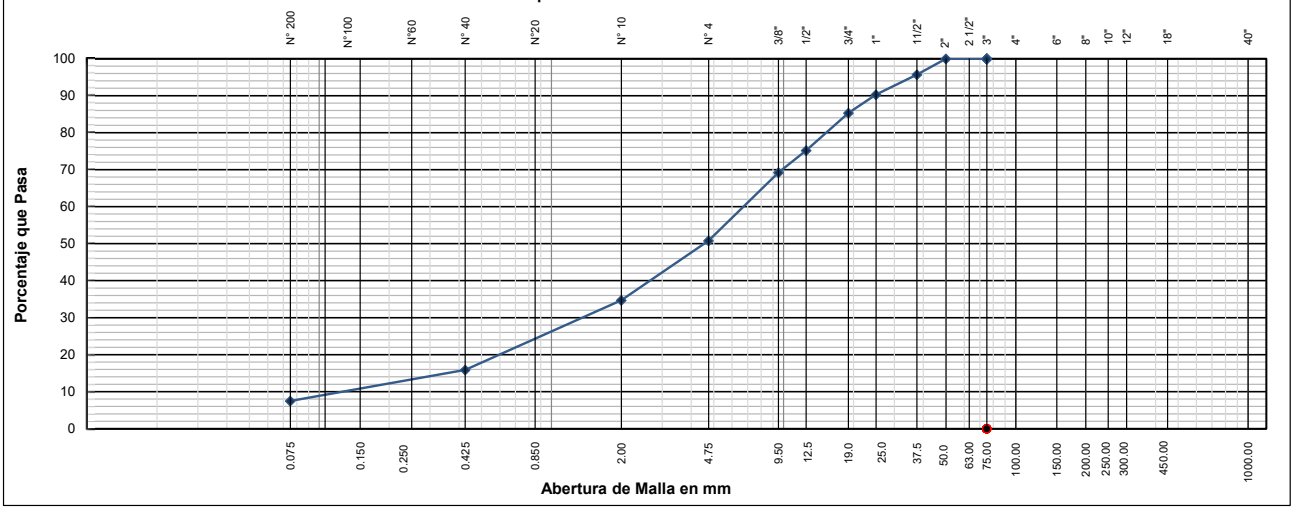
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	479,5	Grava (%)	49,2
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	43,3
Peso del Agua (g)	20,5	**Pasante N° 200**	7,5
Peso Seco sin T (g)	479,5		
% de Humedad	4,3		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	26
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	9

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,72	CU	53,45
D30	1,36	CC	2,18
D10	0,13		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

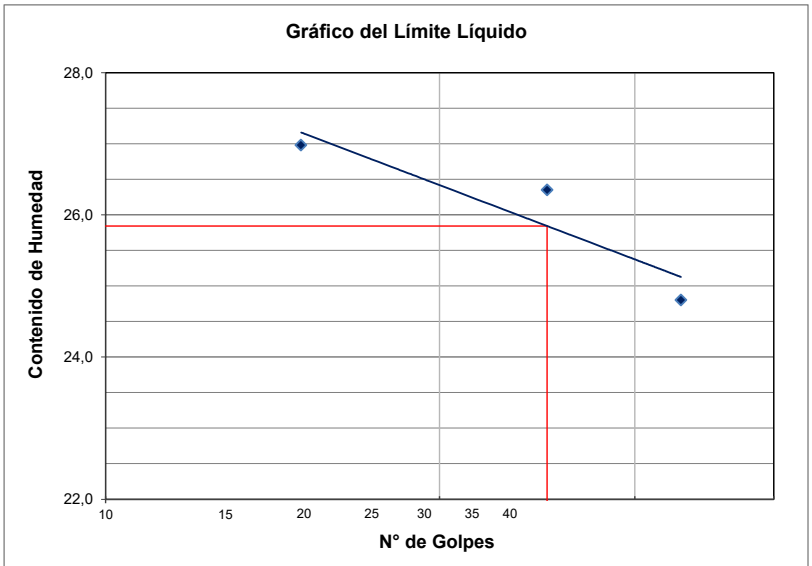
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 19 Prof. 1,60m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	26/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 213	Este	2 460 659	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**33**	**25**	**15**	
Nº de Recipiente	11	12	13	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	32,15	32,4	26,63	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	27,84	27,86	23,02	
Peso del Recipiente (g)	10,46	10,63	9,64	
Peso del Agua (g)	4,31	4,54	3,61	
Peso del Suelo Seco (g)	17,38	17,23	13,38	
Contenido de Humedad (%)	**24,80**	**26,35**	**26,98**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	15,90

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	14	15	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,4	31,02	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,41	27,92	
Peso del Recipiente (g)	10,78	10,53	
Peso del Agua (g)	2,99	3,10	
Peso del Suelo Seco (g)	17,63	17,39	
Contenido de Humedad (%)	**16,96**	**17,83**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
26	**17**	**9**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 19 Prof. 1,80m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras	Fecha de Ensayo	06/12/22
Coordenadas	Norte 6 433 213	Este 2 460 659	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	947,5	947,5	4,7	4,7	95,3		
1"	25,000	796,0	1743,5	3,9	8,6	91,4		
3/4"	19,000	1051,5	2795,0	5,2	13,8	86,2		
1/2"	12,500	1625,5	4420,5	8,0	21,8	78,2		
3/8"	9,500	1312,5	5733,0	6,5	28,3	71,7		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3693,0	9426,0	18,2	46,5	53,5		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	124,7	124,7	14,0	60,5	39,5		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	169,3	294,0	19,0	79,5	20,5		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	83,1	377,1	9,3	88,8	11,2		
Fondo		98,95	476,0	11,2	100,0	0,0		
TOTAL		**476,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20293,5**		
Peso Fracción 3" (g)	**-**		
Constante < de 3"	**-**		
Peso Fracción N°4 (g)	**476,0**		
Constante < de N° 4	**0,11239496**		
Temperatura de Secado :	**110**	**°C**	
Clasificación AASHTO	____		
Clasificación SUCS	**GW - GC**		

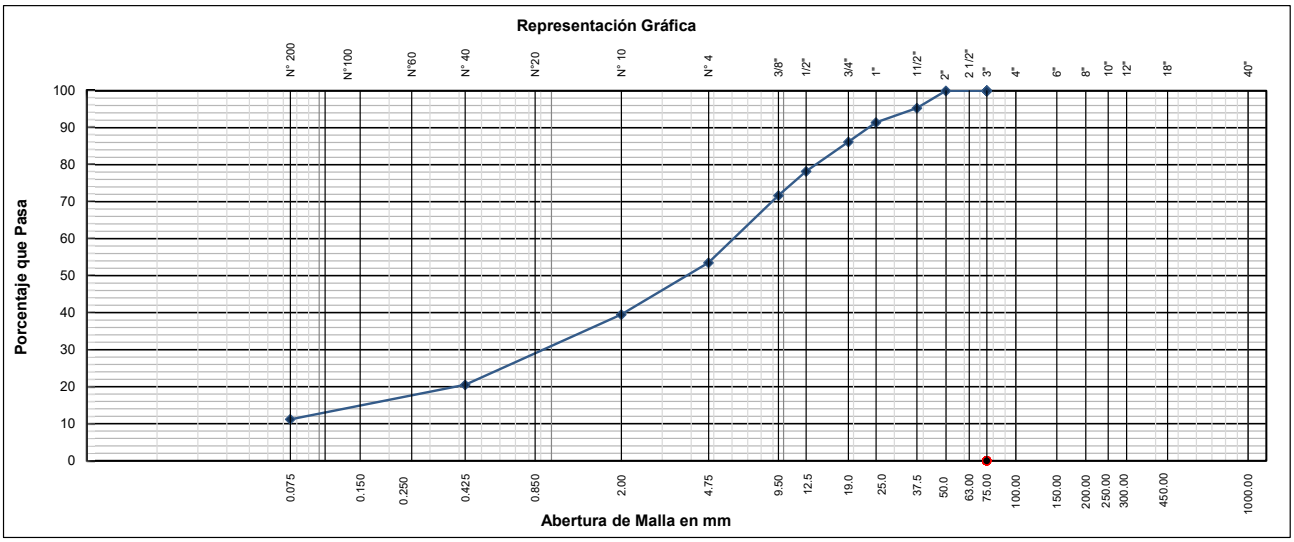
Grava bien gradada con arcilla y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	476,0	Grava (%)	46,5
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	42,3
Peso del Agua (g)	24,0	**Pasante N° 200**	11,2
Peso Seco sin T (g)	476,0		
% de Humedad	5,0		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	26
Límite Plástico	16
Índice de Plasticidad	10

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,08	CU	101,47
D30	0,92	CC	2,33
D10	0,06		

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

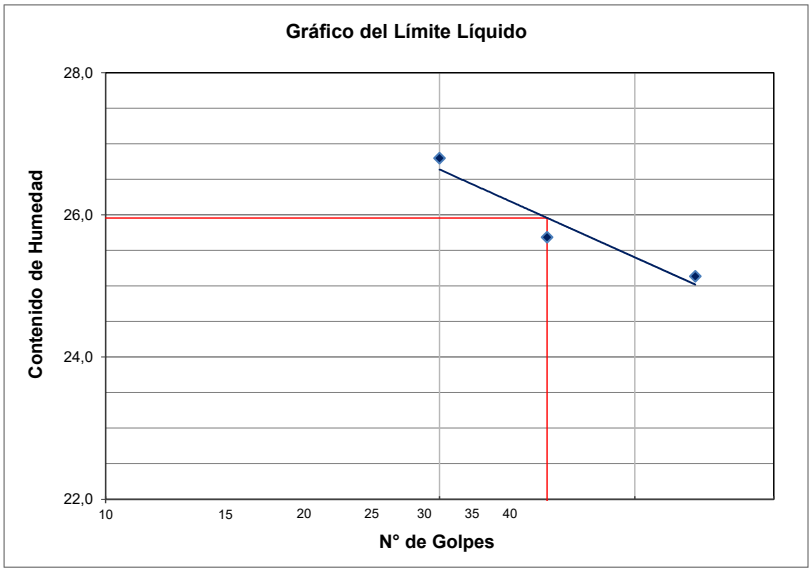
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 19 Prof. 1,80m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona escombreras				Fecha de Ensayo	27/12/22	
Coordenadas	Norte	6 433 213	Este	2 460 659	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**34**	**25**	**20**	
Nº de Recipiente	16	17	18	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,4	32,79	32,97	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	27,19	28,19	28,23	
Peso del Recipiente (g)	10,44	10,28	10,54	
Peso del Agua (g)	4,21	4,60	4,74	
Peso del Suelo Seco (g)	16,75	17,91	17,69	
Contenido de Humedad (%)	**25,13**	**25,68**	**26,79**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	20,50

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	19	20	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,63	26,58	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	27,84	24,16	
Peso del Recipiente (g)	10,24	9,75	
Peso del Agua (g)	2,79	2,42	
Peso del Suelo Seco (g)	17,60	14,41	
Contenido de Humedad (%)	**15,85**	**16,79**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
26	**16**	**10**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proyecto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 20 Prof. 1,20m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	07/12/22
Coordenadas	Norte 6 435 995	Este 2 460 009	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000							
2"	50,000					100,0		
11/2"	37,500	1006,5	1006,5	5,3	5,3	94,7		
1"	25,000	1175,0	2181,5	6,2	11,5	88,5		
3/4"	19,000	946,0	3127,5	5,0	16,5	83,5		
1/2"	12,500	2023,0	5150,5	10,7	27,2	72,8		
3/8"	9,500	1376,0	6526,5	7,3	34,5	65,5		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3072,5	9599,0	16,3	50,8	49,2		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	174,6	174,6	17,5	68,3	31,7		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	159,5	334,1	16,0	84,3	15,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	65,2	399,3	6,5	90,8	9,2		
Fondo		90,72	490,0	9,2	100,0	0,0		
TOTAL		**490,00**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**18885,0**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**490,0**
Constante < de N° 4	**0,10040816**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GP - GC**

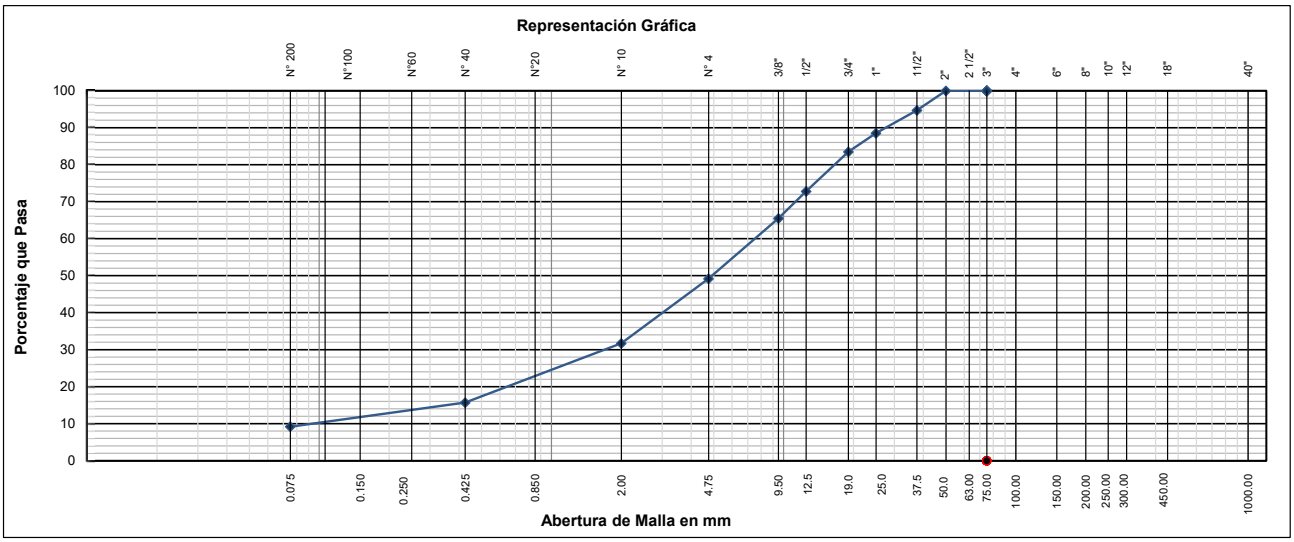
Grava pobremente gradada con arcilla y arena

Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	490,0	Grava (%)	50,8
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	40,0
Peso del Agua (g)	10,0	**Pasante N° 200**	9,2
Peso Seco sin T (g)	490,0		
% de Humedad	2,0		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	24
Límite Plástico	16
Índice de Plasticidad	8

Otros Valores de Granulometría			
D60	7,52	CU	80,98
D30	1,70	CC	4,12
D10	0,09		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Límites de Atterberg
ASTM D 4318

PROYECTO SAN JORGE

20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

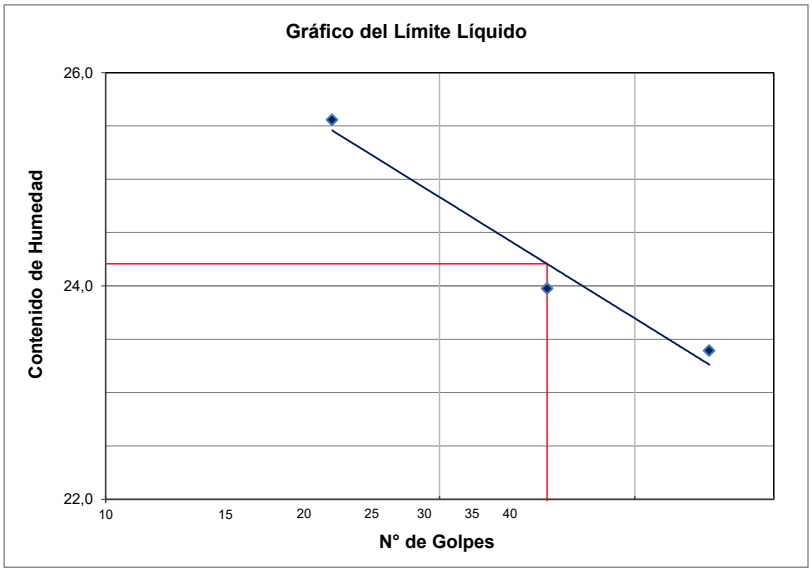
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proyecto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 20 Prof. 1,20m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	27/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 995	Este	2 460 009	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**25**	**16**	
Nº de Recipiente	21	22	23	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	36,74	33,04	33,5	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	31,75	28,65	28,8	
Peso del Recipiente (g)	10,42	10,34	10,41	
Peso del Agua (g)	4,99	4,39	4,70	
Peso del Suelo Seco (g)	21,33	18,31	18,39	
Contenido de Humedad (%)	**23,39**	**23,98**	**25,56**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	15,70

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	24	25	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	30,97	29,74	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,21	26,83	
Peso del Recipiente (g)	10,22	9,47	
Peso del Agua (g)	2,76	2,91	
Peso del Suelo Seco (g)	17,99	17,36	
Contenido de Humedad (%)	**15,34**	**16,76**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$$LL = W^n (N / 25)^{0.121} \text{ ó } LL = kW^n$$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
24	**16**	**8**

Cumple con las Especificaciones Técnicas :	**NA**

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes

SIG AND

GEOTECNÍA
Análisis Granulométrico
ASTM D 6913

PROYECTO SANJORGE

20-AND-54-FOR-0001 / R0 / 31-07-20

Proyecto	San Jorge	Cliente	Proeycto San Jorge
N° de Proyecto	2201.20.01	Unidad Minera	San Jorge
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 20 Prof. 2,50m.	Ubicación	Uspallata - Mendoza
Material	-	Fecha de Muestreo	28/10/22
Procedencia	Uspallata	Ensayado por	Anibal Zeballos
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas	Fecha de Ensayo	07/12/22
Coordenadas	Norte 6 435 995	Este 2 460 009	Cota -

Tamiz		Pesos			Porcentajes			Descripción de la Muestra
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Especif. Técnicas MC	Grava arenosa con presencia de finos.
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)							
18"	450,000							
12"	300,000							
10"	250,000							
8"	200,000							
6"	150,000							
4"	100,000							
3"	75,000							
2 1/2"	63,000					100,0		
2"	50,000	470,0	470,0	2,3	2,3	97,7		
11/2"	37,500	829,5	1299,5	4,0	6,3	93,7		
1"	25,000	1184,5	2484,0	5,7	12,0	88,0		
3/4"	19,000	813,5	3297,5	3,9	15,9	84,1		
1/2"	12,500	1671,5	4969,0	8,0	23,9	76,1		
3/8"	9,500	1240,5	6209,5	6,0	29,9	70,1		
1/4"	6,300							
N° 4	4,750	3486,0	9695,5	16,7	46,6	53,4		
N° 8	2,360							
N° 10	2,000	150,5	150,5	16,8	63,4	36,6		
N° 16	1,180							
N° 20	0,850							
N° 30	0,600							
N° 40	0,425	188,0	338,5	20,9	84,3	15,7		
N° 50	0,300							
N° 60	0,250							
N° 80	0,180							
N° 100	0,150							
N° 140	0,106							
N° 200	0,075	73,3	411,7	8,2	92,5	7,5		
Fondo		67,77	479,5	7,5	100,0	0,0		
TOTAL		**479,50**				100,0		

Peso Total Seco (g)	**20835,0**
Peso Fracción 3" (g)	**-**
Constante < de 3"	**-**
Peso Fracción N°4 (g)	**479,5**
Constante < de N° 4	**0,11136601**
Temperatura de Secado :	**110** **°C**
Clasificación AASHTO	____
Clasificación SUCS	**GW - GC - GM**

Grava bien gradada con arcilla limosa y arena

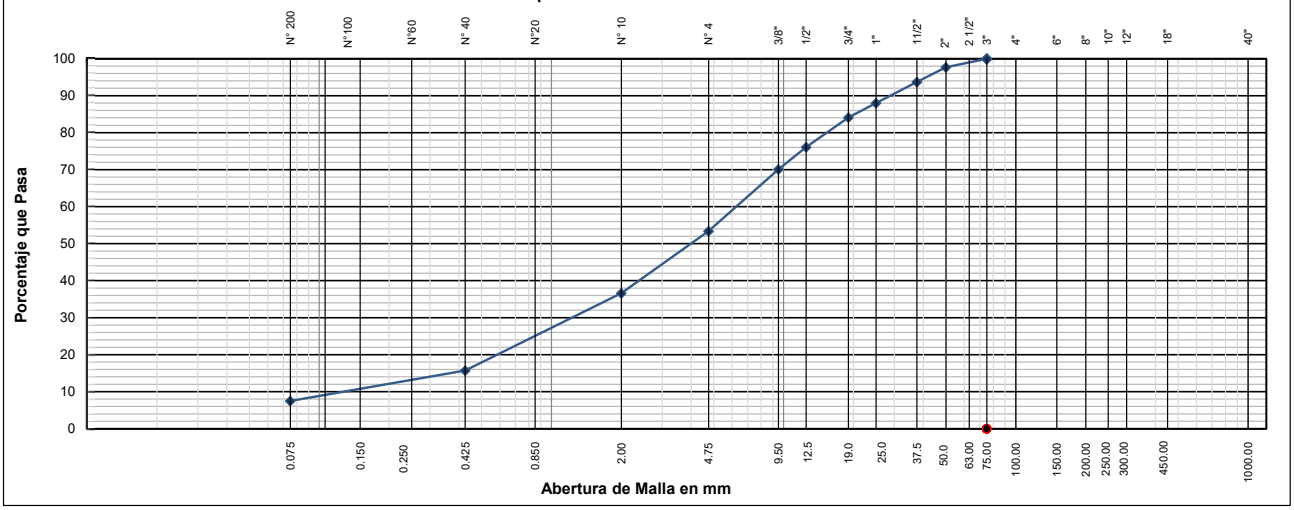
Humedad < N° 4		Descripción del Ensayo	
Nº de Tara	D-02	Bloques o Rocas (%)	-
Peso Húmedo + T (g)	500,0	Bolonería (%)	-
Peso Seco + T (g)	479,5	Grava (%)	46,6
Peso de Tara (g)	0,0	Arena (%)	45,9
Peso del Agua (g)	20,5	**Pasante N° 200**	7,5
Peso Seco sin T (g)	479,5		
% de Humedad	4,3		

Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
Límite Líquido	24
Límite Plástico	17
Índice de Plasticidad	7

Otros Valores de Granulometría			
D60	6,25	CU	49,08
D30	1,23	CC	1,89
D10	0,13		

Cumple con las Especificaciones Técnicas : **NA**

Representación Gráfica



Observaciones:

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anddes	GEOTECNÍA Límites de Atterberg ASTM D 4318	PROYECTO SAN JORGE
SIG AND		20-AND-54-FOR-0006 / R0 /28-07-2020

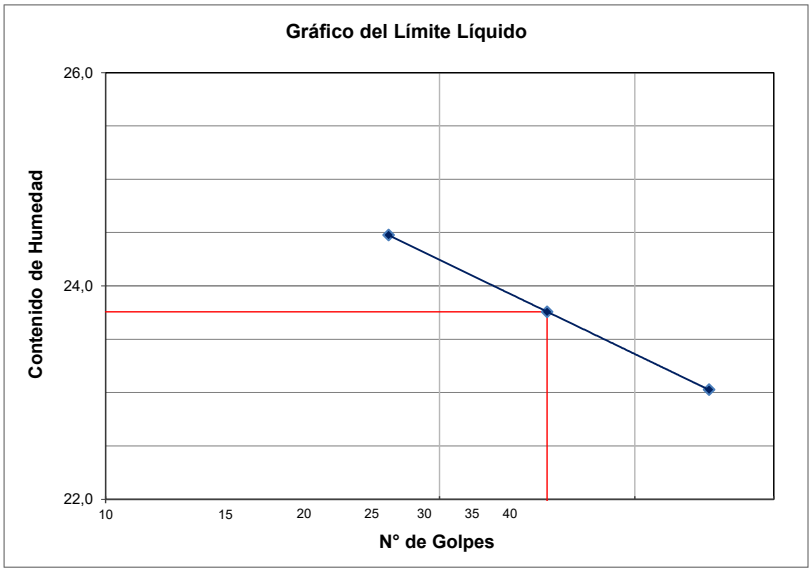
Proyecto	San Jorge				Cliente	Proeycto San Jorge	
N° de Proyecto	2201.20.01				Unidad Minera	San Jorge	
Registro / Muestra N°	Calicata Nº 20 Prof. 2,50m.				Ubicación	Uspallata - Mendoza	
Material	-				Fecha de Muestreo	28/10/22	
Procedencia	Uspallata				Ensayado por	Anibal Zeballos	
Ubicación de la Muestra	Zona dique de colas				Fecha de Ensayo	27/12/22	
Coordenadas	Norte	6 435 995	Este	2 460 009	Cota	-	

Límite Líquido				
Nº de Golpes	**35**	**25**	**18**	
Nº de Recipiente	1	2	3	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	34,17	32,69	33,29	
Peso de recipiente + Suelo Seco (g)	29,62	28,3	28,74	
Peso del Recipiente (g)	9,86	9,82	10,15	
Peso del Agua (g)	4,55	4,39	4,55	
Peso del Suelo Seco (g)	19,76	18,48	18,59	
Contenido de Humedad (%)	**23,03**	**23,76**	**24,48**	

Temperatura de Secado :	110 °C
Preparación de la Muestra :	Húmeda
Agua Utilizada:	Potable
Muestra pasante N° 40 (%):	15,70

Límite Plástico			
Nº de Recipiente	4	5	
Peso de Recipiente + Suelo Húmedo (g)	31,51	32,39	
Peso de Recipiente + Suelo Seco (g)	28,43	28,98	
Peso del Recipiente (g)	10,88	10,41	
Peso del Agua (g)	3,08	3,41	
Peso del Suelo Seco (g)	17,55	18,57	
Contenido de Humedad (%)	**17,55**	**18,36**	

Nº Golpes, N	Factor k
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022



Ecuación de cálculo

$LL = W^n (N / 25)^{0.121}$ ó $LL = kW^n$

Donde : N = Número de Golpes.
W^n= Contenido de Humedad.
k = Factor para Límite Líquido.

Resultados obtenidos		
Límites		Índice Plástico
Líquido	Plástico	
24	**17**	**7**

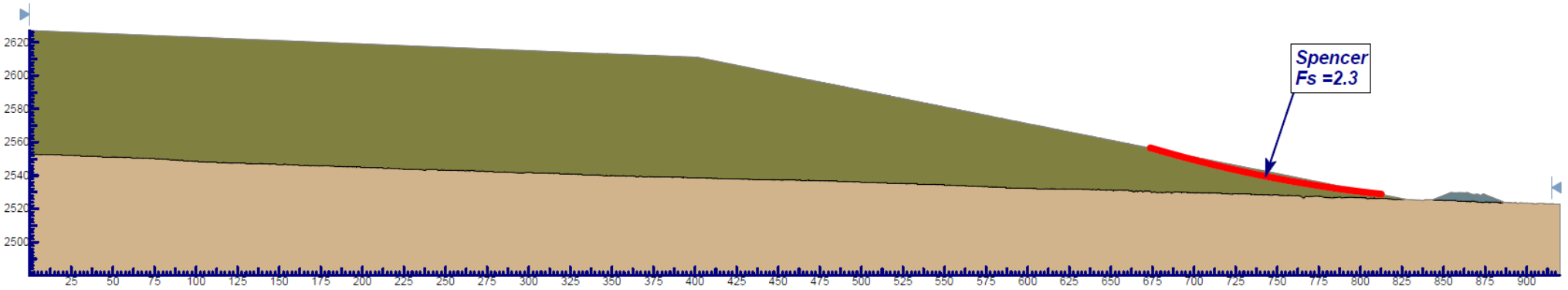
Cumple con las Especificaciones Técnicas :	NA

Observaciones :

Técnico Laboratorio	Ing. Supervisor
Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

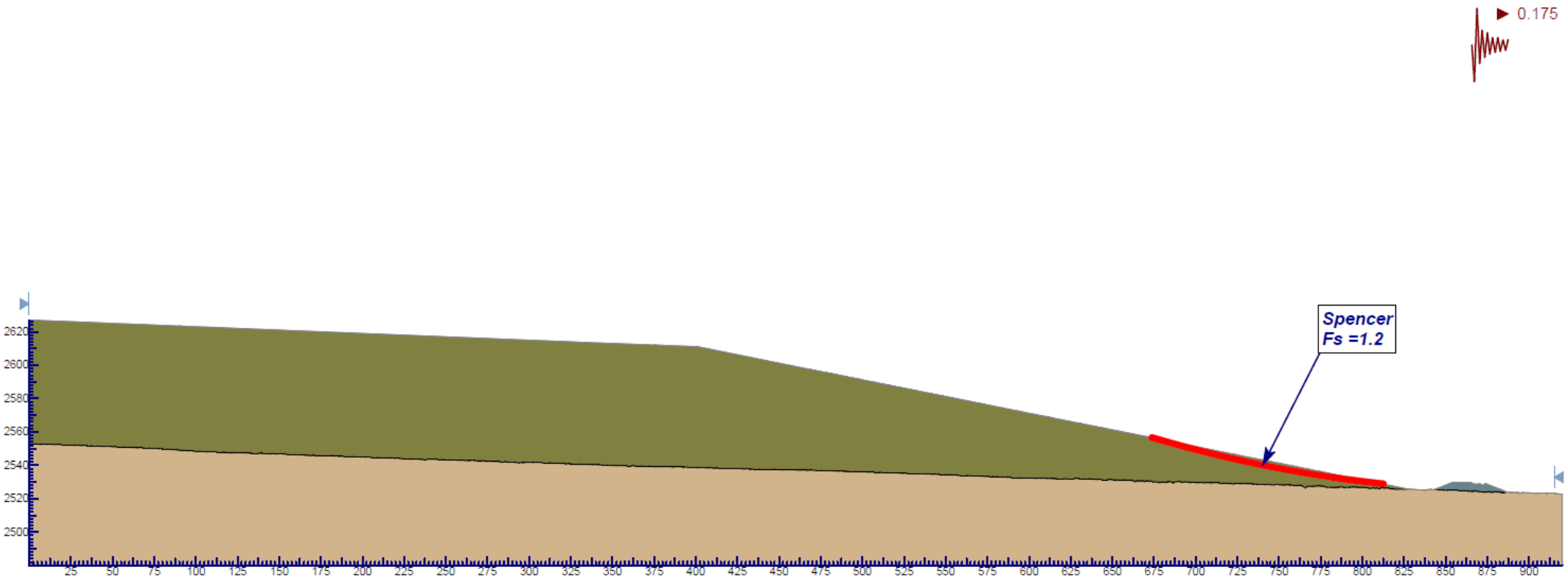
IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Anexo C - Análisis de estabilidad



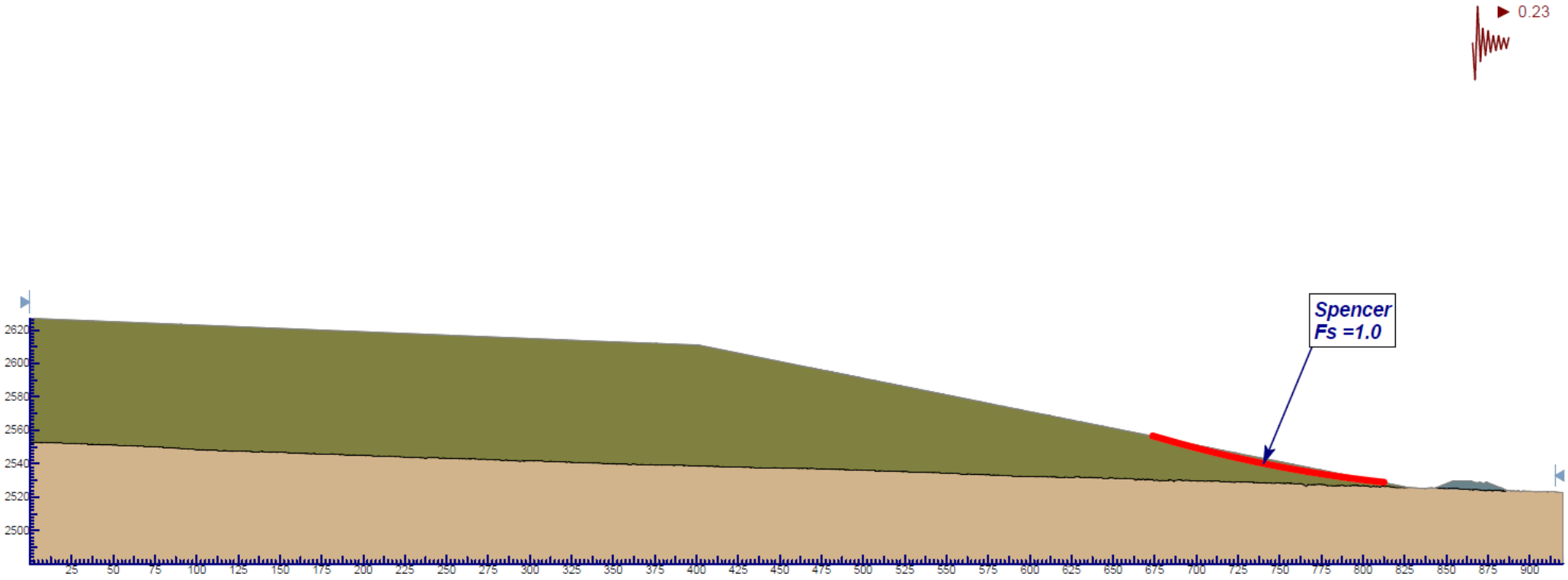
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección A – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



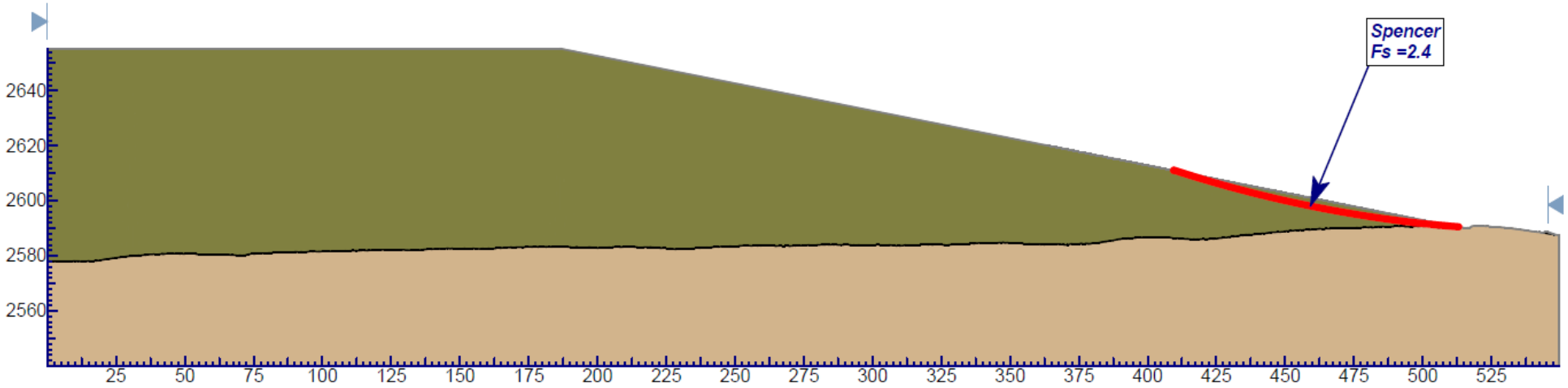
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección A – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



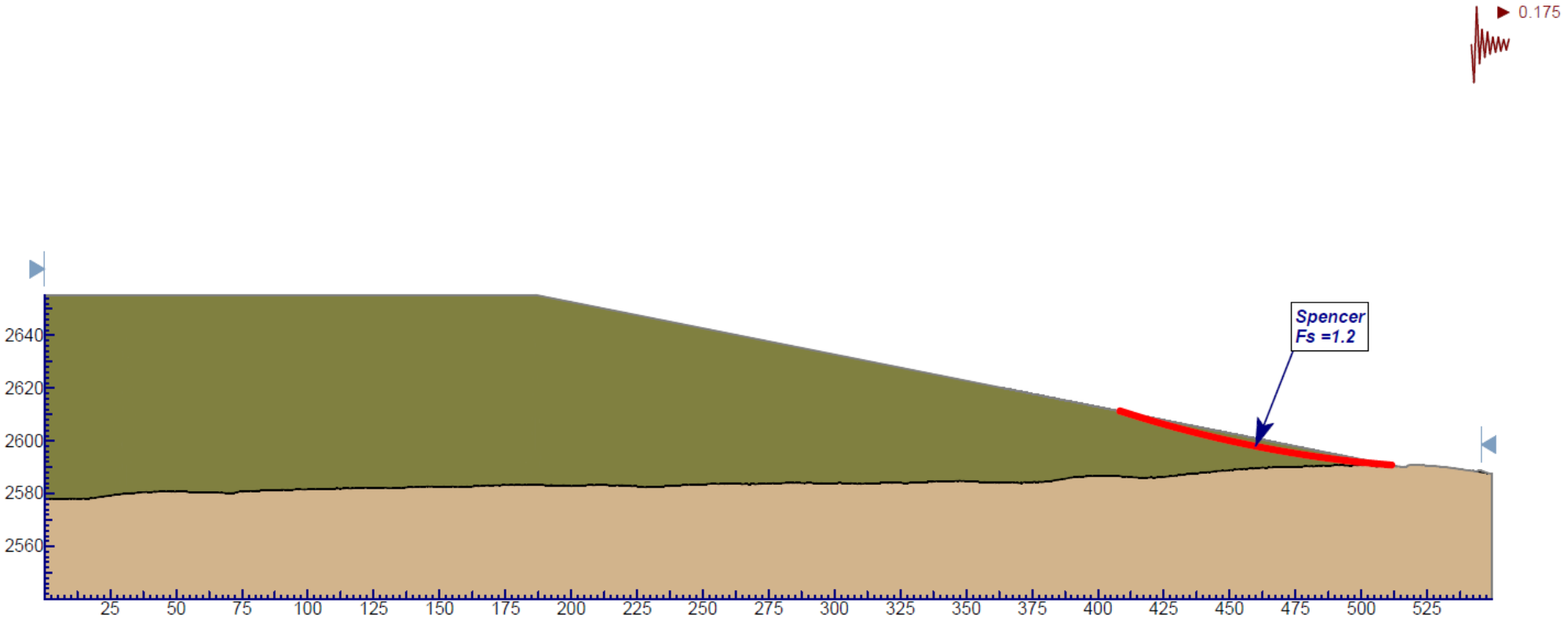
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección A – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



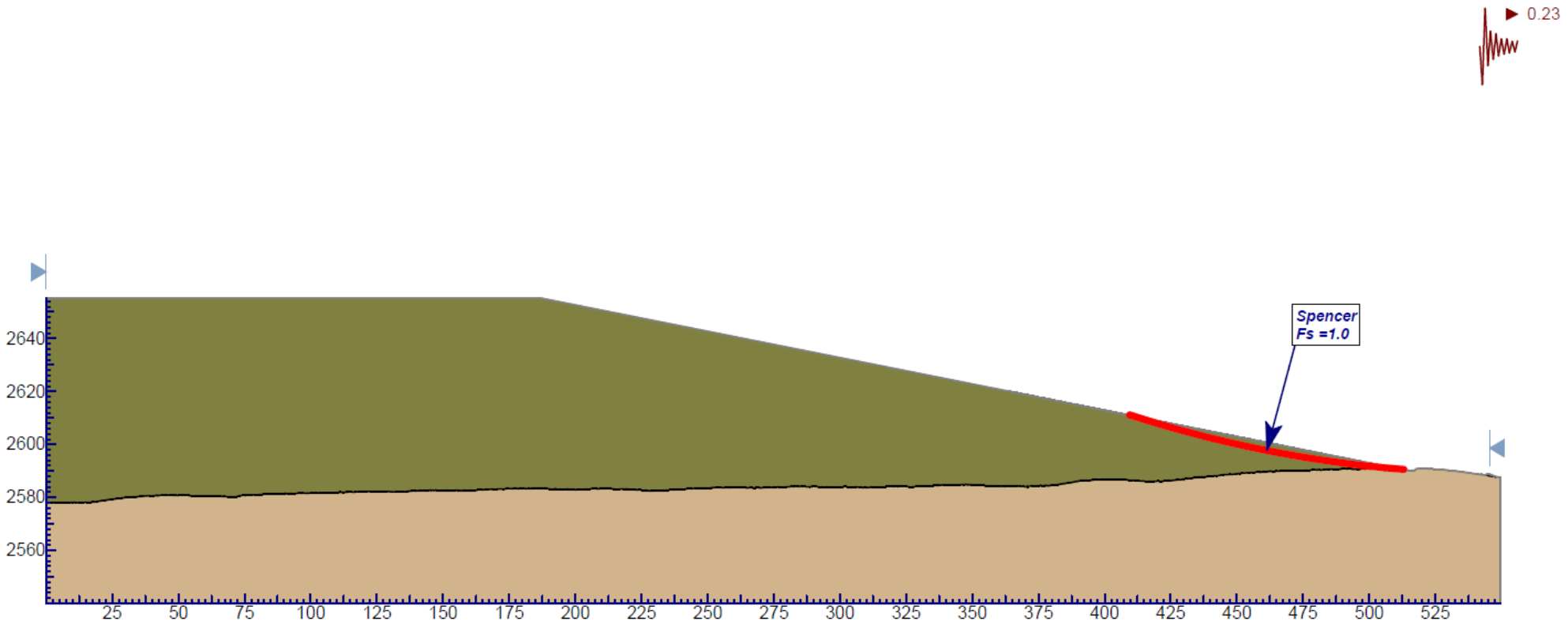
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección B – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



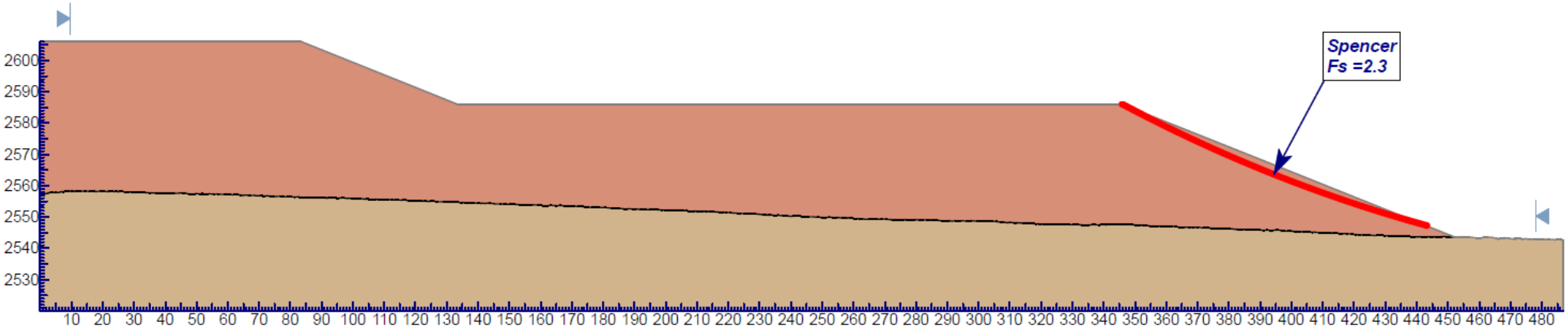
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección B – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



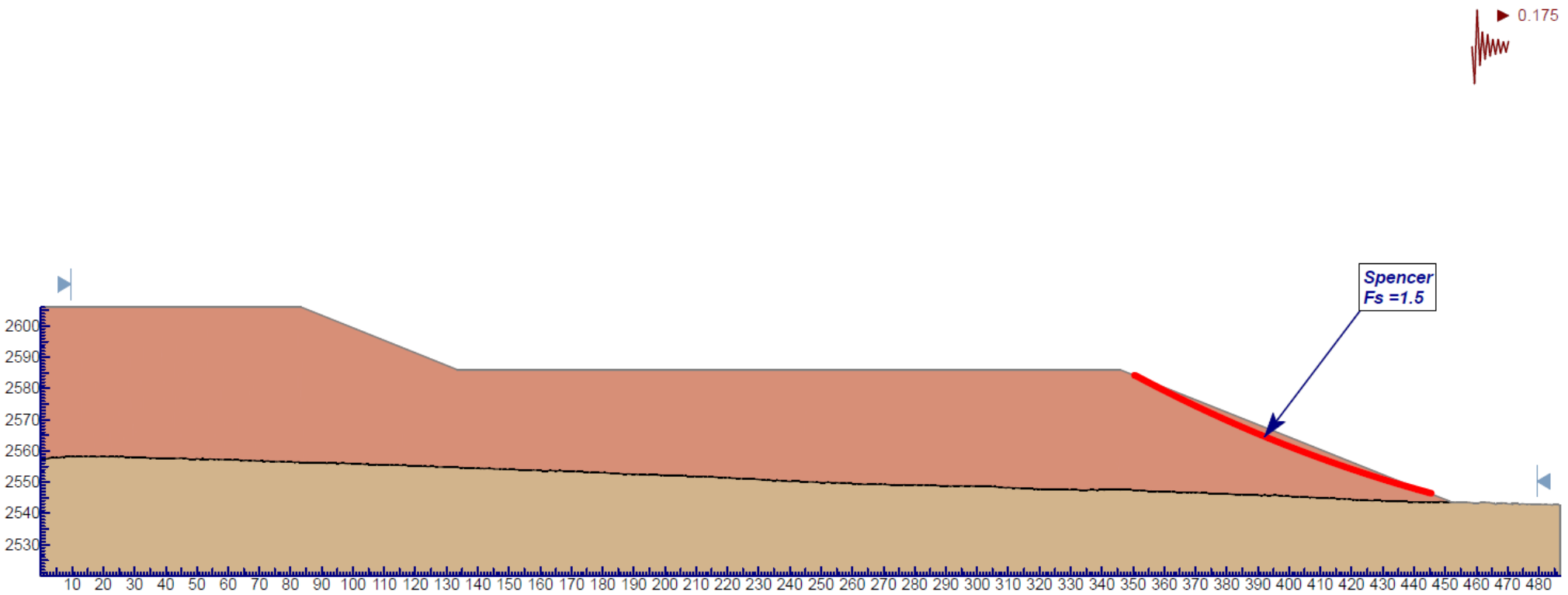
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección B – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



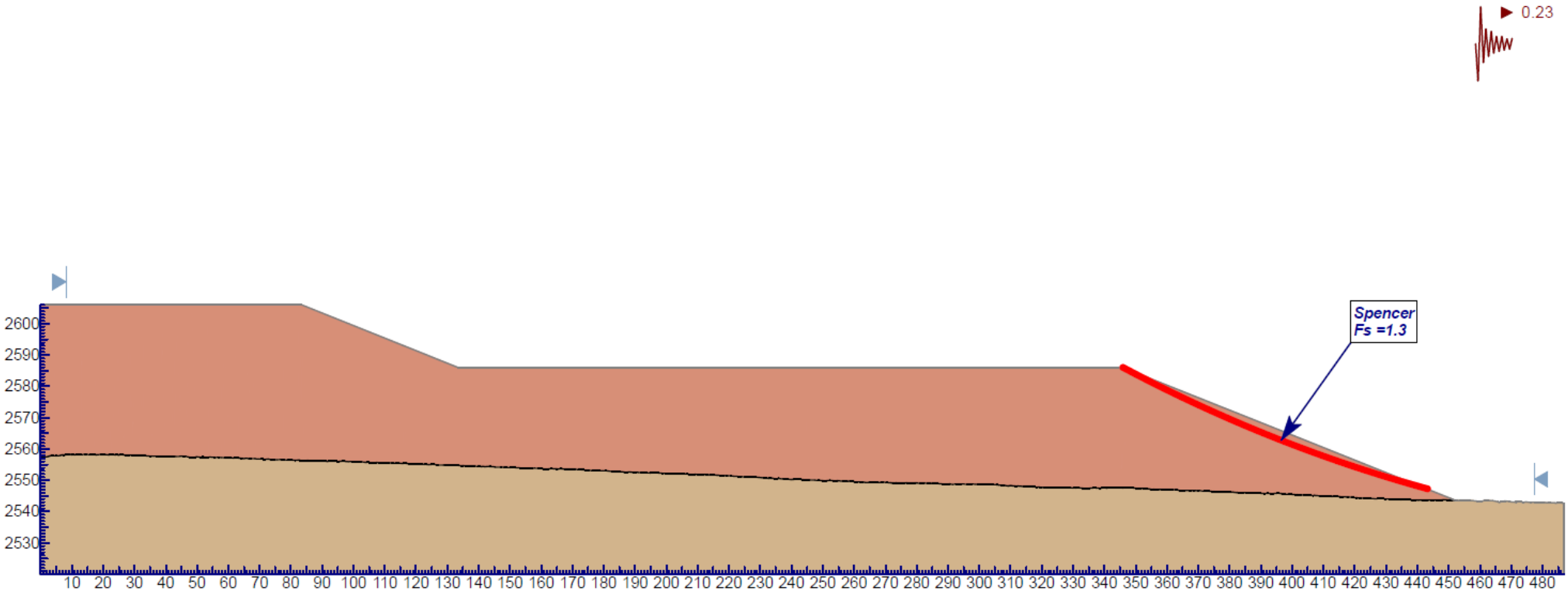
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección C – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



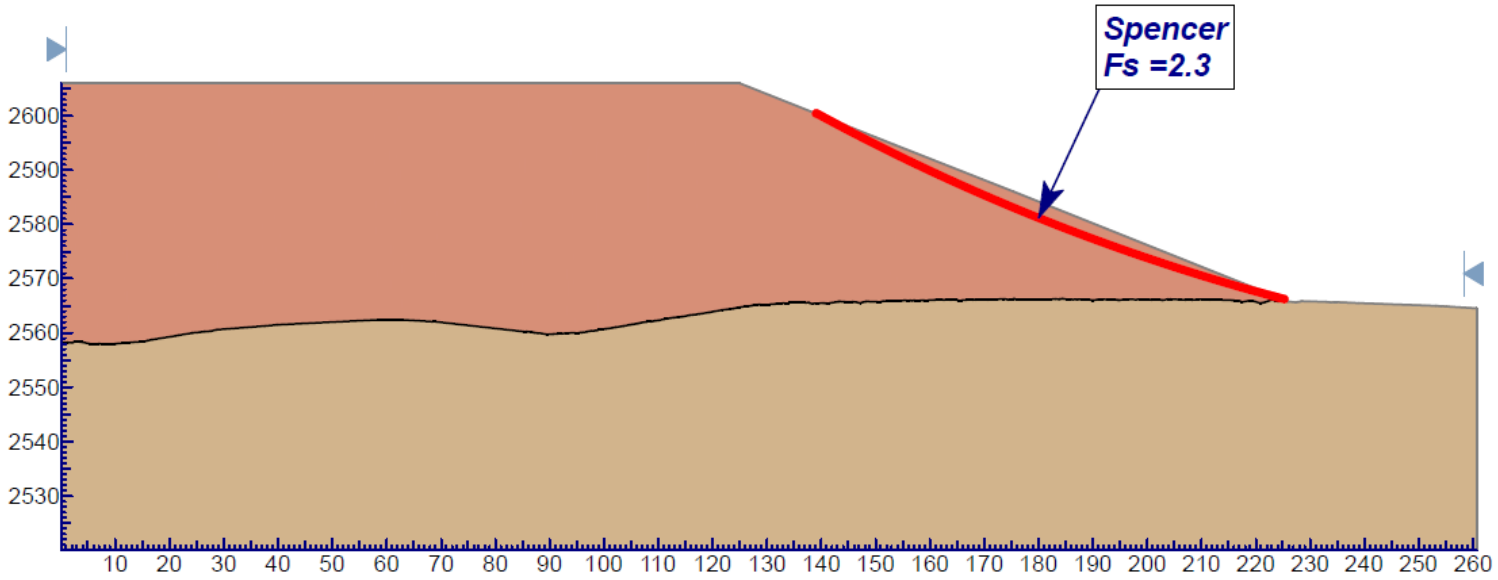
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección C – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



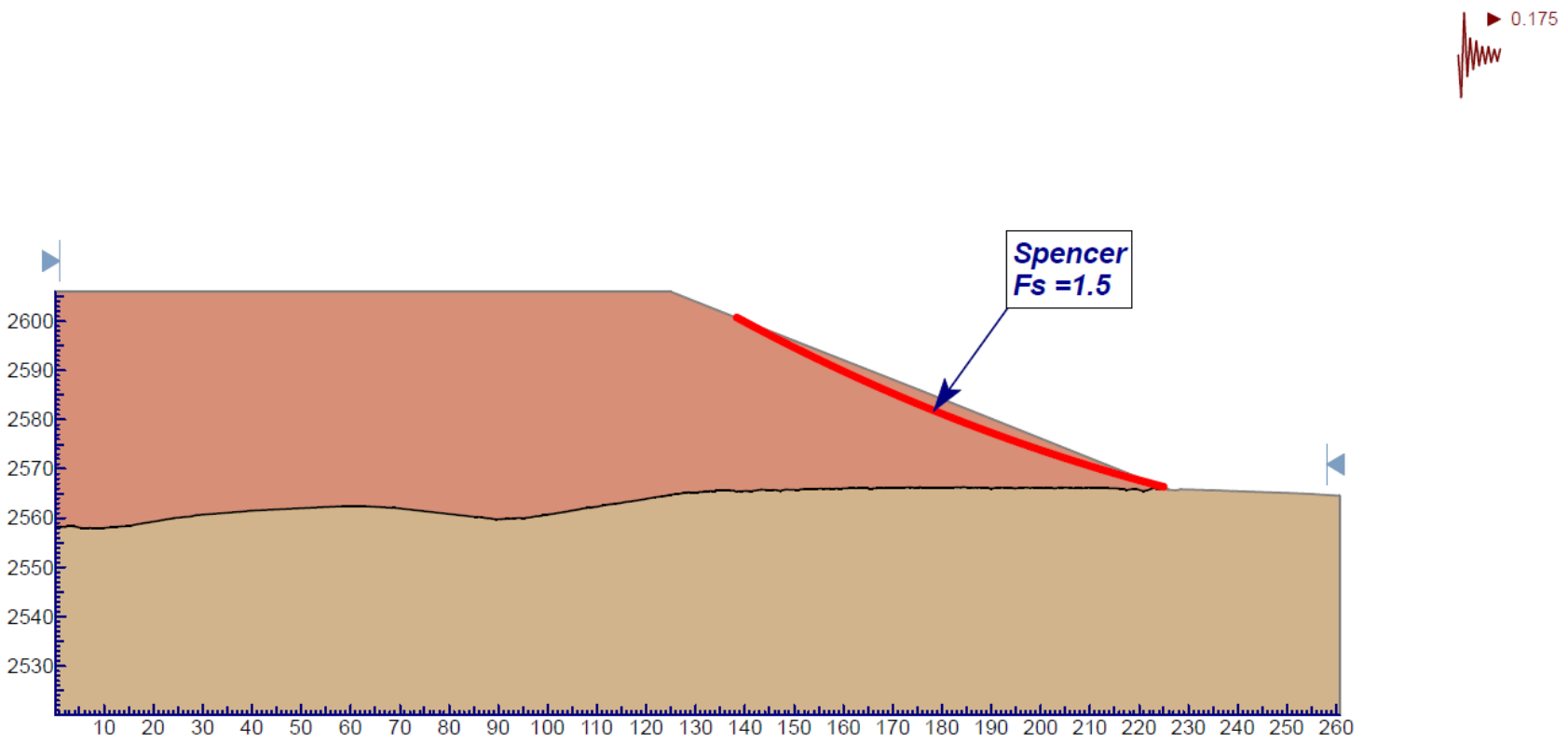
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección C – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



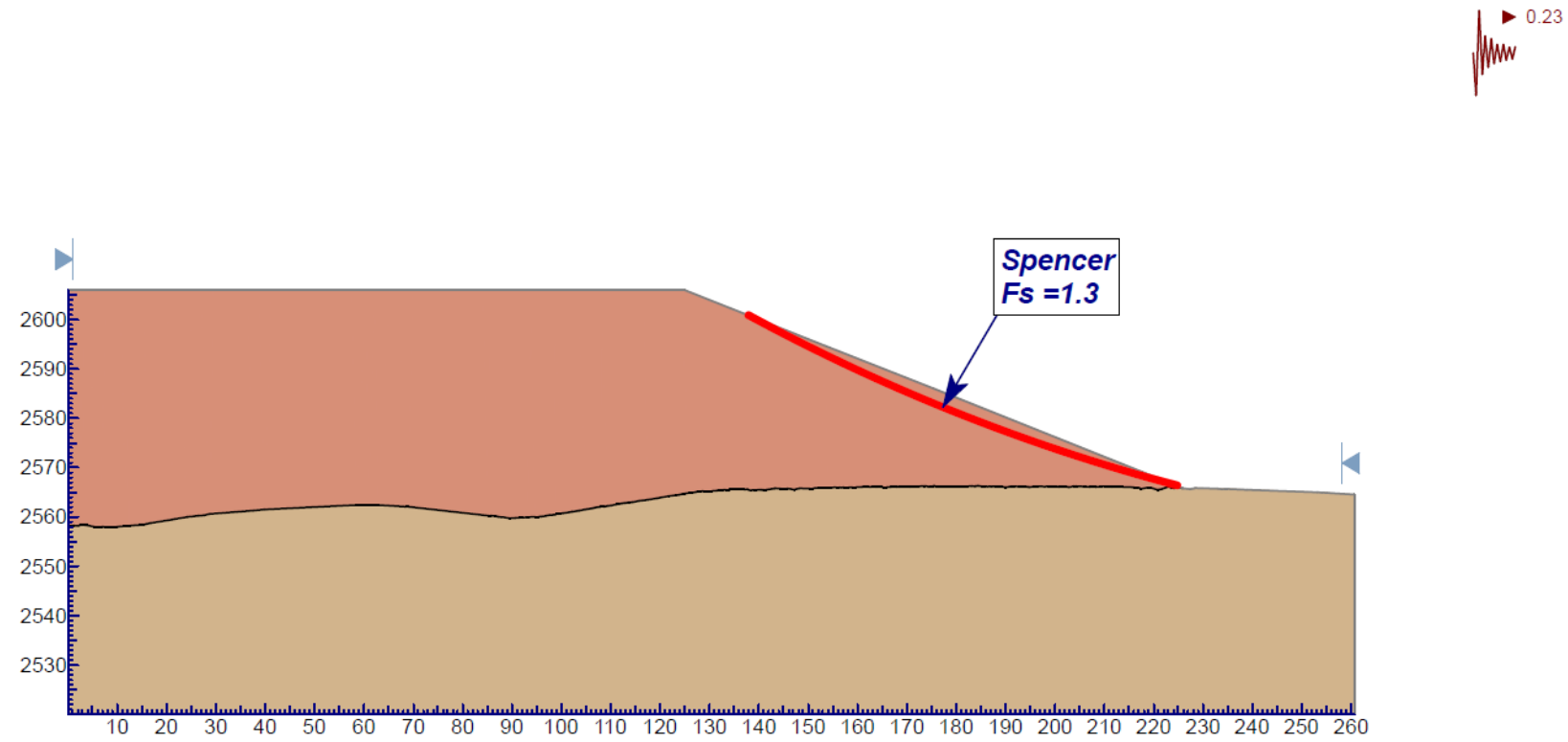
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección D – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



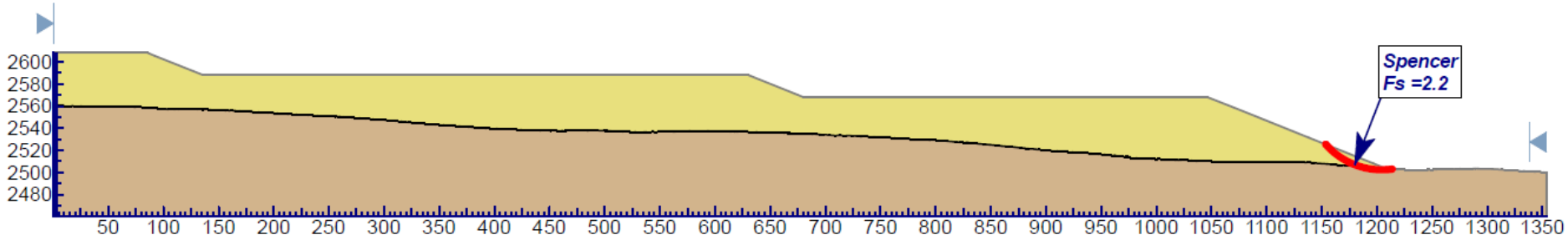
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección D – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



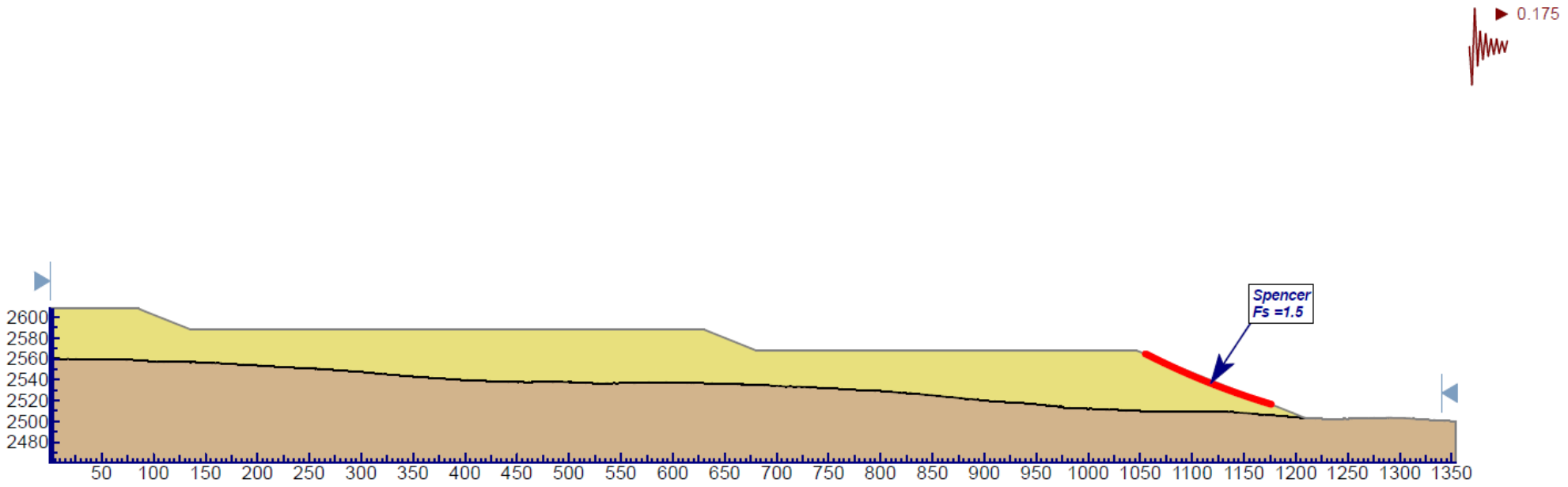
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección D – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



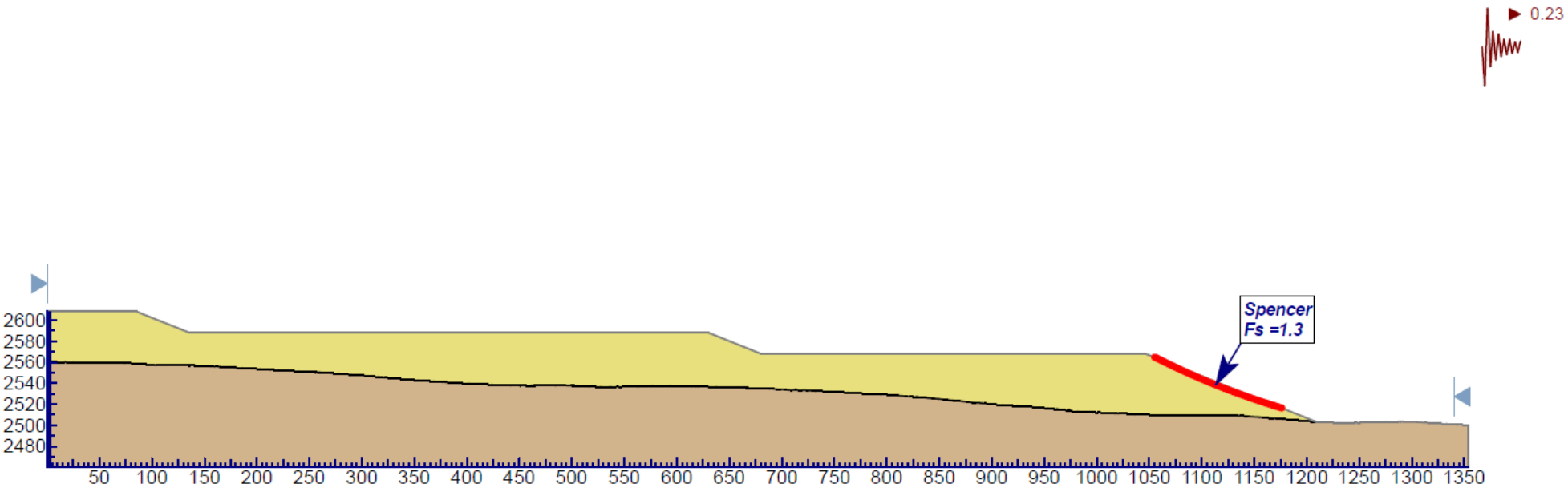
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección E – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



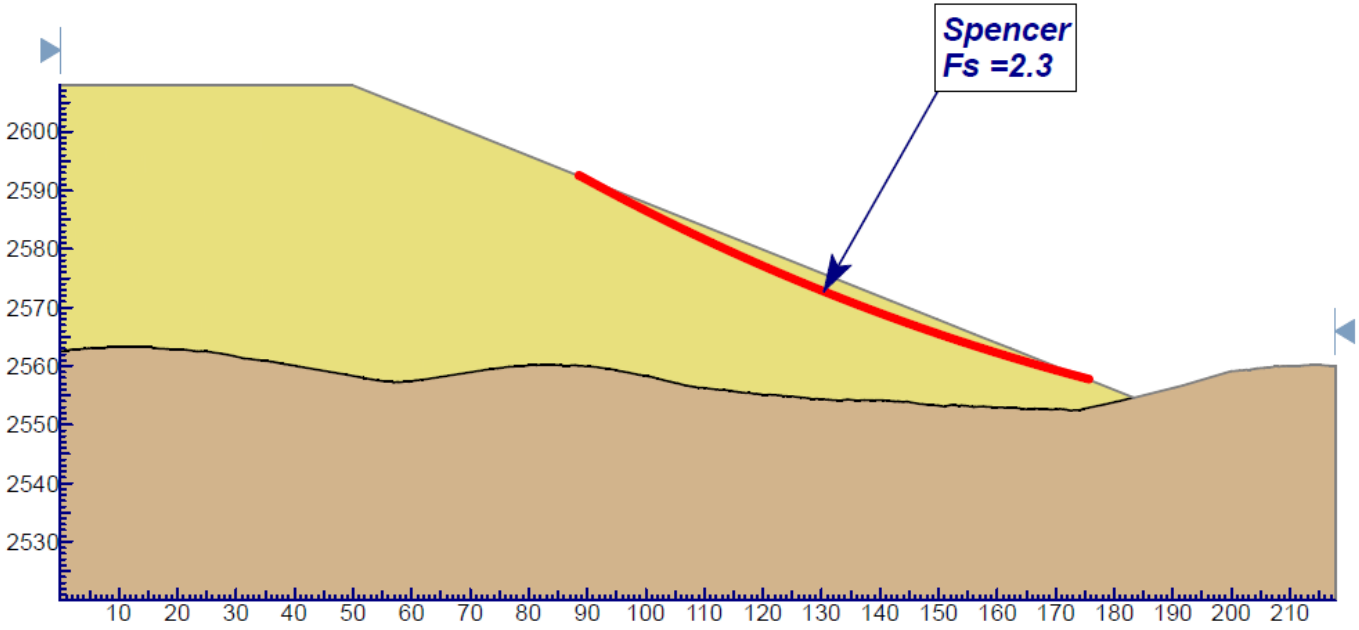
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección E – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



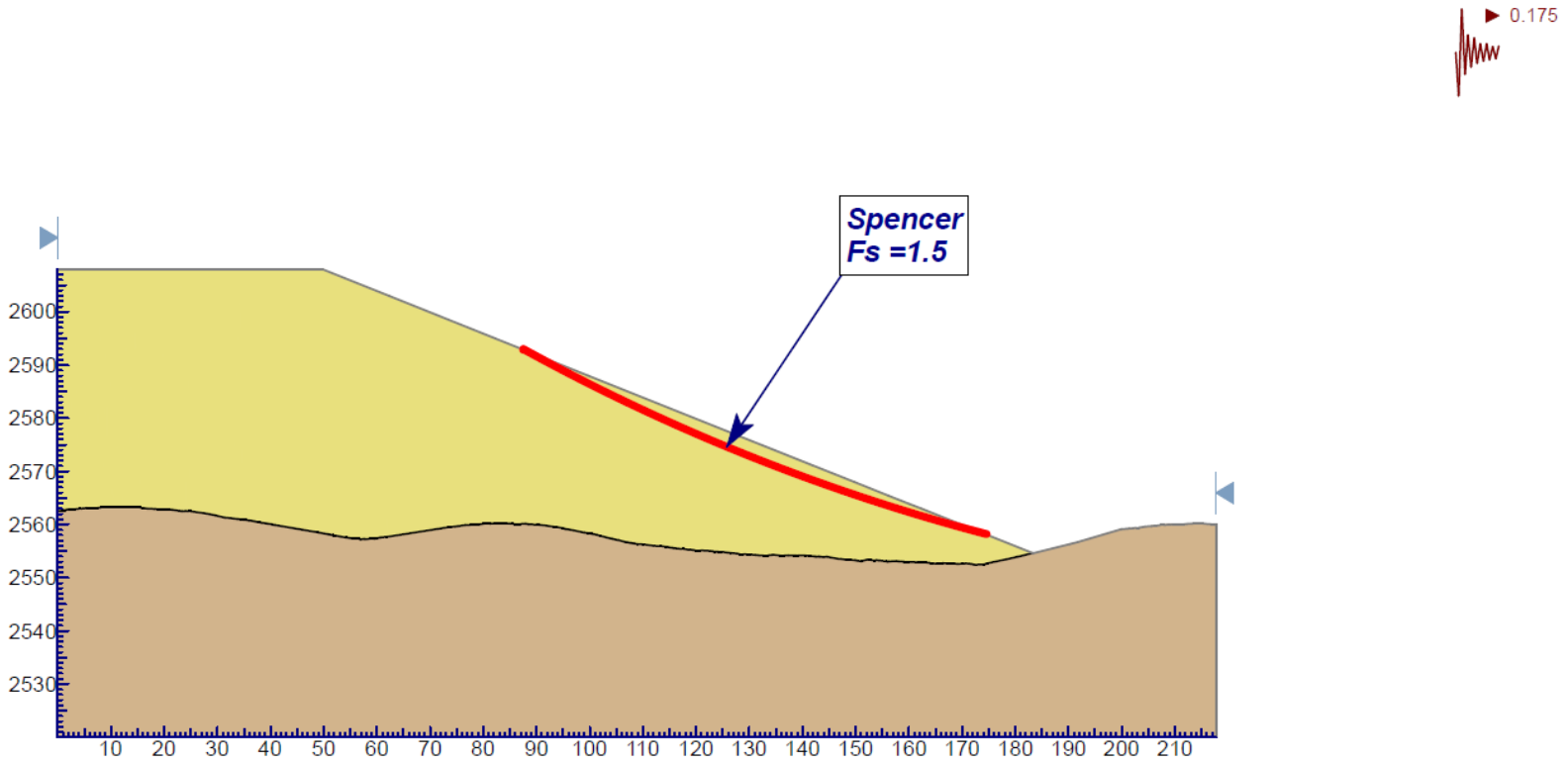
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección E – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



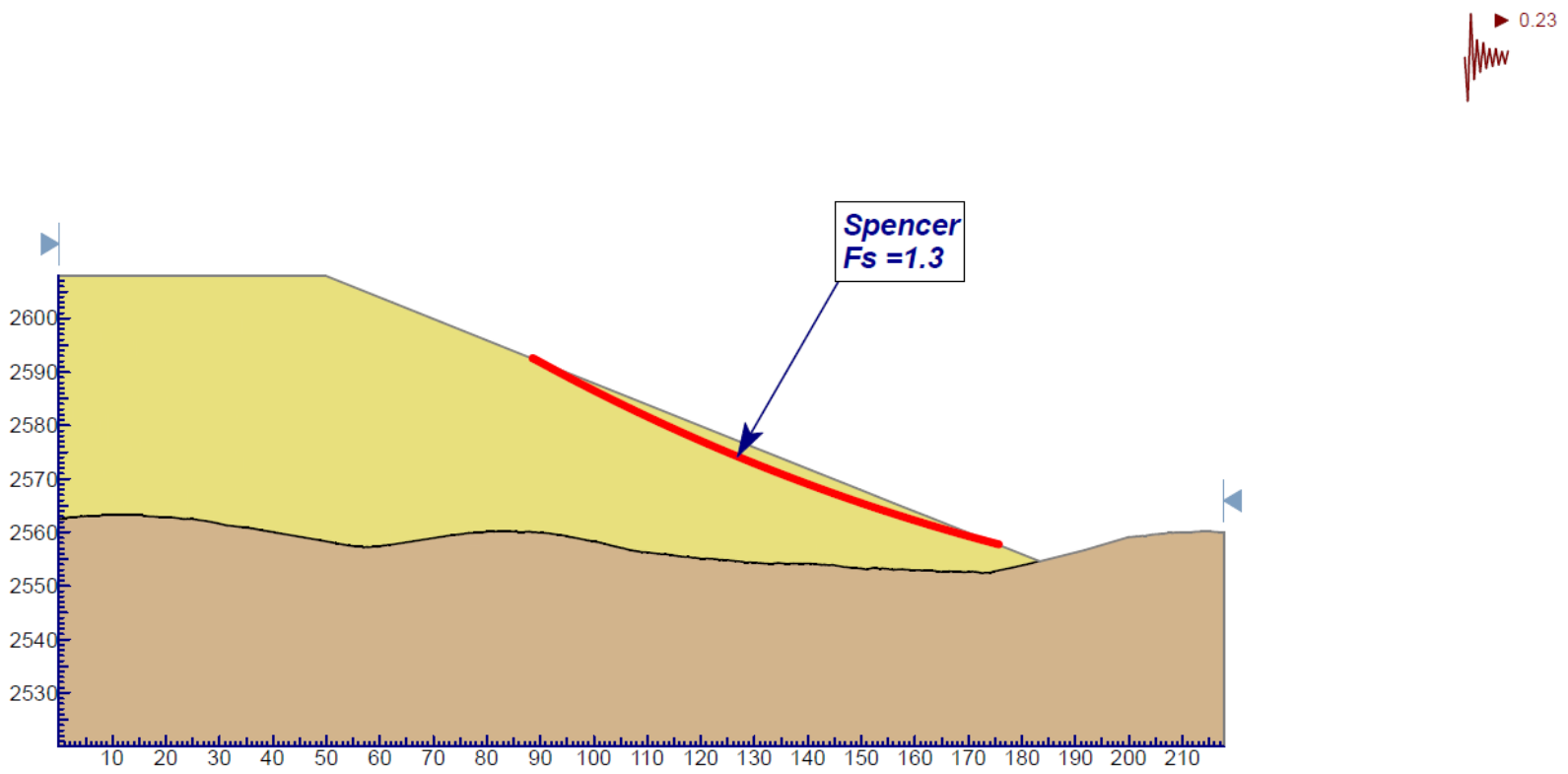
Anddes	Análisis de Estabilidad			
SLIDEINTERPRET 9.026	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección:	Depósito de Colas – Sección F – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera:	San Jorge
	Fecha:	29/12/2023	Proyecto:	2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



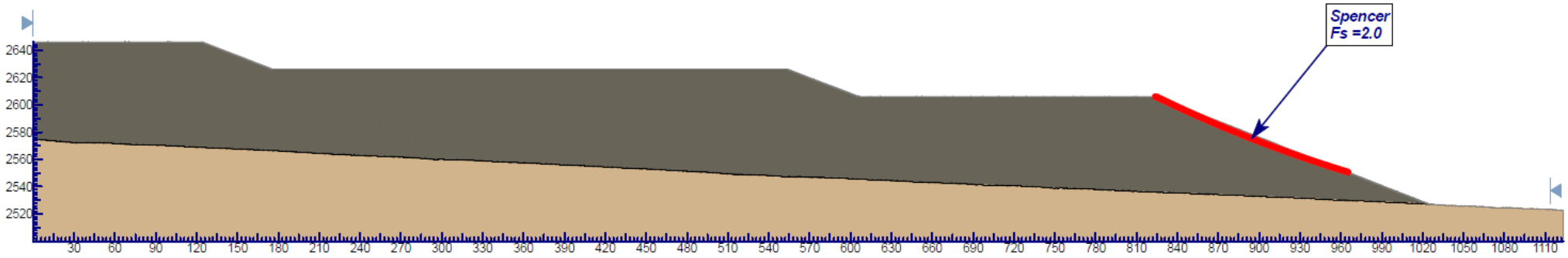
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección F – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



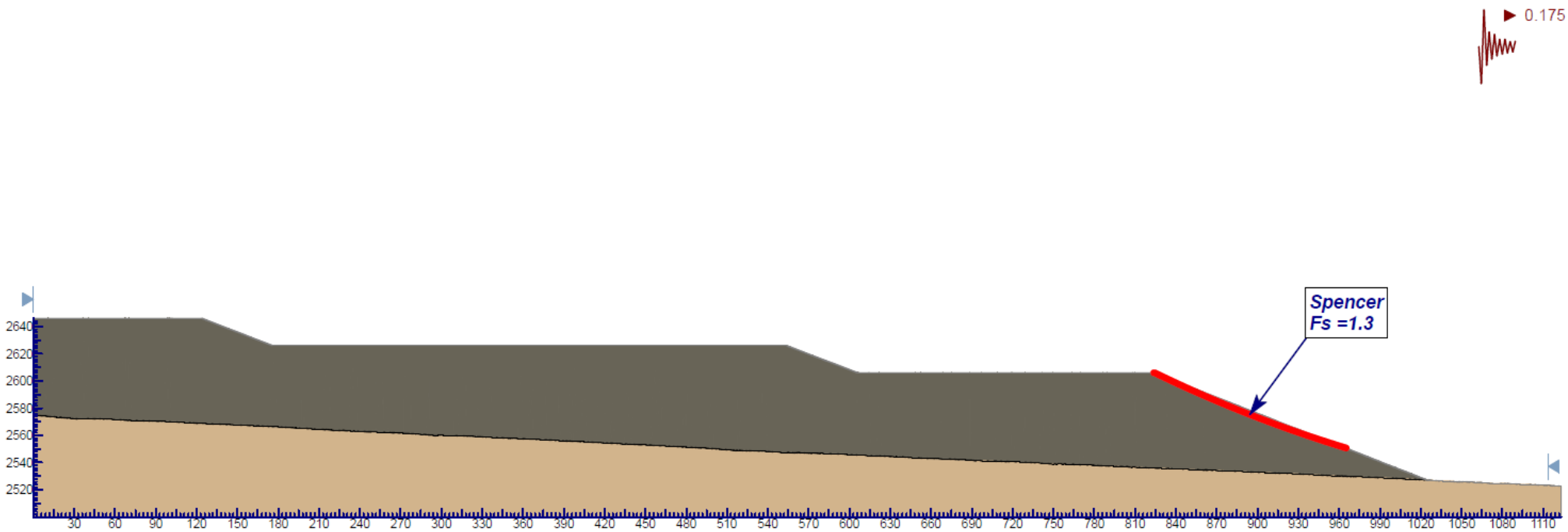
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección F – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



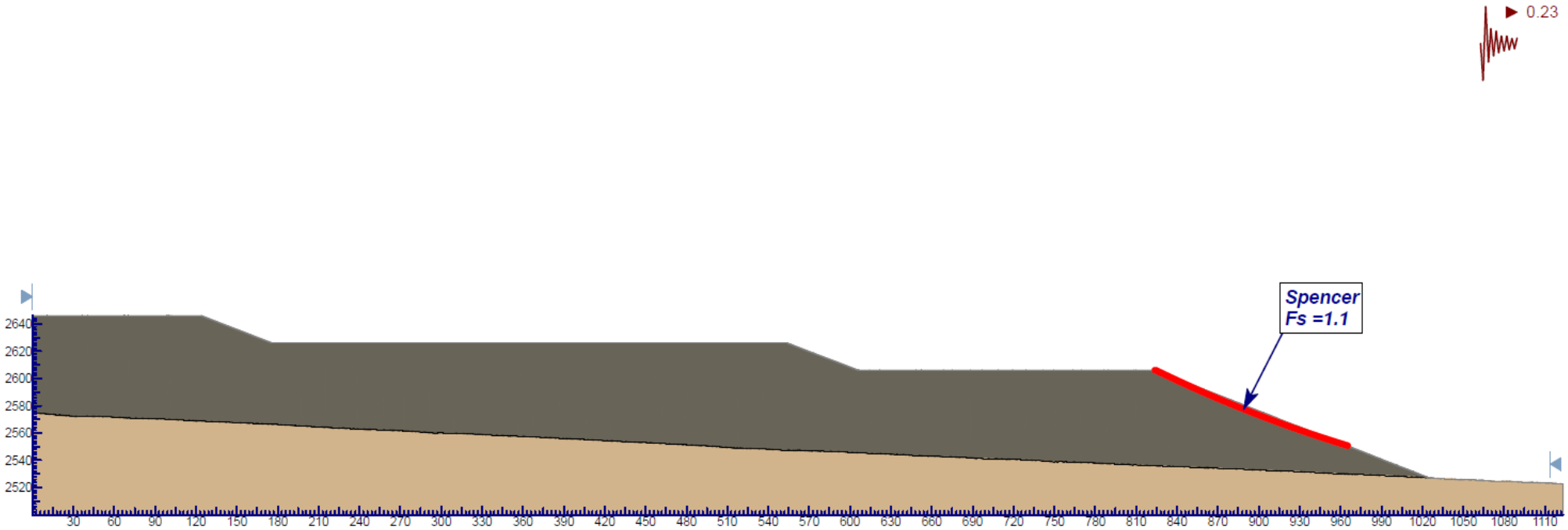
Anddes	Análisis de Estabilidad			
SLIDEINTERPRET 9.026	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección:	Depósito de Colas – Sección G – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera:	San Jorge
	Fecha:	29/12/2023	Proyecto:	2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



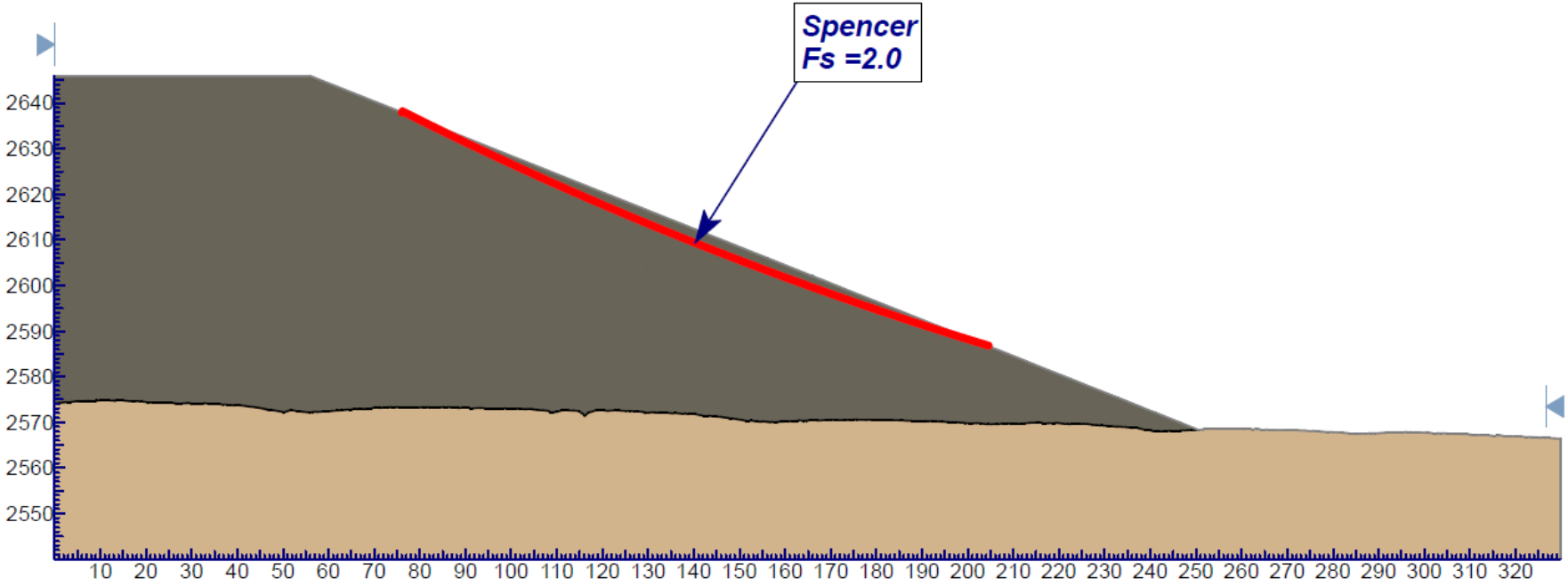
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección G – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



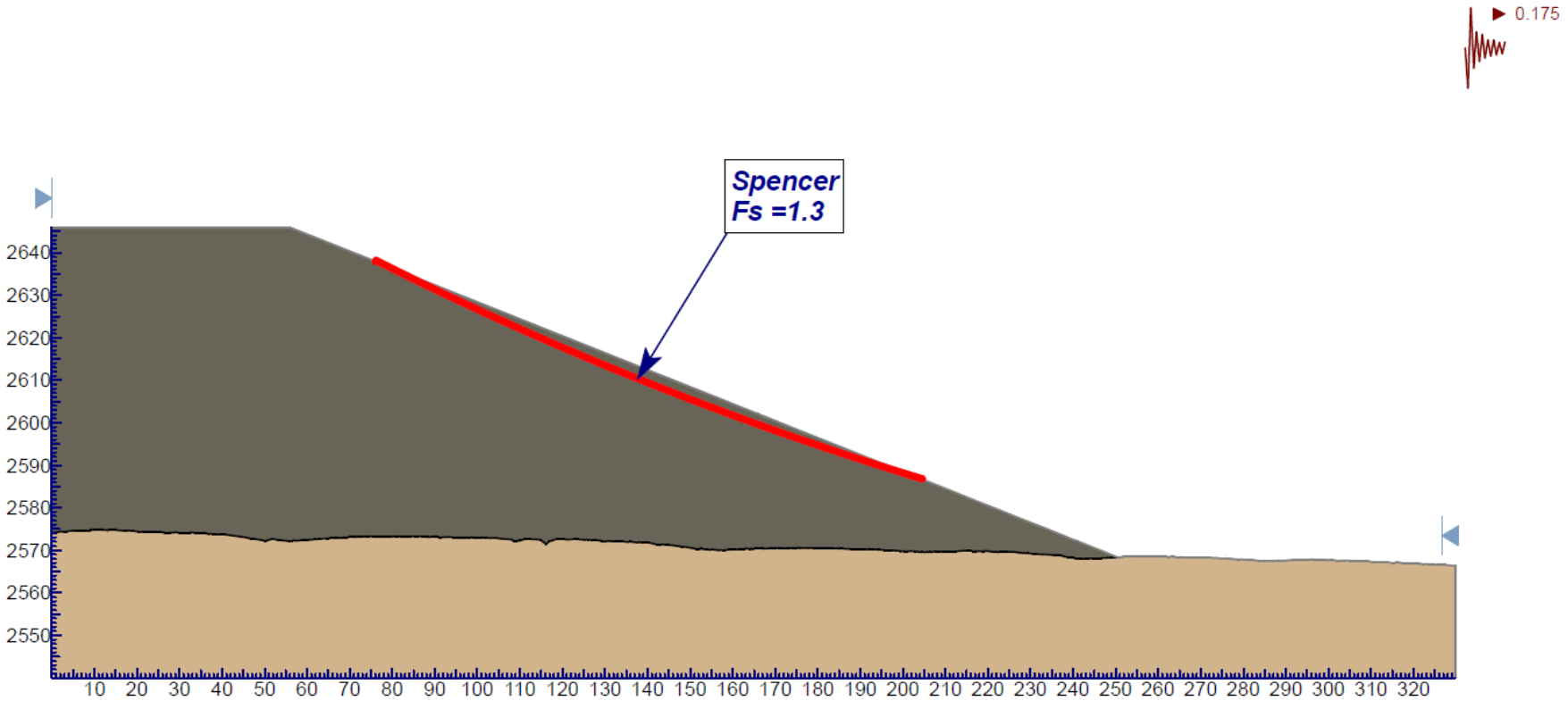
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección G – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



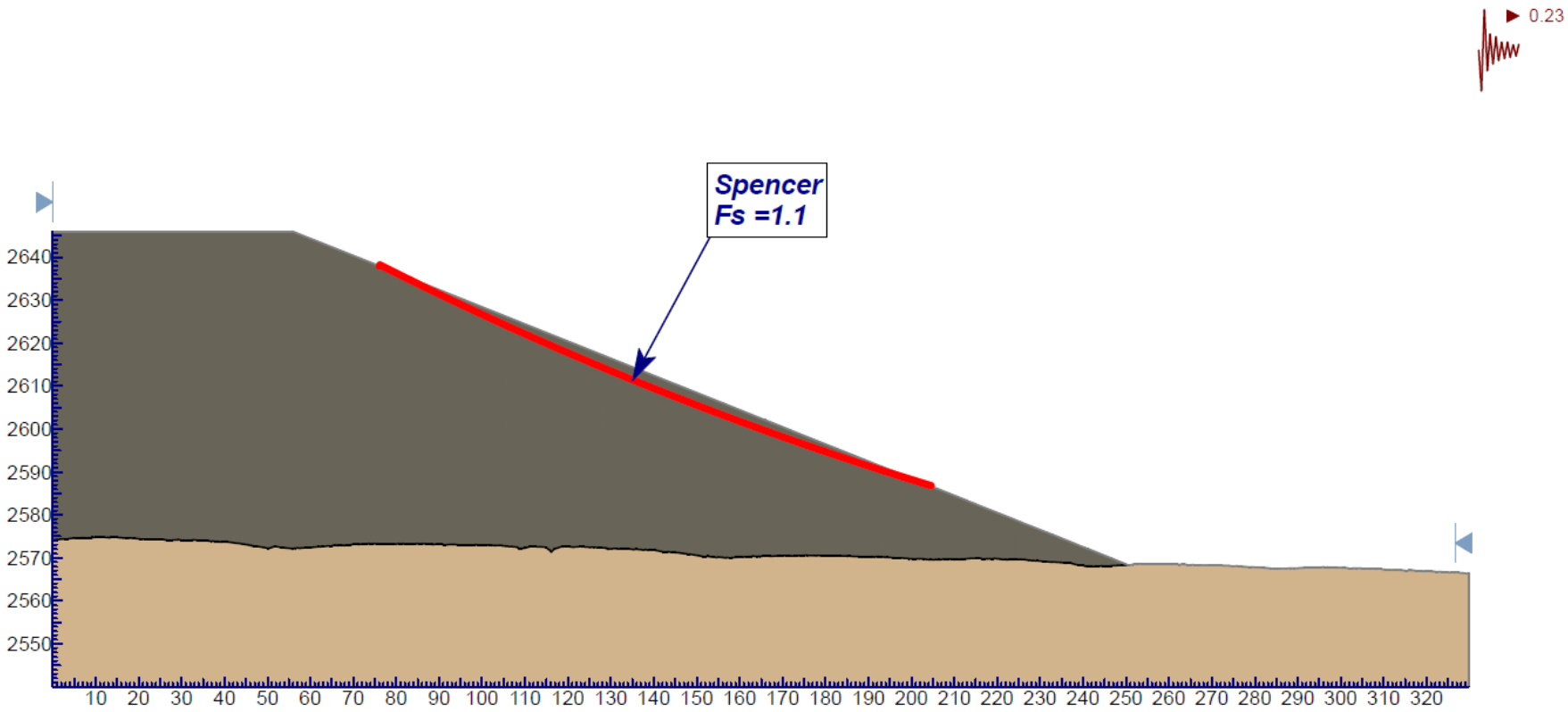
Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección H – Estático
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección H – Pseudo estático Operación
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA



Anddes	Análisis de Estabilidad		
	Cliente:	Proyecto San Jorge	Sección: Depósito de Colas – Sección H – Pseudo estático Cierre
	Elaborado por:	Matías León	Unidad Minera: San Jorge
SLIDEINTERPRET 9.026	Fecha:	29/12/2023	Proyecto: 2201.20.01

Gobierno de la Provincia de Mendoza
República Argentina

Hoja Adicional de Firmas
Anexo

Número: IF-2025-00284840-GDEMZA-MINERIA

Mendoza, Viernes 10 de Enero de 2025

Referencia: Presentación parte 14EX-2025-00278264- -GDEMZA-MINERIA

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 391 pagina/s.

Digitally signed by GDE GDEMZA - Gestion Documental Electronica MENDOZA
DN: cn=GDE GDEMZA - Gestion Documental Electronica MENDOZA, c=AR, o=Ministerio de Gobierno Trabajo y Justicia, ou=Direccion General de Informatica y Comunicaciones, serialNumber=CUIT 30999130638
Date: 2025.01.10 13:47:35 -03'00'

Ruth Elizabeth Cisnero
Administrativo
Dirección de Minería
Ministerio de Energía y Ambiente

Digitally signed by GDE GDEMZA - Gestion Documental Electronica MENDOZA
DN: cn=GDE GDEMZA - Gestion Documental Electronica MENDOZA, c=AR, o=Ministerio de Gobierno Trabajo y Justicia, ou=Direccion General de Informatica y Comunicaciones, serialNumber=CUIT 30999130638
Date: 2025.01.10 13:47:39 -03'00'