

ANEXO 3.3.4

DRENAJE ÁCIDO DE ROCA

3.3.4.1 FUENTES DE DRENAJE ÁCIDO DE ROCA (DAR)

Las rocas con contenido de sulfuro se hallan presentes en todo ambiente geológico, pero frecuentemente se encuentran en rocas debajo de la capa de suelo y debajo de la napa freática. En condiciones naturales, el agua subterránea y el material superficial (suelo) que cubren las rocas minimizan el contacto con el oxígeno impidiendo que la generación de ácido sea rápida, de manera que el efecto sobre la calidad de agua será insignificante. La exposición de rocas con sulfuros reactivos (pirita, marcasita, pirrotita, etc.) al aire y al agua, a consecuencia de actividades de construcción, puede acelerar la velocidad de generación de ácido y ocasionar un impacto negativo en el ambiente.

Entre las fuentes de DAR relacionadas con las labores propias de construcción del gasoducto se encuentran:

- Las acumulaciones de desmonte.
- Los materiales de relleno.
- Los trabajos de apertura de carreteras.

El desmonte es el material rocoso que debe extraerse para efectuar la construcción y es almacenado en superficie en pilas o botaderos. Los últimos se caracterizan por el tamaño variable de los materiales que expone al aire y al agua, lo que podría dar lugar a la generación de ácido si estos contienen sulfuros reactivos.

3.3.4.2 DEFINICIONES

En la caracterización del Drenaje Ácido de Rocas (DAR) se aplican los siguientes términos:

PH en Pasta: Es el índice de acidez total almacenada en la muestra y la extensión en la que ha ocurrido la oxidación, antes del análisis.

Potencial Ácido (PA): Es la medida del máximo potencial de acidez que la muestra puede generar si todos los minerales sulfurosos contenidos se oxidan en forma rápida. Es un valor calculado considerando la concentración de azufre total o sulfato de azufre total en la muestra.

$$PA = \text{wt\% sulfato de azufre} \times 31,25$$

Se expresa como kg de Ca CO₃ equivalente por tonelada de muestra.

Potencial de Neutralización (PN): Es una medida del potencial de neutralización de la muestra. Es un valor medido, determinado por la cantidad de ácido que la muestra puede neutralizar bajo condiciones estándar de laboratorio. Se reporta como kg de Ca CO_3 equivalente por tonelada de muestra.

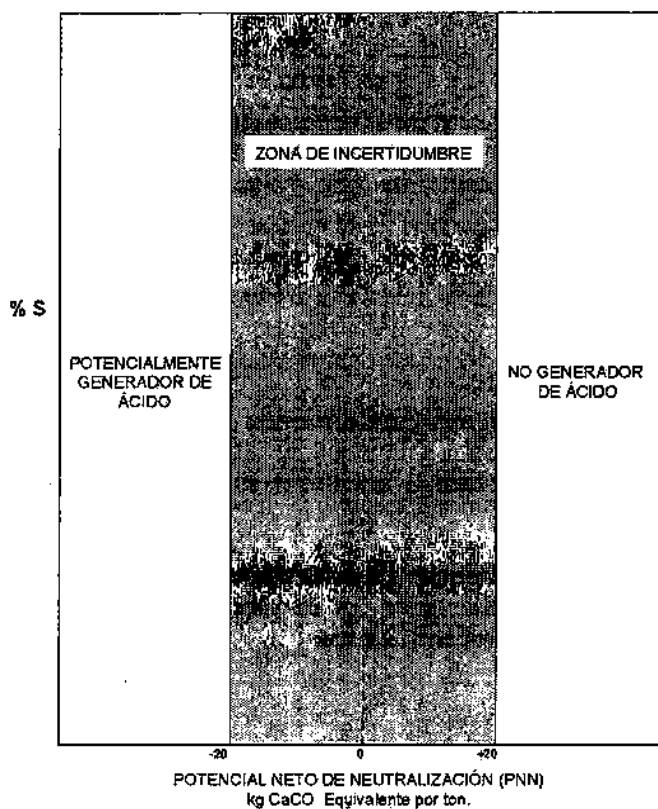
Potencial Neto de Neutralización (PNN): Es una medida del balance entre el potencial de generación de ácido y el consumo de ácido de la muestra. $\text{PNN} = \text{NP} - \text{AP}$. Se reporta como kg Ca CO_3 equivalente por tonelada de muestra.

Se considera que si PNN es mayor a + 20 kg Ca CO_3 equivalente por tonelada, entonces es poco probable que la muestra sea una fuente neta de generación de ácido. Recíprocamente, un valor igual o menor a cero es un indicador de que es muy probable que la muestra sea una fuente neta de generación de ácido. Los valores entre 0 y +20 kg de Ca CO_3 equivalente por tonelada de muestra indican una incertidumbre en el potencial de generación de ácido.

Ratio de Potencial de Neutralización (NPR): Es la tasa o ratio del potencial de neutralización a potencial de generación de ácido para la muestra. $\text{NPR} = \text{NP}/\text{AP}$.

La Figura 3.3.4-1 y el Cuadro 3.3.4-1 presentan los criterios sugeridos para la evaluación del potencial de DAR en las muestras.

Figura 3.3.4-1 Interpretación de pruebas de Balance ácido - base por PNN



Cuadro 3.3.4-1 Criterios para evaluación de Drenaje Ácido de Roca (DAR)

Potencial de DAR	Criterio de evaluación	Comentario
Muy probable	$NPR < 1$	Gran probabilidad de generación de DAR a menos que los minerales sulfurados sean no reactivos
Posible	$1 < NPR < 2$	Alguna posibilidad de generación de DAR, si el PN tiene una reacción insuficiente o se disipa más rápido que los sulfuros.
Bajo	$2 < NPR < 4$	Poca probabilidad de generación de DAR
Ninguno	$NPR > 4$	-----

3.3.4.3 MUESTREO DE DAR

Para la determinación del potencial de DAR en la zona de estudio se tomaron 13 muestras cuya altitud, tramo muestreado y características del área se indican en el Cuadro 3.3.4-2. Las coordenadas geográficas se presentan en el capítulo de geología del EIAS.

Cuadro 3.3.4-2 Información de las muestras

Muestra	Altitud (msnm)	Tramo muestreado (long. o prof.)	Características
DA-01	1040	L = 27,20 m	Lecho actual de la quebrada Río Seco, aguas abajo de la mina Eliana.
DA-02	1077	L = 14,10 m	Cerro alterado en el paraje La Bolívar.
DA-03	4312	P = 0,62 m	Bofedal en las alturas de Huaytará.
DA-05	4428	L = 38,30 m	Ladera de roca tobácea con manchas de limonita.
DA-10	3537	P = 1,70 m	Ladera de rocas graníticas rojizas.
DA-11	3682	P = 0,45 m	Ladera de tobas grises con algunos sectores rojizos.
DA-13	3032	P = 1,08 m	Superficie ondulada con substrato tobáceo
DA-14	3205	P = 0,75	Ladera con substrato intrusivo granítico.
DA-15	4541	L = 17,50 m	Volcánico alterado y oxidado.
DA-16	4785	P = 1,10 m	Ladera de roca volcánica.
DA-17	4210	P = 1,50 m	Coluvial con óxidos de hierro.
DA-18	3361	L = 4.50 m	Roca pizarrosa con abundante limonita.
DA-19	3348	L = 30 m	Limonitas en caliza.

3.3.4.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE DAR

Los resultados del balance ácido base (BAB) obtenidos en el laboratorio Envirolab Perú se presentan en el Cuadro 3.3.4-3.

Cuadro 3.3.4-3 Balance ácido - base

Muestra	pH en pasta	% Azufre total	% Azufre piritico	% Azufre del sulfato	PA*	PN*	PNN*	NPR (PN/PA)
DA-01	7,9	0,346	0,346	ND	10,83	5,99	-4,83	0,553
DA-02	7,5	1,116	0,974	0,192	36,44	39,62	3,17	1,087
DA-03	6,2	0,360	0,340	0,020	11,28	3,49	-7,78	0,309
DA-05	6,7	0,744	0,729	0,015	23,29	5,98	-17,31	0,256
DA-10	5,7	0,347	0,327	0,020	10,86	1,24	-9,61	0,114
DA-11	6,5	0,246	0,232	0,014	7,70	0,24	-7,45	0,031
DA-13	7,8	0,506	0,480	0,026	15,86	64,92	49,06	4,093
DA-14	7,2	0,395	0,376	0,019	12,36	2,48	-9,87	0,200
DA-15	4,7	0,443	0,395	0,048	13,85	2,36	-11,49	0,170
DA-16	2,2	2,189	1,984	0,205	68,42	-2,62	-71,04	-0,038
DA-17	5,7	0,737	0,733	0,004	23,06	1,24	-21,81	0,053
DA-18	7,5	0,293	0,290	0,003	9,10	1,16	-7,94	0,127
DA-19	7,8	1,182	1,180	0,002	37,07	6,26	-30,81	0,163

* En ton CaCO₃/ 1000 ton M

3.3.4.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

DA 01

La muestra contiene 0,346% de azufre como sulfuro, presentando potencial ácido (PA) de 0,31. Su potencial de neutralización (PN) igual a 5,99 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) igual a -4,83, valor que permite determinar a la muestra como generadora de ácido.

DA 02

La muestra presenta 0,974% de azufre como sulfuro, con potencial ácido (PA) de 36,44. Su potencial de neutralización (PN) igual a 39,62 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de 3,17, valor que ubica a la muestra en la zona de incertidumbre; sin embargo por su NPR igual a 1,087 se le considera como posible generador de ácido.

DA 03

La muestra contiene 0,340% de azufre como sulfuro, con potencial ácido (PA) de 11,28. El potencial de neutralización (PN) igual a 3,49 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -7,78, valor que caracteriza a la muestra como generadora de acidez.

DA 05

La muestra presenta contenido de azufre como sulfuro de 0,729 y un potencial ácido (PA) de 23,29. Su potencial de neutralización (PN) igual a 5,98 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -

17,31, valor que con su NPR igual a 0,256 permite definir a la muestra como potencialmente generadora de ácido.

DA 10

La muestra contiene 0,327% de azufre como sulfuro, dando como resultado un potencial ácido (PA) de 10,86. Los resultados obtenidos en el potencial de neutralización (PN) igual a 1,24 y el potencial neto de neutralización (PNN) de -9,61 permiten establecer que la muestra es generadora de ácido.

DA 11

La muestra presenta 0,232% de azufre como sulfuro, con potencial ácido (PA) de 7,70. Su potencial de neutralización (PN) igual a 0,24 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -7,45, valor que la caracteriza como muestra generadora de ácido.

DA 13.

La muestra contiene 0,480% de azufre como sulfuro, resultando potencial ácido (PA) de 15,86. El potencial de neutralización (PN) de 64,92 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de 49,06, valor que conjuntamente con el NPR de 4,093 permite considerar a la muestra como consumidora de ácido.

DA 14

La muestra contiene 0,376% de azufre como sulfuro, con potencial ácido (PA) de 12,36. El potencial de neutralización (PN) igual a 2,48 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -9,87, valor que caracteriza a la muestra como generadora de acidez.

DA 15

La muestra contiene 0,395% de azufre como sulfuro, presentando potencial ácido (PA) de 13,85. Su potencial de neutralización (PN) igual a 2,36 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) igual a -11,49, valor que permite catalogar a la muestra como generadora de ácido.

DA 16

La muestra contiene 1,984% de azufre como sulfuro, presentando potencial ácido (PA) de 68,42. Su potencial de neutralización (PN) igual a -2,62 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -71,04, valor que determina a la muestra como potencialmente generadora de ácido. Sin embargo, por su pH de 2,2, es probable que haya ocurrido generación de ácido en la muestra o en el material circundante.

DA 17

La muestra presenta 0,733% de azufre como sulfuro, con potencial ácido (PA) de 23,06. Su potencial de neutralización (PN) igual a 1,24 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -21,81, valor que caracteriza a la muestra como generadora de ácido.

DA 18

La muestra contiene 0,29% de azufre como sulfuro, con potencial ácido (PA) de 9,10. El potencial de neutralización (PN) igual a 1,16 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -7,94, valor que caracteriza a la muestra como generadora de acidez.

DA 19

La muestra presenta 1,18% de azufre como sulfuro, con un potencial ácido (PA) de 37,07. Su potencial de neutralización (PN) igual a 6,26 da lugar a un potencial neto de neutralización (PNN) de -30,81, valor que cataloga a la muestra como generadora de ácido.

3.3.4.6 CATEGORÍAS DE RIESGO

La Figura 3.3.4-2 establece tres categorías de zonas de riesgo por el grado de intensidad de drenaje ácido de roca (DAR) en el área de estudio.

Zona de alto riesgo (A): Es aquella zona húmeda, (lluviosa) que presenta yacimientos minerales y/o alteración hidrotermal, que ha piritizado las rocas, que a su vez generan limonitas por meteorización.

Zona de mediano riesgo (M): Es la zona árida, que presenta yacimientos minerales.

Zona de bajo riesgo (B): Es el resto del trazo, que no presenta yacimientos minerales o alteraciones hidrotermales.

Comment [C1]: Numeración

3.3.4.7 CONCLUSIONES

- En la zona altoandina, la generación de DAR a partir de rocas con contenido de minerales sulfurosos ocurre en forma natural, y es rápida e intensa debido al clima lluvioso; este fenómeno se acentúa en las áreas con fuerte alteración hidrotermal, que ha generado piritización en sus rocas (Figura 3.3.4-2, zona de alto riesgo A).
- En la zona árida costera, la generación de DAR está restringida por la escasez de lluvias.

Comment [C2]: Numeración

3.3.4.8 RECOMENDACIONES

- Para evitar la movilización de los metales liberados, se puede cambiar el pH ácido a neutro, a través de la adición de materiales calcáreos (calcita o caliza).
- Otra acción es realizar plantaciones con el objeto de que la materia orgánica natural consuma el oxígeno y evite también la infiltración de oxígeno hacia las rocas con sulfuros reactivos.