

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Bibliotecas Bucaramanga
Universidad Santo Tomás



Presentación informe final pasantía teórico-práctica

Juan Arciniegas Rangel

Informe de pasantía presentada para optar al título de Administrador Ambiental y de los
Recursos Naturales

Docente

Ricardo Villalba

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Administración Ambiental y de los Recursos Naturales
2016



Contenido

	Pág.
1. Informe final de la pasantía.....	7
1.1. Razón social de la empresa.	7
1.2. Reseña Histórica.	7
1.3. Localización del proyecto.	8
1.4. Organigrama de la Empresa (Departamento de Sostenibilidad).	8
1.5. Visión de MINESA.	8
1.6. Misión de MINESA.	9
1.7. Objetivos Estratégicos de MINESA.	9
1.8. Políticas corporativas de MINESA.	9
2. Estrategias, actividades y resultados	10
2.1. Introducción al trabajo de pasantía.	10
2.2. Objetivo general de la pasantía.	11
2.2.1. Objetivos específicos.	11
2.3. Alcance de la pasantía.....	11
2.4. Plan de acción ejecutado y productos a entregar	12
2.5. Cronograma general de actividades ejecutado.....	12
2.6. Metodología desarrollada durante la pasantía.....	13
2.6.1. Descripción cronológica de la ejecución de la pasantía	13
2.6.2. Revisión de la información existente.	14
2.6.3. Trabajo de campo.....	14
2.6.4. Análisis de la información colectada:	16
2.6.5. Marco teórico.....	18
2.6.5.1. Metodología aplicada para la caracterización de los drenajes.	18
2.6.5.2. Para el tratamiento de Aguas Acidas de Mina.	19
2.6.5.3. Drenajes alcalinos.	20
2.6.5.4. Drenajes ácidos.	20
2.6.6. Marco legal.	21
2.7. Caracterización de los drenajes encontrados según el pH.....	22
2.7.1. Localización túneles con drenaje.	22
2.7.2. Análisis de resultados.....	23



2.7.2.1.	Túneles con drenaje ácido.....	23
2.7.2.2.	Túneles con drenaje según la clasificación de White 1968.....	24
2.7.2.3.	Túneles con drenaje según la clasificación de Morín y Hutt 2001	25
2.7.2.4.	Clasificación de los drenajes de mina según Skousen and Ziemkiewics	25
2.7.3.	Drenajes alcalinos	26
2.7.4.	Análisis de datos tomados In Situ.	27
2.7.5.	Caracterización de los drenajes, según laboratorio.	28
2.7.5.1.	Identificación de parámetros físico-químicos del drenaje.....	29
3.	Alternativas de mejora.....	30
3.1.	Mejoramiento del sistema de tratamiento del sector el 20 (túnel principal).	30
3.1.1.	Opción de mejoramiento.	31
3.2.	Replanteamiento del método de tratamiento de los drenajes de mina.....	31
4.	Conclusiones.....	34
5.	Recomendaciones	35
	Referencias Bibliográficas.....	36
	Apéndice A. Formato plan de muestreo general	37
	Apéndice B. Formato de etiqueta de las muestras	37
	Apéndice C. Formato para caracterizar el tipo de análisis requerido:	37
	Apéndice D. Procedimiento toma de muestras aguas de mina (Ver anexo en PDF).	37
	Apéndice E. Plano a escala de localización del proyecto minero (Ver anexo en PDF).	37
	Apéndice F. Plano a escala de localización de bocaminas (Ver anexo en PDF).	37
	Apéndice G. Álbum fotográfico (Ver anexo en PDF).	37

Lista de tablas

Tabla 1; Plan de acción ejecutado y productos a entregar.	12
Tabla 2; Cronograma general de actividades ejecutado.	12
Tabla 3; inventario general túneles, fuente MINESA.	15
Tabla 4; Clases de drenajes, según White en 1968.	19
Tabla 5; Clasificación de drenajes según Morín y Hutt en 2001.	19
Tabla 6; Tipos de drenajes de mina según, Skousen and Ziemkiewics, 1994, 1997 y 1998.	21
Tabla 7; Total túneles con drenaje, fuente Propia.	23
Tabla 8; túneles con drenaje ácido.	23
Tabla 9; túneles con drenaje, duras, neutras a alcalinas.	24
Tabla 10; túneles con drenaje, Blandas, ligeramente ácidas.	24
Tabla 11; Túneles con drenaje, Blandas ácidas.	24
Tabla 12; Túneles con drenaje, Altamente ácido.	24
Tabla 13; Túneles con drenaje, ácido.	24
Tabla 14; Túneles con drenaje, Casi Neutro.	25
Tabla 15; Túneles con drenaje, calificado V.	25
Tabla 16; Túneles con drenaje, calificado IV.	26
Tabla 17; Túneles con drenaje, calificado III.	26
Tabla 18; Túneles con drenaje, calificado I.	26
Tabla 19; Túneles con drenaje, calificado II.	26
Tabla 20; Parámetros in situ, túnel Principal.	27
Tabla 21; Solución de Hidróxido de Sodio.	28
Tabla 22; Prueba de jarras.	29
Tabla 23; Desarrollo prueba de Jarras No.01.	29
Tabla 24; cálculo de caudal a tratar.	32
Tabla 25; Formato Plan de Muestreo.	37
Tabla 26; Formato de etiqueta de la muestra.	37
Tabla 27; Formato para caracterizar el tipo de análisis.	37



Lista de figuras

Figura 1. Organigrama sostenibilidad, MINESA.	8
Figura 2. Factores que afectan la formación de drenajes de mina.	17
Figura 3. Hidrología y túneles en el área de drenaje de la Quebrada La Baja.	17
Figura 4. Toma de muestras.	29
Figura 5. Análisis de laboratorio.	29
Figura 6. Flujograma planta de tratamiento, T- Principal.....	30
Figura 7. Proceso de sedimentación con Hidróxido de sodio.....	31
Figura 8. Propuesta alternativa de manejo de drenajes de mina.	33



1. Informe final de la pasantía

El presente capítulo contiene las diferentes características organizacionales que envuelven el desarrollo de la pasantía; referente a la compañía Sociedad minera de Santander S.A.S, antes llamada Aux Colombia S.A.S, como institución garante del proyecto minero, en el cual se desarrolló la pasantía denominada. SEGUIMIENTO, MANEJO Y MEJORAMIENTO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS DE MINA.

1.1. Razón social de la empresa.

Al inicio de la pasantía, la razón social de la compañía era AUX Colombia S.A.S, actualmente se llama, Sociedad Minera de Santander S.A.S, cuyo logo resume la sigla MINESA, este cambio se llevó a cabo, por la transferencia de los derechos totales de la compañía Aux Colombia S.A.S., perteneciente al grupo EBX de nacionalidad Brasilera, a el grupo MUBADALA del gobierno de ABU DABI de los Emiratos Árabes Unidos, es una sociedad de inversión y desarrollo.

1.2. Reseña Histórica.

La empresa CVS EXPLORATIONS LTDA identificada con Nit 900063262-8 expedido por la cámara de comercio de Bucaramanga, se fundó en el año 2005 y en la fecha abril 31 de 2011 fue renovada según registro de la cámara de comercio N° 9490145 que certifica el cambio de razón social, el cual queda de la siguiente manera, AUX COLOMBIA S.A.S, identificada con Nit 900063262-8 y Constituida el día 03 del mes 01 del año 2012 mediante escritura pública N° 005 expedida por la notaria 16; en Febrero de 2015, el grupo MUBADALA¹. Absorbe todos los derechos del proyecto Aux Colombia, en Soto Norte y nuevamente cambia su razón social quedando de la siguiente manera, Sociedad Minera de Santander que resume en su logo la sigla MINESA identificada con Nit 900063262-8, conservando el Número de Identificación Tributaria (NIT), el cual se ha mantenido en cada uno de los procesos de transición.

¹ Mubadala es una sociedad de inversión y desarrollo que busca apoyar el crecimiento de una economía dinámica y diversificada EAU. Hacen esto a través de operaciones globales de activos y el despliegue de capital en múltiples sectores de la mundial. (Fuente página Web grupo Mubadala)

1.3. Localización del proyecto.

El proyecto se encuentra aproximadamente 470 kilómetros al noreste de Bogotá y 60 kilómetros al noreste de Bucaramanga, la capital del departamento de Santander; el área de influencia directa se localiza en la vereda ANGOSTURAS del municipio de CALIFORNIA en el departamento de SANTANDER, de igual manera cuenta con una oficina principal en el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga cuya dirección es Cr. 26 N° 36-14 edificio Fénix Business Center, Piso 10, también tiene oficinas operativas en el campamento la Higuera a dos kilómetros al Noreste de la cabecera municipal de California.

1.4. Organigrama de la Empresa (Departamento de Sostenibilidad).

Por efectos del desarrollo de la pasantía, sobre manejo de los drenajes de mina, esto es liderado por el área ambiental del Departamento de Sostenibilidad de la Compañía MINESA S.A.S, por esta razón se muestra parcialmente el organigrama de la organización.

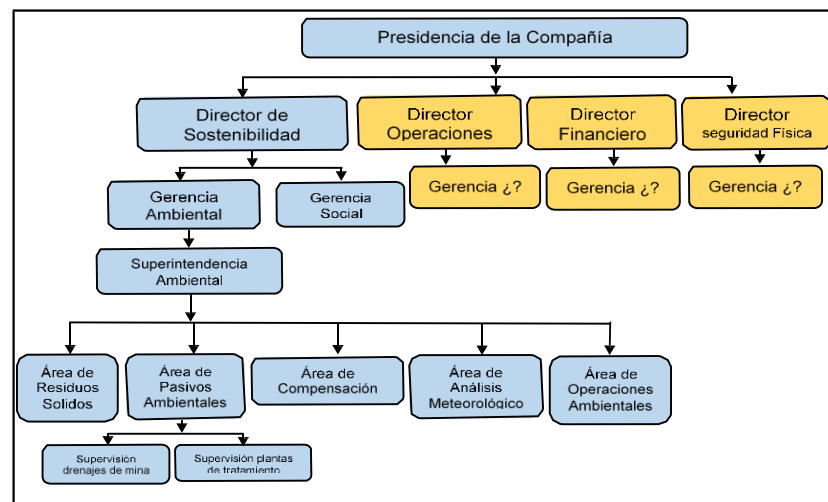


Figura 1. Organigrama sostenibilidad, MINESA. (MINESA, 2016).

1.5. Visión de MINESA.

“En el 2025, tendremos una operación de oro de clase mundial, reconocida como líder en la transformación de la industria minera en Colombia” (MINESA, 2016).

1.6. Misión de MINESA.

“Somos una compañía colombiana de minería de oro, trabajando con los mejores estándares mundiales en seguridad, medio ambiente y operaciones, para generar valor compartido a nuestros empleados, comunidad y accionistas (MINESA, 2016).

1.7. Objetivos Estratégicos de MINESA.

1. Articular a todo el personal de la compañía en una cultura en seguridad industrial y salud ocupacional.
2. Desarrollar el proyecto de forma respetuosa con el medio ambiente, teniendo como garante del cumplimiento a la comunidad y es estado.
3. Hacer una inclusión social a la operación del proyecto, desde los diferentes aspectos operativos y participativos.
4. Establecer una producción que permita un retorno económico a los inversionistas y con ello la admisión de planes motivacionales a empleados y comunidad en general.

1.8. Políticas corporativas de MINESA.

Empresa MINESA establece como políticas corporativas lo siguiente:

- Seguridad industrial y salud en el trabajo, como columna vertebral de la organización.
- Protección del medio ambiente, como eje principal del desarrollo del proyecto, ejecutando de manera innovadora y sistémica, procesos técnicos y científicos de protección, mitigación y compensación a los recursos naturales en general.
- Generación de desarrollo económico, a partir de una visión integradora de conceptos y valores que determinan los comportamientos necesarios para plantear y encontrar el retorno financiero a los accionistas y colaboradores, el desarrollo económico social para la región y el país.
- MINESA promueve la construcción de soluciones de gestión y gobernanza del territorio, en conjunto con los diferentes agentes de la sociedad, buscando ser un ejemplo de liderazgo empresarial para Colombia y el mundo. (MINESA, 2016).

2. Estrategias, actividades y resultados

El presente capítulo contiene cada una de las estrategias, actividades y resultados que se desarrollaron en la pasantía denominada SEGUIMIENTO, MANEJO Y MEJORAMIENTO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS DE MINA, en la compañía Sociedad Minera de Santander, las cuales son:

- Introducción al trabajo de pasantía.
- Objetivo general de la pasantía.
- Alcance de la pasantía
- Plan de acción ejecutado y productos a entregar
- Cronograma general de actividades ejecutado.
- Metodología del desarrollo de la pasantía.
- Descripción de los resultados, según los objetivos y el plan de acción propuesto.
- Análisis de resultados.

2.1. Introducción al trabajo de pasantía.

El trabajo comprende el análisis de los drenajes de antiguas labores mineras auroargentíferas que se general sobre la zona de drenaje de la quebrada la Baja, en el municipio de California en el departamento de Santander. Se propuso en la pasantía el diseño de infraestructura para procesos de tratamiento de aguas flujo de mina. No obstante se realizó la actividad de ubicación, clasificación, caracterización de los drenajes, cuando los niveles de pH den para ser ácidos (pH bajo), esto teniendo en cuenta que son tóxicos para el hombre, la fauna y la vegetación, por el contenido de metales disueltos y constituyentes orgánicos solubles e insolubles, que generalmente proceden de los compuestos geológicos disgregados por las labores mineras subterráneas.

Si bien las actividades mineras liberación compuestos químicos que son los principales factores que contribuyen a la formación de drenajes ácidos de mina (DAM), también pueden causar la muerte de peces y crustáceos presentes en las fuentes hídricas, de igual manera afecciones al ganado, cultivos y flora de las riveras o en los sitios donde pueda ser usada

el agua.

Entre los trabajos, más importantes que se desarrollaron en la pasantía se puede considerar la localización y clasificación de los drenajes según el nivel de pH y otras características que sean posibles según la disponibilidad de equipos necesarios para estos fines, que disponga la compañía para el desarrollo de la pasantía.

2.2. Objetivo general de la pasantía.

Ejecutar un trabajo de análisis técnico en la compañía Sociedad Minera de Santander, que permita visualizar la afectación por oxidación de los sulfuros metálicos contenidos en los drenajes de mina, los cuales son colectados por el canal de drenaje de la quebrada la Baja, en la microcuenca del río Vetás, subcuenta del río Suratá, cuenca superior del río Lebrija.

2.1.1. Objetivos específicos.

1. Identificar los puntos de drenaje.
2. Caracterizar el caudal según el nivel de pH.
3. Proponer sistema de tratamiento generalizado del área del proyecto, como alternativa de mejoramiento y gestión de los drenajes ácidos de mina.
4. Realizar seguimiento y proponer ajustes al tratamiento pasivo y activo que se desarrolla en el sector de la Bodega (BM-5), para buscar mejorar la calidad del agua producto del drenaje.

2.3. Alcance de la pasantía

Es un estudio que involucra análisis técnico de todos los túneles que contienen drenaje y que se encuentran dentro del área de los títulos mineros de la compañía Sociedad Minera de Santander, que a su vez son efluentes recibidas por el canal de drenaje de la quebrada La Baja, microcuenca del río Vetás, subcuenta del río Suratá, que hace parte de la cuenca superior del río Lebrija.



2.6. Metodología desarrollada durante la pasantía.

Actividades ejecutadas:

1. Descripción cronológica de la ejecución de la pasantía.
2. Revisión de la información existente.
3. Trabajo de campo.
4. Análisis de la información colectada
5. Marco teórico
6. Marco legal

2.6.1. Descripción cronológica de la ejecución de la pasantía.

El orden cronológico utilizado para el desarrollo del trabajo fue el siguiente:

- a) Análisis de diferentes documentos técnicos y científicos, que están directamente relacionados con la problemática ambiental de los drenajes de mina en la zona del drenaje de la quebrada la Baja; tales como, trabajos de grado, monografías, documentos de investigación, especialmente manuales de predicción y manejo de drenajes, otro factor importante es la experiencia vivida sobre el tema, de gestión ambiental en el desarrollo minero y el manejo de drenajes generados por las minas de La Sociedad Minera La Bodega y Sociedad Minera De La Baja en la región de Angosturas, provincia de Soto Norte en el municipio de California departamento de Santander; por parte del autor del presente trabajo.
- b) De igual manera se desarrolló una secuencia de trabajo de campo, en pro de coleccionar toda la información necesaria de cada uno de los túneles que se encuentran sobre la zona de drenaje de la quebrada La Baja.
- c) Análisis y clasificación de cada uno de los drenajes de mina según el pH.
- d) Caracterización de los drenajes de mina teóricamente según los autores. White En 1968, Morín y Hutt, 2001 y Skousen and Ziemkiewics, 1994, 1997 y 1998, *para identificar tendencias y cantidad de DAM, en los túneles analizados.*
- e) *Análisis de resultados y propuesta de alternativas de tratamiento que pueden ser aplicados para la gestión de los drenajes ácidos de mina presentes en el área de influencia del proyecto minero de MINESA a lo largo de la quebrada la Baja.*

2.6.2. Revisión de la información existente.

Esta actividad se desarrolló gracias a que la empresa MINESA, facilitó el acceso a información de archivo que tiene en su poder, de igualmente se ejecutaron investigaciones con profesionales de la zona o que hayan trabajado en la región, para solicitarles información relacionada, gracias a ello se logró consultar los siguientes documentos:

- Trabajo de grado (Chaparro L)
- Monografía (Perez W)
- Informes técnicos de desarrollo e investigación en procesos específicos sobre descontaminación, recuperación del área protegida de la cuenca del río Surata (ejecutado por la BGR y CDMB entre los años 2002 y 2009).
- Inventarios de los pasivos ambientales en la zona de influencia directa (realizados por MINESA).
- Planes de mitigación ambiental sobre la zona del área de drenaje (realizados por MINESA).
- Documentos de control de drenajes de mina (realizados por MINESA).
- Actas de inspección, control, desarrollo de trabajos ambientales (realizados por MINESA).

2.6.3. Trabajo de campo.

- I. Identificación y localización de túneles en la zona de los títulos mineros de MINESA.
- II. Análisis de la información colectada.

2.6.3.1. Identificación y localización de túneles en la zona de los títulos mineros de MINESA.

Se adelantó un censo en el total de las áreas de los títulos mineros de la compañía Sociedad Minera de Santander que se localizan en el área de drenaje de la quebrada la Baja, para determinar la presencia de túneles, poderlas clasificar y caracterizar.

Tabla 3.

Inventario general túneles, fuente MINESA.

CODIGO	NOMBRE BOCAMINA	TITULO MINERO	DATOS GEOGRAFICOS			DRENAJE	BM68	BC-18	0037-68	1127720	1306302	2337	Sin drenaje
			ESTE	NORTE	N		BM69	BC-15	0037-68	1127651	1306298	2335	Sin drenaje
BM1	Nivel Malvinas	0095-68	1130371	1308204	2842	Sin drenaje	BM70	BB-14	14031	1129622	1307273	2659	Sin drenaje
BM2	El Carmen	0095-68	1130280	1308185	2782	Sin drenaje	BM71	BB-06	14031	1129584	1307234	2629	Sin drenaje
BM3	Nivel Medio	0095-68	1130267	1308155	2756	Sin drenaje	BM72	BB-05	14031	1129575	1307241	2610	Sin drenaje
BM4	La Toma	0095-68	1130217	1308146	2727	Sin drenaje	BM73	BC-20	0090-68	1128010	1306521	2393	Sin drenaje
BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	Con drenaje	BM74	BC San Celestino	0090-68	1127952	1306468	2378	Sin drenaje
BM6	La Esperanza	0095-68	1130207	1308141	2723	Sin drenaje	BM75	BC-	0090-68	1127892	1306403	2357	Sin drenaje
BM7	Los Sapos	0095-68	1130127	1308080	2705	Con drenaje	BM76	Piedra Liza	0095-68	1128709	1307036	2550	Sin drenaje
BM8	El Pelgroso 1	0095-68	1130125	1308034	2702	Con drenaje	BM77	Piedra Liza	0095-68	1128711	1307074	2580	Sin drenaje
BM9	El Pelgroso 2	0095-68	1130126	1307999	2703	Sin drenaje	BM78		0111-68	1128573	1306983	2500	Sin drenaje
BM10	San Andres	0095-68	1130141	1308141	2742	Sin drenaje	BM79		0111-68	1128532	1306971	2530	Sin drenaje
BM11	La Rosa	0095-68	1130112	1308213	2813	Sin drenaje	BM80	Fernando Maldonado	0144-68	1128130	1306420	2430	Sin drenaje
BM12	Acabaropa	0095-68	1130182	1308234	2767	Sin drenaje	BM82	Mercedes4	0095-68	1130365	1307863	2757	Sin drenaje
BM13	Malacho 2	0095-68	1130187	1308271	2766	Sin drenaje	BM83	Eduwin	0095-68	1129724	1308043	2775	Sin drenaje
BM14	Malacho 1	0095-68	1130169	1308291	2791	Sin drenaje	BM84	Eduwin	0095-68	1129722	1308017	2775	Sin drenaje
BM15	La Vencedora 1	0095-68	1130055	1308005	2702	Sin drenaje	BM85	Itala	0095-68	1129874	1307710	2743	Sin drenaje
BM16	La Vencedora 2	0095-68	1130037	1307995	2692	Sin drenaje	BM86	Ernesto	0095-68	1129356	1307535	2640	Sin drenaje
BM17	Las Mercedes 1	0095-68	1130328	1307858	2701	Sin drenaje	BM87	Fredy	0095-68	1129286	1307195	2526	Sin drenaje
BM18	Las Mercedes 2	0095-68	1130348	1307855	2734	Sin drenaje	BM88	Fredy	0095-68	1129299	1307183	2548	Sin drenaje
BM19	Las Mercedes 3	0095-68	1130359	1307964	2735	Sin drenaje	BM89	SanAntonio	0095-68	1129153	1307036	2508	Sin drenaje
BM20	Mina Seca 1	0095-68	1129856	1307958	2708	Sin drenaje	BM90	SanAntonio	0095-68	1129160	1307037	2508	Sin drenaje
BM21	Mina Seca 2	0095-68	1129850	1307926	2689	Sin drenaje	BM91	Erasmo	0095-68	1128644	1307813	2778	Sin drenaje
BM22	Tierrero 1	0095-68	1130123	1307838	2739	Con drenaje	BM92	Erasmo	0095-68	1128666	1307860	2796	Sin drenaje
BM23	Tierrero 2	0095-68	1130142	1307837	2783	Sin drenaje	BM93		0095-68	1129783	1307916	2743	Sin drenaje
BM24	Tierrero 3	0095-68	1130141	1307903	2793	Con drenaje	BM94		0095-68	1129531	1307900	2793	Sin drenaje
BM25	Mascota Vieja 1	0095-68	1129842	1307852	2642	Con drenaje	BM95		0095-68	1129523	1307912	2793	Sin drenaje
BM26	Mascota Vieja 2	0095-68	1129733	1307755	2627	Con drenaje	BM96		0095-68	1129713	1307999	2778	Sin drenaje
BM27	Tunel H1	0095-68	1129825	1307869	2645	Con drenaje	BM97		0095-68	1129627	1307937	2789	Sin drenaje
BM28	Tunel H2	0095-68	1129804	1307867	2649	Sin drenaje	BM99		14947	1128301	1306492	2530	Sin drenaje
BM29	Tunel H3	0095-68	1129791	1307861	2643	Sin drenaje	BM100		14947	1128316	1306485	2530	Sin drenaje
BM30	Las Haches	0095-68	1129787	1307895	2677	Con drenaje	BM101		14947	1128220	1306555	2658	Sin drenaje
BM31	La Itala	0095-68	1129869	1307704	2732	Con drenaje	BM102		14947	1128168	1306614	2416	Sin drenaje
BM32	Bocaviento Ventanas	0095-68	1129452	1307736	2714	Sin drenaje	BM103		14947	1128099	1306611	2419	Sin drenaje
BM33	La Casita/Ventanas	0095-68	1129482	1307712	2686	Sin drenaje	BM104		HDB-081	1128267	1306888	2447	Sin drenaje
	La Itala 2	0095-68	1129512	1307506		Con drenaje	BM105		HDB-081	1128329	1306907	2478	Sin drenaje

BM34	Tunel Explorabrio	0095-68	1129532	1307663	2647	Con drenaje	BM106		HDB-081	1128359	1306994	2538	Sin drenaje
BM35	La Victoria	0095-68	1129610	1307479	2626	Sin drenaje	BM107		HDB-081	1128269	1306909	2485	Sin drenaje
BM36	Chucho 1	0095-68	1129430	1307401	2575	Sin drenaje	BM108		HDB-081	1128260	1306933	2485	Sin drenaje
BM37	Chucho 2	0095-68	1129417	1307384	2578	Sin drenaje	BM109		0099-68	1128237	1306744	2416	Sin drenaje
BM38	Chucho 3	0095-68	1129391	1307340	2572	Sin drenaje	BM114	Lizcano La Rosa	0095-68	1129627	1307663	2615	Sin drenaje
BM39	Luis E Arias	0095-68	1129329	1307410	2625	Con drenaje	BM115	Sector Los Rojas	0095-68	1129874	1307825	2594	Sin drenaje
BM40	Ludivia 1	0095-68	1129206	1307247	2595	Sin drenaje	BM116	Nido de Aguilas 1	0095-68	1129399	1307809	2800	Sin drenaje
BM41	Ludivia 2	0095-68	1129139	1307177	2590	Sin drenaje	BM117	Nido de Aguilas 2	0095-68	1129414	1307810	2787	Sin drenaje
Curva el Gigan	Ventanas	0095-68	1129464	1307459		Con drenaje	BM118	Nido de Aguilas 3	0095-68	1129388	1307814	2791	Sin drenaje
BM36	Chucho 1	0095-68	1129430	1307401	2575	Con drenaje	BM119	Nido de Aguilas 4	0095-68	1129388	1307809	2800	Sin drenaje
BM42	El Cuatro 1	0095-68	1128949	1306903	2477	Con drenaje	BM120	Barrientos 4	0095-68	1129381	1307730	2770	Sin drenaje
BM43	El Cuatro 2	0095-68	1128884	1306942	2489	Con drenaje	BM121	Barrientos 5	0095-68	1129271	1307639	2751	Sin drenaje
BM44	Erasmo R	0095-68	1128714	1307798	2772	Sin drenaje	BM122	Palizada San Juan	0099-68	1128598	1307419	2740	Sin drenaje
BM45	Bocaviento-Barrientos	0095-68	1129357	1307620	2723	Sin drenaje	BM123	Tierrero 4	0095-68	1129734	1307773	2655	Sin drenaje
BM46	Barrientos 1	0095-68	1129347	1307590	2703	Sin drenaje	BM124	Los Triangulos	0095-68	1130230	1308187	2787	Sin drenaje
BM47	Barrientos2	0095-68	1129338	1307580	2710	Sin drenaje	BM125	La Victoria 2	0095-68	1129607	1307534	2456	Sin drenaje
BM48	Barrientos3	0095-68	1129344	1307574	2698	Sin drenaje	BM126	El Tigre	0095-68	1129267	1307177	2555	Sin drenaje
BM49	BC 14	0037-68	1127581	1306362	2361	Sin drenaje	BM127	Bocaviento Las Haches	0095-68	1129842	1307953	2743	Sin drenaje
BM50	BC 06	0100-68	1127517	1306398	2365	Con drenaje	BM128	Mina Seca 3	0095-68	1129905	1307978	2728	Sin drenaje
BM52	BC 01	0100-68	1127538	1306460	2412	Con drenaje	BM129	Platanal Viejo	0095-68	1129741	1307883	2695	Sin drenaje
BM53	BC 02	0100-68	1127523	1306432	2380	Con drenaje	BM130	Platanal viejo 2	0095-68	1129733	1307885	2703	Sin drenaje
BM55	BC 05	0100-68	1127537	1306443	2377	Con drenaje	BM131	Platanal viejo 3	0095-68	1129706	1307889	2723	Sin drenaje
BM56	BC 10	0100-68	1127577	1306447	2383	Con drenaje	BM132	Mascota vieja 3	0095-68	1129877	1307831	2710	Sin drenaje
BM57	BC 11	0100-68	1127589	1306445	2383	Con drenaje	BM133	Mascota vieja 4	0095-68	1129872	1307832	2710	Sin drenaje
BM58	BC 15	0100-68	1127577	1306426	2383	Con drenaje	BM134	Mascota vieja 5	0095-68	1129838	1307802	2684	Sin drenaje
BM59	BC 13	0037-68	1127582	1306403	2368	Sin drenaje	BM135	GM	0095-68	1130122	1307983	2784	Sin drenaje
BM60	BC 07	0100-68	1127543	1306422	2377	Sin drenaje	BM136	Vencedora 3	0095-68	1129999	1308025	2680	Sin drenaje
BM61	BC 08	0100-68	1127536	1306428	2377	Sin drenaje	BM137	Curva El Gigante 1	0095-68	1129465	1307468	2575	Sin drenaje
BM62	BC 09	0100-68	1127533	1306420	2380	Sin drenaje	BM138	Curva El Gigante 2	0095-68	1129492	1307488	2575	Sin drenaje
BM63	BC-10-Tesorito1	0108-68	1129150	1306899	2537	Sin drenaje	BM139	Herederos 4	0095-68	1129873	1308280	2911	Sin drenaje
BM64	BC-11	0108-68	1129168	1306841	2574	Sin drenaje	BM140	La Esmeralda 1	0095-68	1130270	1308395	2806	Sin drenaje
BM65	BC-13	0108-68	1129187	1306815	2594	Sin drenaje	BM141	La Rosa 2	0095-68	1130235	1308421	2810	Sin drenaje
BM66	BC-12-Tesorito4	0108-68	1129161	1306781	2625	Sin drenaje	BM142	La Rosa 3	0095-68	1130220	1308415	2807	Sin drenaje
BM67	(BB-06)-BB-03	14031	1129492	1307252	2589	Sin drenaje	BM143	La Esmeralda 2	0095-68	1130310	1308383	2847	Con drenaje

Nota: (MINESA, 2016).

2.6.4. Análisis de la información colectada:

- a) El sistema hidrológico de la zona del canal de drenaje de la quebrada La Baja, esta intervenido por las diferentes actividades mineras subterráneas desarrolladas; las cuales generan rompimiento de los canales de conducción natural de las fuentes subterráneas o de superficie, lo que constituye que el agua que fluye por estas vías, coja un nuevo rumbo y entre en contacto con diferentes compuestos minerales presentes en el macizo rocoso de la zona, esta interacción se convierten en factores negativos para la potabilidad del agua, desmejorando las condiciones fisicoquímicas del recurso.

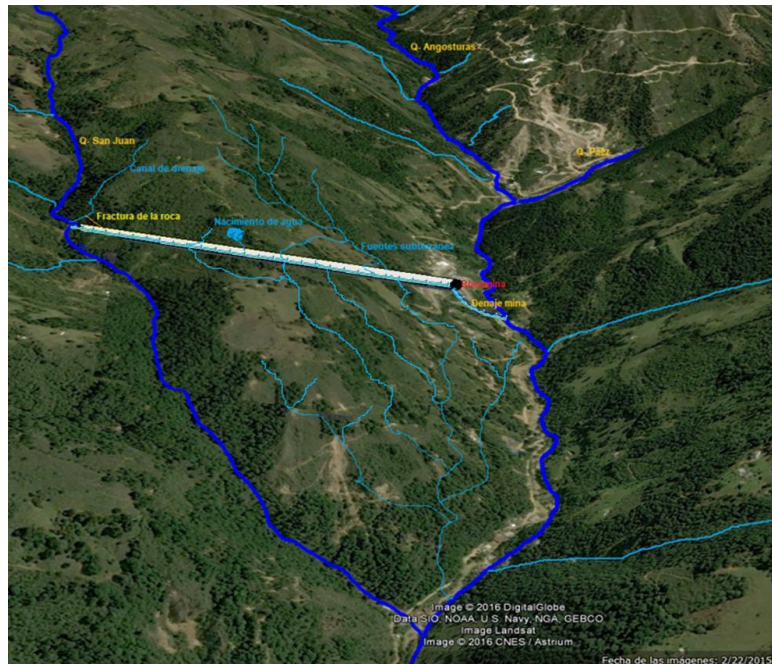


Figura 2. Factores que afectan la formación de drenajes de mina. (MINESA, 2016).

- b) Se evidencia que la mayoría de los túneles se ubican cerca del caudal principal del canal de drenaje de la quebrada La Baja.

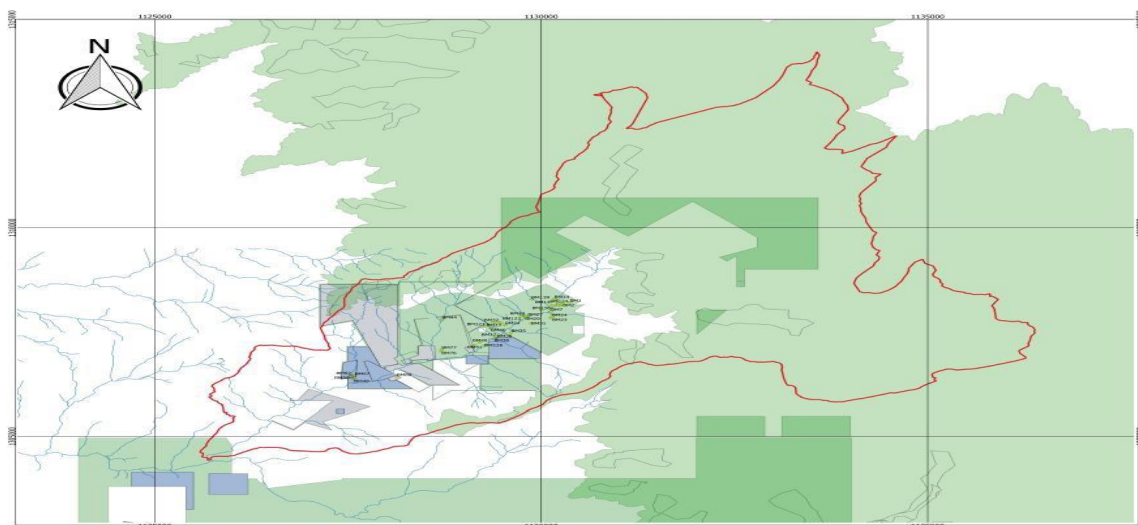


Figura 3. Hidrología y túneles en el área de drenaje de la Quebrada La Baja.

- c) Las labores de minería, son desarrollos subterráneos en su mayoría y fueron ejecutadas siguiendo las vetas mineralizadas en las zonas de afloramiento, los socavones son elaborados de forma artesanal con dimensiones no superiores a los cuatro metros cuadrados de área y la dirección es según la fluctuación de la veta.
- d) Se evidencia que los drenajes de mina están sectorizados, dado a la alteración de la roca, condiciones topográficas y de relieve.
- e) Los caudales varían según las características de la roca, profundidad de la excavación, recarga hidrostática y profundización del nivel freático de la zona.

2.6.5. Marco teórico.

2.6.5.1. Metodología aplicada para la caracterización de los drenajes.

Para determinar los tipos de drenaje de mina que se generan en el área de los títulos mineros de la compañía Sociedad Minera de Santander, fue necesario hacer un análisis detallado:

- De las condiciones geológicas de la zona,
- El clima de lugar.
- Caracterización de los efluentes de mina; para ello, se hizo necesario la toma de parámetros en situ y de igual manera se sometieron muestras de agua a análisis en laboratorio (de propiedad de la compañía) para determinar los componentes presentes en cada uno de los drenajes sulfato y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni, etc.).

Para el análisis de las muestras se aplicó la metodología de White en 1968, Morín y Hutt en 2001., independientemente de la fuente que da origen a los drenajes de mina, éstos se pueden subdividir en dos grandes grupos:

- Drenajes alcalinos o aguas residuales con bajo potencial de solubilización.
- Drenajes ácidos o aguas residuales con alto potencial de solubilización.

En 1968. White, hace una clasificación de las aguas residuales de mina en función del pH y los agrupa en 6 categorías:



Tabla 4. Clases de drenajes, según White en 1968.

CLASE	pH
Altamente ácidas	1,5 a 4,5
Blandas, ligeramente ácidas	5,0 a 7,0
Duras, neutras a alcalinas	7,0 a 8,5
Blandas, alcalinas	7,5 a 11,0
Muy salinas	6,0 a 9,0
Blandas ácidas	3,5 a 5,5

2.6.5.2. Para el tratamiento de Aguas Ácidas de Mina.

La clasificación de los drenajes en función del pH y el potencial de la acidez o alcalinidad de los minerales según (Morín y Hutt, 2001). Tenemos:

Tabla 5; Clasificación de drenajes según Morín y Hutt en 2001.

CLASE	pH	DESCRIPCIÓN
Acido	< 6	Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros. Nivel de metales disueltos es mayor que en drenajes casi neutros.
Alcalino	> 9 ó 10	Alta alcalinidad generada por disolución de minerales básicos, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos. Niveles de algunos metales como el Al son mayores que en los drenajes casi neutros.
Casi neutro	6 – 9 ó 10	Dependiendo de la abundancia de los minerales, en determinados períodos pueden ser ácidos o alcalinos. Concentración de metales disueltos algunas veces puede exceder niveles tóxicos.
Otros	Irrelevante	Puede afectar la concentración de metales. Asociado a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, bentonitas, gravas, arcillas, etc.

El drenaje ácido de mina (DAM) es la consecuencia de la oxidación de algunos sulfuros minerales (pirita, pirrotita, marcasita, etc.) en contacto con el oxígeno del aire y agua:

- Sulfuro mineral + Oxígeno + Agua = Sulfato + Acidez + Metal

También otros oxidantes como hierro férrico pueden reemplazar al oxígeno del aire en la reacción y en algunos casos al oxígeno del agua:

- Sulfuro mineral + Hierro férrico + Agua = Sulfato + Acidez + Metal

Sucede lo contrario en los drenajes alcalinos de mina (LMD) ya que es el resultado de la disolución de óxidos, hidróxidos y silicatos minerales:

- $\text{Oxido/hidróxido mineral} + \text{Agua} = \text{Alcalinidad} + \text{Metal}$
- $\text{Silicato mineral} + \text{Agua} = \text{Alcalinidad} + \text{Metal} + \text{Sílice acuosa}$

2.6.5.3. Drenajes alcalinos.

Según Morín y Hutt en 2001, las aguas alcalinas en las explotaciones mineras se producen cuando las filtraciones desde superficie o desde acuíferos supra-yacentes circulan a través de materiales con contenidos de carbonato de calcio, generalmente calcita y dolomíticos. La disolución del carbonato cálcico tiene lugar debido a la presencia de anhídrido carbónico en el agua y da lugar a la siguiente reacción: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

El contenido en ion bicarbonato en las aguas es el que marca la alcalinidad de éstas, la alcalinidad total se mide en mg/l y se puede estimar mediante la siguiente expresión:

Tratamiento de Aguas Acidas de Mina: $100[(\text{HCO}_3^-) + 2(\text{CO}_3^{2-}) + (\text{OH}^-)]$

2.6.5.4. Drenajes ácidos.

Durante la explotación de determinados yacimientos quedan expuestos diferentes elementos químicos tales como (sulfuros metálicos, hierro, uranio y otros) estos minerales sulfurosos que son la causa de la formación de drenajes ácidos. Según Nordstrom y Alpers (1998), para que esto tenga lugar se hace necesario que se cumplan con unas condiciones aerobias, es decir la existencia de cantidades suficientes de agua, oxígeno y simultáneamente la acción catalizadora de bacterias.

Nordstrom y Alpers (1998) describen el proceso de oxidación de la piritita como principal responsable de la formación de aguas ácidas y, afirman que estas reacciones geoquímicas se aceleran en las áreas mineras, debido a que el aire entra en contacto con mayor facilidad con los sulfuros a través de las labores de acceso y la porosidad creada en las pilas de estériles y residuos, unido a ello el cambio de composición química y el incremento de la superficie de contacto de las partículas. También afirman que los

procesos físicos, químicos y biológicos tienen gran influencia en la generación, movilidad y atenuación de la contaminación ácida de las aguas, y los factores que más afectan a la generación ácida son el volumen, la concentración, el tamaño de grano y la distribución de la pirita.

Skousen et al. (1994 y 1998) y Ziemkiewics et al. (1997) a partir del pH y el contenido de oxígeno y metales pesados hacen una clasificación de los drenajes de mina y los agrupan en 5 tipos (Ver tabla No. 6).

Tabla 6; Tipos de drenajes de mina según, Skousen and Ziemkiewics, 1994, 1997 y 1998.

TIPO	pH	DESCRIPCIÓN
I	< 4,5	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
II	< 6,0	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ión ferroso (Fe^{2+}) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
III	> 6,0	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe^{2+}) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
IV	> 6,0	Alta cantidad de partículas disueltas. Drenaje neutralizado, pero todavía no se han fijado los hidróxidos en el agua. A mayor tiempo de residencia en las balsas mayor fijación de partículas y el agua puede llegar a ser similar al de Tipo V.
V	> 6,0	Agua del drenaje es neutralizado. Alta cantidad de sólidos disueltos. Gran cantidad de hidróxidos precipitados y fijados en las balsas. Cationes restantes son disueltos por Ca y Mn. Oxi-aniones solubles como bicarbonato y sulfato quedan en la solución.

2.6.6. Marco legal.

Ley 99 de 1993, establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene entre sus funciones, regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir la contaminación

hídrica en todo el territorio nacional. DECRETO 3930 DE 2010 (Octubre 25); Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 0631 de 17 de Marzo del 2015; Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

2.7. Caracterización de los drenajes encontrados según el pH.

El proyecto minero de la compañía Sociedad Minera de Santander S.A.S; se desarrolla en un área donde por décadas ha predominado la actividad minera artesanal, lo que ha permitido que se elaboren socavones y que en muchos de ellos se generen drenajes de mina.

2.7.1. Localización túneles con drenaje.

Del inventario general se efectúa filtro para determinar los que tienen presencia de drenaje, individualmente que tenga contenidos de metales pesados, que lo pueda comprometer con oxidación (ver tabla 7).



Tabla 7; Total túneles con drenaje, fuente Propia.

INVENTARIO GENERAL DE BOCAMINAS PROYECTO EL GIGANTE											
CODIGC	NOMBRE	TITULO MINEI	ESTE	NORTE	ELEVACIO	DRENAJE	Q [L/s]	pH [-]	TIPO DRENA	ESTADO ACTUAL	OBSERVACIONES
BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	Con drenaje	0,443	2,73	Acido	cerrada con reja	No es posible el ingreso por condiciones de seguridad
BM7	Los Sapos	0095-68	1130127	1308080	2705	Con drenaje	3,818	6,47	Basico	abierta	Se puede el ingreso, anterior se debe ventilar y cumplir con el protocolo de seguridad
BM8	El Peligroso 1	0095-68	1130125	1308034	2702	Con drenaje	0,332	6,05	Basico	abierta	Se puede el ingreso, anterior se debe ventilar y cumplir con el protocolo de seguridad
BM22	Tierrero 1	0095-68	1130123	1307838	2739	Con drenaje			Basico	abierta	No es posible el ingreso, presencia de minería ilegal
BM24	Tierrero 3	0095-68	1130141	1307903	2793	Con drenaje			Basico	abierta	No es posible el ingreso, presencia de minería ilegal
BM25	Mascota Vieja 1	0095-68	1129842	1307852	2642	Con drenaje	0,115	5,61	Basico	abierta	Requiere de valoración de seguridad minera
BM26	Mascota Vieja 2	0095-68	1129733	1307755	2627	Con drenaje	1,846	6,22	Basico	abierta	Requiere de valoración de seguridad minera
BM27	Túnel H1	0095-68	1129825	1307869	2645	Con drenaje			Basico	abierta	Requiere de valoración de seguridad minera
BM30	Las Haches	0095-68	1129787	1307895	2677	Con drenaje			Basico	abierta	Requiere de valoración de seguridad minera
BM31	La Italia	0095-68	1129869	1307704	2732	Con drenaje			Basico	abierta / derrumbada	Requiere de valoración de seguridad minera
	La Italia 2	0095-68	1129512	1307506		Con drenaje	0,104	6,36	Basico		
BM34	Túnel Exploratorio	0095-68	1129532	1307663	2647	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Permitido el ingreso, cumpliendo con el protocolo de seguridad
BM39	Luis E Arias	0095-68	1129329	1307410	2625	Con drenaje			Basico	abierta	Pendiente análisis de las condiciones legales actuales
Curva el cigante	Ventanas	0095-68	1129464	1307459		Con drenaje	4,469	5,77	Basico		
	Chucho 1	0095-68	1129430	1307401	2575	Con drenaje	0,0262	7,16	Basico		
BM42	El Cuatro 1	0095-68	1128949	1306903	2477	Con drenaje	4,263	6,43	Basico	abierta	Se puede el ingreso, anterior se debe medir gases y cumplir con el protocolo de seguridad
BM43	El Cuatro 2	0095-68	1128884	1306942	2489	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Pendiente análisis de las condiciones legales actuales
BM50	BC 06	0100-68	1127517	1306398	2365	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM52	BC 01	0100-68	1127538	1306460	2412	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM53	BC 02	0100-68	1127523	1306432	2380	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM55	BC 05	0100-68	1127537	1306443	2377	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM56	BC 10	0100-68	1127577	1306447	2383	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM57	BC 11	0100-68	1127589	1306445	2383	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM58	BC 15	0100-68	1127577	1306426	2383	Con drenaje			Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM143	La Esmeralda 2	0095-68	1130310	1308383	2847	Con drenaje			Basico	abierta	Pendiente análisis de las condiciones legales actuales
BM67	(BB-04)(ANIMAS)	14031	1129523	1307218		Con drenaje	0,284	6,55	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM70	(BB-03)(ANIMAS)	14031	1129497	1307239		Con drenaje	0,0409	6,96	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
	BB-01 (ANIMAS)	14031	1129396	1307283		Con drenaje	0,615	7,07	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM54	(BC-03)(CHAMIZALES)	0100-68	1127539	1306442		Con drenaje	0,097	3,76	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM51	(BC-09)(CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306398		Con drenaje	0,105	3,97	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM60	(BC-07)(CHAMIZALES)	0100-68	1127552	1306423		Con drenaje	0,055	3,2	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM62	(BC-08)(CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306424		Con drenaje	0,0271	6,45	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM49	(BC-14)(EL HOYO)	0037-68	1127587	1306355		Con drenaje	0,212	4,96	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
BM104	(SAN ANTONIO)	0099-68	1128248	1306898		Con drenaje	0,79	3,86	Acido	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad
	AMAYA	14947	1128063	1306703		Con drenaje	4,651	5,49	Basico	abierta	Pendiente análisis de las condiciones legales actuales
	LA BAJA	14947	1128244	1306717		Con drenaje	5,228	5,26	Basico	abierta	Pendiente análisis de las condiciones legales actuales
BM102	BM102	14947	1128182	1306637		Con drenaje	0,213	5,31	Basico	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad

2.7.2. Análisis de resultados.

2.7.2.1. Túneles con drenaje acido.

La determinación que caracteriza el drenaje como acido, es según el bajo nivel de pH y solo se toma en cuenta los que tienen un caudal representativo.

Tabla 8; túneles con drenaje acido.

INVENTARIO GENERAL DE BOCAMINAS PROYECTO EL GIGANTE											
CODIGC	NOMBRE	TITULO MINEI	ESTE	NORTE	ELEVACIO	DRENAJE	Q [L/s]	pH [-]	TIPO DRENA	ESTADO ACTUAL	OBSERVACIONES
BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	Con drenaje	0,443	2,73	Acido	cerrada con reja	No es posible el ingreso por condiciones de seguridad
BM104	(SAN ANTONIO)	0099-68	1128248	1306898		Con drenaje	0,79	3,86	Acido	cerrada con reja	Se puede ingresar, anterior solicitar permiso de ingreso al predio y cumplir el protocolo de seguridad

2.7.2.2. Túneles con drenaje según la clasificación de White 1968.

CLASIFICACION DE AGUAS RESIDUALES DE MINA SEGÚN WHITE 1968 EN FUNSION DEL PH										
ITÉ	CODIGO	NOMBRE TUNÉL	TITULO MINERO	ESTE	NORTE	ELEVACI	Q [L/s]	pH [--]	CLASE/DRENAJE Según White	OBSERVACIONE
1	BM27	Tunel H1	0095-68	1129825	1307869	2645	0,62	7,07	Duras, neutras a alcalinas	pH entre 7,0 a 8,5
2	BM36	Chucho 1	0095-68	1129430	1307401	2575	0,026	7,16	Duras, neutras a alcalinas	pH entre 7,0 a 8,5
3		BB-01 (ANIMAS)	14031	1129396	1307283	2614	0,615	7,07	Duras, neutras a alcalinas	pH entre 7,0 a 8,5

Tabla 9; túneles con drenaje, duras, neutras a alcalinas.

Tabla 11; Túneles con drenaje, Blandas acidas.

CLASIFICACION DE AGUAS RESIDUALES DE MINA SEGÚN WHITE 1968 EN FUNSION DEL PH										
ITÉ	CODIGO	NOMBRE TUNÉL	TITULO MINERO	ESTE	NORTE	ELEVACI	Q [L/s]	pH [--]	CLASE/DRENAJE Según White	OBSERVACIONE
1	BM7	Los Sapos	0095-68	1130127	1308080	2705	3,818	6,47	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
2	BM8	El Peligroso 1	0095-68	1130125	1308034	2702	0,332	6,05	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
3	BM22	Tierrero 1	0095-68	1130123	1307838	2739	2,221	7,00	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
4	BM24	Tierrero 3	0095-68	1130141	1307903	2793	1,642	6,47	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
5	BM25	Mascota Vieja 1	0095-68	1129842	1307852	2642	0,115	5,61	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
6	BM26	Mascota Vieja 2	0095-68	1129733	1307755	2627	1,846	6,22	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
7		La Itala 2	0095-68	1129512	1307506	2471	0,104	6,36	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
8	BM34	Tunel Exploratorio	0095-68	1129532	1307663	2640	0,115	6,49	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
9	BM39	Luis E Arias	0095-68	1129329	1307410	2625	1,846	6,84	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
10		Curva el Gigante	0095-68	1129464	1307459	2687	4,46	5,77	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
11	BM42	El Cuatro 1	0095-68	1128949	1306903	2477	4,263	6,43	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
12	BM43	El Cuatro 2	0095-68	1128884	1306942	2532	0,447	6,78	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
13	BM57	BC 11	0100-68	1127589	1306445	2367	0,016	6,78	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
14	BM67	(BB-04(ANIMAS)	14031	1129523	1307218	2610	0,284	6,55	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
15	BM70	(BB-03 (ANIMAS)	14031	1129497	1307239	2612	0,04	6,96	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
16	BM62	(BC-08 (CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306424	2362	0,027	6,45	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
17	BM49	(BC-14 (EL HOYO)	0037-68	1127587	1306355	2515	0,212	4,96	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
18		AMAYA	14947	1128063	1306703	4,7	0,042	4,7	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
19		LA BAJA	14947	1128244	1306717	5,48	0,098	5,48	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0
20	BM102	BM102	14947	1128182	1306637	2403	0,213	5,31	Blandas, ligeramente ácidas	pH entre 5,0 a 7,0

Tabla 10; túneles con drenaje, Blandas, ligeramente acidas.

CLASIFICACION DE AGUAS RESIDUALES DE MINA SEGÚN WHITE 1968 EN FUNSION DEL PH										
ITÉ	CODIGO	NOMBRE TUNÉL	TITULO MINERO	ESTE	NORTE	ELEVACI	Q [L/s]	pH [--]	CLASE/DRENAJE Según White	OBSERVACIONE
1	BM56	BC 10	0100-68	1127577	1306447	2362	0,015	4,71	Blandas Acidas	pH entre 1,5 a 4,5

Tabla 12; Túneles con drenaje, Altamente acido.

CLASIFICACION DE AGUAS RESIDUALES DE MINA SEGÚN WHITE 1968 EN FUNSION DEL PH										
ITÉ	CODIGO	NOMBRE TUNÉL	TITULO MINERO	ESTE	NORTE	ELEVACI	Q [L/s]	pH [--]	CLASE/DRENAJE Según White	OBSERVACIONE
1	BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	0,443	2,73	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
2	BM30	Las Haches	0095-68	1129787	1307895	2677	0,023	3,76	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
3	BM31	La Itala	0095-68	1129869	1307704	2732	0,013	3,97	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
4	BM50	BC 06	0100-68	1127517	1306398	2365	0,012	2,6	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
5	BM52	BC 01	0100-68	1127538	1306460	2365	0,031	2,70	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
6	BM53	BC 02	0100-68	1127523	1306432	2360	0,017	2,40	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
7	BM55	BC 05	0100-68	1127537	1306443	2365	0,018	3,12	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
8	BM58	BC 15	0100-68	1127577	1306426	2370	0,007	2,6	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
9	BM143	La Esmeralda 2	0095-68	1130310	1308383	2847	0,021	3,12	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
10	BM54	(BC-03 (CHAMIZALES)	0100-68	1127539	1306442	2360	0,097	3,76	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
11	BM51	(BC-09 (CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306398	2365	0,015	3,97	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
12	BM60	(BC-07 (CHAMIZALES)	0100-68	1127552	1306423	2362	0,022	3,2	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
13	BM104	(SAN ANTONIO	0099-68	1128248	1306898	5,98	6,44	5,98	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5

2.7.2.3. Túneles con drenaje según la clasificación de Morín y Hutt 2001

Tabla 14; Túneles con drenaje, Casi Neutro.

ITÉM	CODIGO	NOMBRE	TITULO MINER	ESTE	NORTE	ELEVACION	Q [L/s]	pH [-]	CLASE/DRENAJE Según Morín y Hutt	OBSERVACIONES
1	BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	0,443	2,73	Acido	Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros. Nivel de metales disueltos es mayor que en drenajes casi neutros.
2	BM25	Mascota Vieja 1	0095-68	1129842	1307852	2642	0,115	5,61	Acido	
3	BM30	Las Haches	0095-68	1129787	1307895	2677	0,023	3,76	Acido	
4	BM31	La Itala	0095-68	1129869	1307704	2732	0,013	3,97	Acido	
5	Curva el Gigante	Ventanas	0095-68	1129464	1307459	2687	4,46	5,77	Acido	
6	BM50	BC 06	0100-68	1127517	1306398	2365	0,012	2,6	Acido	
7	BM52	BC 01	0100-68	1127538	1306460	2365	0,031	2,70	Acido	
8	BM53	BC 02	0100-68	1127523	1306432	2360	0,017	2,40	Acido	
9	BM55	BC 05	0100-68	1127537	1306443	2365	0,018	3,12	Acido	
10	BM56	BC 10	0100-68	1127577	1306447	2362	0,015	4,71	Acido	
11	BM58	BC 15	0100-68	1127577	1306426	2370	0,007	2,6	Acido	
12	BM143	La Esmeralda 2	0095-68	1130310	1308383	2847	0,021	3,12	Acido	
13	BM54	(BC-03 (CHAMIZALES)	0100-68	1127539	1306442	2360	0,097	3,76	Acido	
14	BM51	(BC-09 (CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306398	2365	0,015	3,97	Acido	
15	BM60	(BC-07 (CHAMIZALES)	0100-68	1127552	1306423	2362	0,022	3,2	Acido	
16	BM49	(BC-14 (EL HOYO)	0037-68	1127587	1306355	2515	0,212	4,96	Acido	
17	BM104	(SAN ANTONIO	0099-68	1128248	1306898	5,98	6,44	5,98	Acido	
18		AMAYA	14947	1128063	1306703	4,7	0,042	4,7	Acido	
19		LA BAJA	14947	1128244	1306717	5,48	0,098	5,48	Acido	
20	BM102	BM102	14947	1128182	1306637	2403	0,213	5,31	Acido	

2.7.2.4. Clasificación de los drenajes de mina según Skousen and Ziemkiewicz

Para la completa caracterización de los puntos de agua inventariados se realizaron las siguientes determinaciones:

- Físico-químicos “in situ” en el que se efectuaron las determinaciones siguientes:

- ✓ Temperatura del agua
- ✓ Hierro total
- ✓ Conductividad
- ✓ Sílice
- ✓ PH
- ✓ Amonio
- ✓ Oxígeno disuelto
- ✓ Nitratos.
- ✓ Alcalinidad

Tabla 15; Túneles con drenaje, calificado V.

ITÉM	CODIGO	NOMBRE	TITULO MINER	ESTE	NORTE	ELEVACION	Q [L/s]	pH [-]	TIPO/DRENAJE Según Skousen and Ziemkiewicz	OBSERVACIONES
1	BM26	Mascota Vieja 2	0095-68	1129733	1307755	2627	1,846	6,22	V	Agua del drenaje es neutralizado. Alta cantidad de sólidos disueltos. Gran cantidad de hidróxidos precipitados y fijados en las balsas. Cationes restantes son disueltos por Ca y Mn. Oxi-aniones solubles como bicarbonato y sulfato quedan en la solución.
2	BM39	Luis E Arias	0095-68	1129329	1307410	2625	1,846	6,84	V	Agua del drenaje es neutralizado. Alta cantidad de sólidos disueltos. Gran cantidad de hidróxidos precipitados y fijados en las balsas. Cationes restantes son disueltos por Ca y Mn. Oxi-aniones solubles como bicarbonato y sulfato quedan en la solución.
3	Curva el Gigante	Ventanas	0095-68	1129464	1307459	2687	4,46	5,77	V	Agua del drenaje es neutralizado. Alta cantidad de sólidos disueltos. Gran cantidad de hidróxidos precipitados y fijados en las balsas. Cationes restantes son disueltos por Ca y Mn. Oxi-aniones solubles como bicarbonato y sulfato quedan en la solución.

Tabla 19; Túneles con drenaje, calificado II.

ÍTEM	CODIGO	NOMBRE	TITULO MINER	ESTE	NORTE	ELEVACION	Q [L]	pH	TIPO DRENAJE Según Skousen and Ziemkiewicz	OBSERVACIONES
1	BM25	Mascota Vieja 1	0095-68	1129842	1307852	2642	0,115	5,61	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
2	BM56	BC 10	0100-68	1127577	1306447	2362	0,015	4,71	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
3	BM49	(BC-14 (EL HOYO)	0037-68	1127587	1306355	2515	0,212	4,96	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
4	BM104	(SAN ANTONIO	0099-68	1128248	1306898	5,98	6,44	5,98	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
5		AMAYA	14947	1128063	1306703	4,7	0,042	4,7	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
6		LA BAJA	14947	1128244	1306717	5,48	0,098	5,48	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
7	BM102	BM102	14947	1128182	1306637	2403	0,213	5,31	II	Alta cantidad de sólidos disueltos. Alta concentración de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Por oxidación, el pH del agua baja drásticamente hasta convertirse en Tipo I.
1	BM7	Los Sapos	0095-68	1130127	1308080	2705	3,818	6,47	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
2	BM8	La Esmeralda 1	0095-68	1129842	1307852	2642	0,115	5,61	II	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.

Tabla 18; Túneles con drenaje, calificado I.

ÍTEM	CODIGO	NOMBRE	TITULO MINER	ESTE	NORTE	ELEVACION	Q [L]	pH	TIPO DRENAJE Según Skousen and Ziemkiewicz	OBSERVACIONES
4	BM27	Tunel H1	0095-68	1129825	1307869	2645	0,62	7,07	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
5		La Itala 2	0095-68	1129512	1307506	2471	0,104	6,36	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
6	BM34	Tunel Exploratorio	0095-68	1129532	1307663	2640	0,115	6,49	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
7	BM42	El Cuatro 1	0095-68	1128949	1306903	2477	4,263	6,43	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
8	BM57	BC 11	0100-68	1127589	1306445	2367	0,016	6,78	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
9		BB-01 (ANIMAS)	14031	1129396	1307283	2614	0,615	7,07	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.
10	BM62	(BC-08 (CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306424	2362	0,027	6,45	III	Moderada a alta cantidad de sólidos disueltos. Bajo a moderado contenido de ion ferroso (Fe ²⁺) y Mn. Bajo contenido de oxígeno. Alta alcalinidad (llamado Drenaje Alcalino de Mina). Por oxidación de metales la acidez generada es neutralizada por la alcalinidad presente en el agua.

ÍTEM	CODIGO	NOMBRE	TITULO MINER	ESTE	NORTE	ELEVACION	Q [L]	pH	TIPO DRENAJE Según Skousen and Ziemkiewicz	OBSERVACIONES
1	BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	0,443	2,73	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
2	BM30	Las Haches	0095-68	1129787	1307895	2677	0,023	3,76	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
3	BM31	La Itala	0095-68	1129869	1307704	2732	0,013	3,97	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
4	BM50	BC 06	0100-68	1127517	1306398	2365	0,012	2,6	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
5	BM52	BC 01	0100-68	1127538	1306460	2365	0,031	2,70	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
6	BM53	BC 02	0100-68	1127523	1306432	2360	0,017	2,40	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
7	BM55	BC 05	0100-68	1127537	1306443	2365	0,018	3,12	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
8	BM58	BC 15	0100-68	1127577	1306426	2370	0,007	2,6	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
9	BM143	La Esmeralda 2	0095-68	1130310	1308383	2847	0,021	3,12	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
10	BM54	(BC-03 (CHAMIZALES)	0100-68	1127539	1306442	2360	0,097	3,76	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
11	BM51	(BC-09 (CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306398	2365	0,015	3,97	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)
12	BM60	(BC-07 (CHAMIZALES)	0100-68	1127552	1306423	2362	0,022	3,2	I	Alta concentración de Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, y otros metales. Alto contenido de oxígeno. Muy ácido (llamado Drenaje Ácido de Mina)

2.7.3. Drenajes alcalinos

No se identificaron drenajes de tipo alcalino, en el proceso ejecutado esto no significa que la presencia sea nula, la composición geológica del macizo rocoso, no presta importes características de compuestos químicos que permitan la formación de aguas alcalinas, en los casos donde se presentan este tipo de drenajes son tan perjudiciales como las aguas ácidas. Los materiales rocosos recién excavados dan lugar a un mayor aporte de contaminantes,

que los terrenos de igual características geológicas que no han sufrido alteración, ya que las superficies libres permiten mayor lixiviación.

Según Morín y Hutt en 2001; Algunas aguas con niveles alcalinos contienen hierro ferroso en altas concentraciones, que al momento de generarse oxidación e hidrólisis pueden cambiar las características del drenaje convirtiéndolo en tipo ácido. Este tipo de fluidos se presentan comúnmente en minas subterráneas, por las condiciones ambientales inherentes de este tipo de actividades.

2.7.4. Análisis de datos tomados In Situ.

En la tabla No. 20, se muestran los parámetros determinados in-situ dentro del túnel principal (BM5)

Tabla 20; Parámetros in situ, túnel Principal.

BM5 2015 Y 2016								
Fecha	Q	PH	Temperatura	Conductividad.	O ₂	TDS	GEO REFERENCIACION	
	Caudal [L/S]	[-]	[°C]	[Ms]	Disuelto ppm	Total Dissolved Solids [ppt]	ESTE	NORTE
SEPTIEMBRE	0,196	2,72	16	1,08	21,36	0,54	1130221	1308125
OCTUBRE	0,443	2,73	15,8	1,15	21,63	0,58	1130221	1308125
NOVIEMBRE	0,196	2,72	16	1,08	22,37	0,54	1130221	1308125
DICIEMBRE	0,139	2,7	14,9	1,25	20,31	0,52	1130221	1308125
ENERO	0,147	3,3	14,9	1,15	18,47	0,53	1130221	1308125
FEBRERO	0,135	3,1	16	1,05	21,63	0,62	1130221	1308125
MARZO	0,144	2,9	16	1,25	22,37	0,54	1130221	1308125
ENERO	0,142	3,3	14,9	1,25	20,31	0,62	1130221	1308125

De los parámetros obtenidos de manera in-situ en el muestreo del túnel Principal se realizaron las siguientes observaciones:

PH

Los valores de pH determinados para los puntos de monitoreo del túnel, son bajos y en general al mezclarse y confluir, este es de carácter ácido y se encuentra por fuera de los valores establecidos por la normatividad ambiental. Debido a los bajos valores de pH, y la presencia de metales pesados en el agua, se puede considerar que este es DAM y que requiere tratamiento para mejorar la calidad del agua.

Conductividad

La conductividad y concentración de sólidos disueltos permiten conocer que una gran cantidad de especies iónicas que se encuentran en solución, algunas de las cuales no se pudieron determinar en el monitoreo que se lleva a cabo.

TDS

EL total de sólidos disueltos se diferencia del total de sólidos en suspensión (TSS), ya que este último se compone de sustancias que no pueden pasar a través de un filtro del tamaño de dos micrómetros, es imperante que se continúe con el desarrollo de tratamiento para la precipitación de estos compuestos dado que desmejoran la calidad del agua y comprometen la fuente hídrica.

O²

La concentración de oxígeno disuelto en agua es elevada en todas las muestra realizadas, lo cual sugiere que esta proviene principalmente de la infiltración de escorrentía superficial ya que el agua subterránea no presenta concentraciones tan elevadas de oxígeno disuelto. El socavón conecta con una clavada que proviene desde el nivel Carmen y esta se encuentra llena de material estéril lo cual permite que se infiltre la mayor cantidad de agua.

2.7.5. Caracterización de los drenajes, según laboratorio.

Identificación de los tenores físico-químicos contenidos en determinado volumen de agua proveniente de los socavones mineros.

TENOR DE HIDRÓXIDO DE SODIO

En la solución de planta de tratamiento.

Tabla 21; Solución de Hidróxido de Sodio

Elemento Químico	Cantidad	Unidad/ Medida	Cantidad Litros agua	Tenor solución mg/L
Soda Caustica	150	Kilos	5000	0,03

2.7.5.1. Identificación de parámetros físico-químicos del drenaje

Tabla 22; Prueba de jarras

Elemento Químico	Cantidad	Unidad Medida	Tenor de las solución	Ppm-s
WT-01	05	ml/L	05%	50.000
Soda Caustica (NaOH)	05	mg/L	05%	50.000

Tabla 23; Desarrollo prueba de Jarras No.01.

No .	Identificación	pH inicial	Primer agitación WT-	Nueva toma	Segunda agitación NaOH	Toma final	Nivel (mm) sedimento	Observaciones
1	T-	2.7	5 m a 100	3.5	20m a 40	4.2	05	Se identifica
2	T- San	4.2	5 m a 100	4.3	20m a 40	4.5	03	
3	T-	6.5	5 m a 100	6.7	20m a 40	7.0	17	claramente que
4	T-	6.1	5 m a 100	6.5	20m a 40	6.8	16	cuando el



Figura 4. Toma de muestras.



Figura 5. Análisis de laboratorio.

Se puede inferir que las concentraciones de metales son efectivamente removidas por la combinación del sistema neutralizante- floculante, sin embargo se aprecia que para el cobre se debe lograr una mayor remoción ya que los valores se encuentran muy cercanos a la norma que establece una concentración de 0,5ppm, así mismo los iones como los sulfatos son removidos efectivamente por este tratamiento. Por otra parte se observó una estabilización del pH con el uso de solución a una concentración 0,03 mg/L de soda, lo cual favorece la disminución de costos, por la disminución del consumo de este producto.

3. Alternativas de mejora

3.1. Mejoramiento del sistema de tratamiento del sector el 20 (túnel principal).

El tratamiento adelantado en la bocamina nivel principal, cuyo objetivo es efectuar proceso físico, químico y biológico; en busca de la mejora de la calidad del agua, en el canal de drenaje de la quebrada la Baja, zona de influencia directa del proyecto minero de Sociedad Minera de Santander. Cuyas instalaciones se muestran en la ilustración No. 4, también contempla unas mejoras

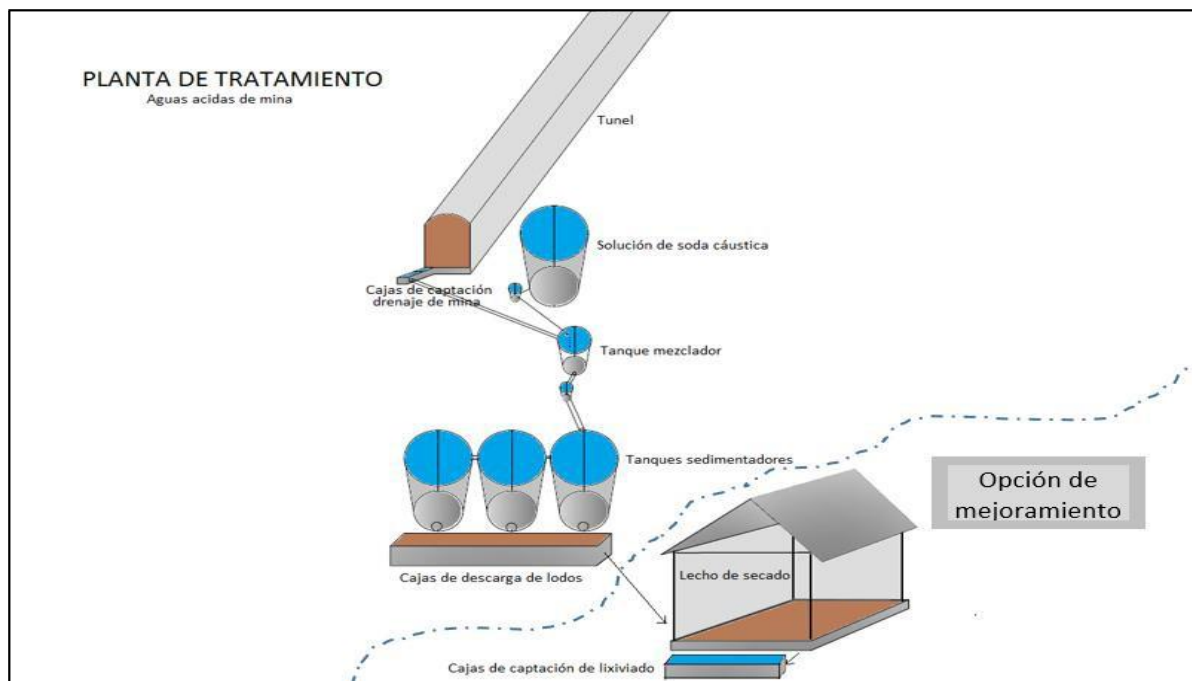


Figura 6. Flujograma planta de tratamiento, T- Principal.

En el actual proceso la precipitación de los metales pesados se lleva a cabo con Soda Caustica; esto en base a que se determinó la utilización de este elemento por análisis efectuados a escala y que cuyos resultados fueron favorables.



Figura 1. Proceso de sedimentación con Hidróxido de sodio.

3.1.1. Opción de mejoramiento.

La planta realmente está cumpliendo con el propósito para lo cual fue construida, pero es importante adelantar algunos ajustes tales como la elaboración del lecho de secado y una caja para captar los lixiviados producto del secado de los lodos, ver ilustración No.4.

3.2. Replanteamiento del método de tratamiento de los drenajes de mina.

Haciendo una visa global de la presencia de los drenajes de mina y que estos descargan sus aguas sobre el área de drenaje de la quebrada la Baja; por esta situación se elabora unas alternativas que pueden ser objeto de análisis y en lo posible de implementación, las cuales son las siguientes:

- a) Consiste en la elaboración de un túnel en paralelo a la quebrada la Baja, para que este sirva de colector de los drenajes que drenan a esta cota y los que no, pueden ser

conducidos por canales o tubería, esto con el fin de que este túnel sea una vía principal donde descarguen todos los drenajes de mina de la zona, los cuales deben ser recibidos en una infraestructura para el proceso de tratamiento (**ver ilustración No.5**). Esta alternativa es de alto costo y exige un determinado tiempo para su ejecución, lo que revierte la idea que se pueda desarrollar en el momento del desarrollo del proyecto de explotación, para mejorar las condiciones ambientales dentro de las cámaras de extracción de minera y de esta manera evitar que fluidos hídricos entren en contacto con el mineral de proceso y de igual manera baje el contenido de compuestos químicos en los drenajes.

- b) Como segunda opción esta proyectar la construcción de un acueducto colector de agua de mina, desde el sector de la bodega hasta la quebrada Chicagua, con una longitud de 3.200 metros en tubería de PVC, la cual cumplirá la función de captar los drenajes que requieren tratamiento de todas las minas que se localizan dentro de los títulos mineros de la compañía Sociedad Minera de Santander.

Esta alternativa es importante evaluarla técnicamente y financieramente por la compañía, para determinar la posibilidad de llevarla a cabo y de esta manera ser pioneros en el desarrollo de este tipo de proyectos de manejo de drenajes de mina.

Tabla 24; cálculo de caudal a tratar.

ITÉ	CODIGO	NOMBRE TUNEL	TITULO MINERO	ESTE	NORTE	ELEVACION	Q [L/s]	pH [-]	CLASE/DRENAJE Según White	OBSERVACION
1	BM5	Nivel Principal	0095-68	1130237	1308122	2731	0,443	2,73	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
2	BM30	Las Haches	0095-68	1129787	1307895	2677	0,023	3,76	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
3	BM31	La Itala	0095-68	1129869	1307704	2732	0,013	3,97	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
4	BM50	BC 06	0100-68	1127517	1306398	2365	0,012	2,6	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
5	BM52	BC 01	0100-68	1127538	1306460	2365	0,031	2,70	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
6	BM53	BC 02	0100-68	1127523	1306432	2360	0,017	2,40	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
7	BM55	BC 05	0100-68	1127537	1306443	2365	0,018	3,12	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
8	BM56	BC 10	0100-68	1127577	1306447	2362	0,015	4,71	Blandas Acidas	pH entre 1,5 a 4,5
9	BM58	BC 15	0100-68	1127577	1306426	2370	0,007	2,6	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
10	BM143	La Esmeralda 2	0095-68	1130310	1308383	2847	0,021	3,12	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
11	BM54	(BC-03 (CHAMIZALES)	0100-68	1127539	1306442	2360	0,097	3,76	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
12	BM51	(BC-09 (CHAMIZALES)	0100-68	1127545	1306398	2365	0,015	3,97	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
13	BM60	(BC-07 (CHAMIZALES)	0100-68	1127552	1306423	2362	0,022	3,2	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5
14	BM104	(SAN ANTONIO	0099-68	1128248	1306898	5,98	1,02	5,98	Altamente acido	pH entre 1,5 a 4,5

El caudal total para tratar es de 1,754 litros * segundo.

La cantidad de drenaje a tratar es de 1.754 litros * segundo, lo que significa que la conducción no requiere un acueducto tan grande; en la ilustración No. 5, se muestran

detalles de cómo se puede elaborar y la forma de instalación.

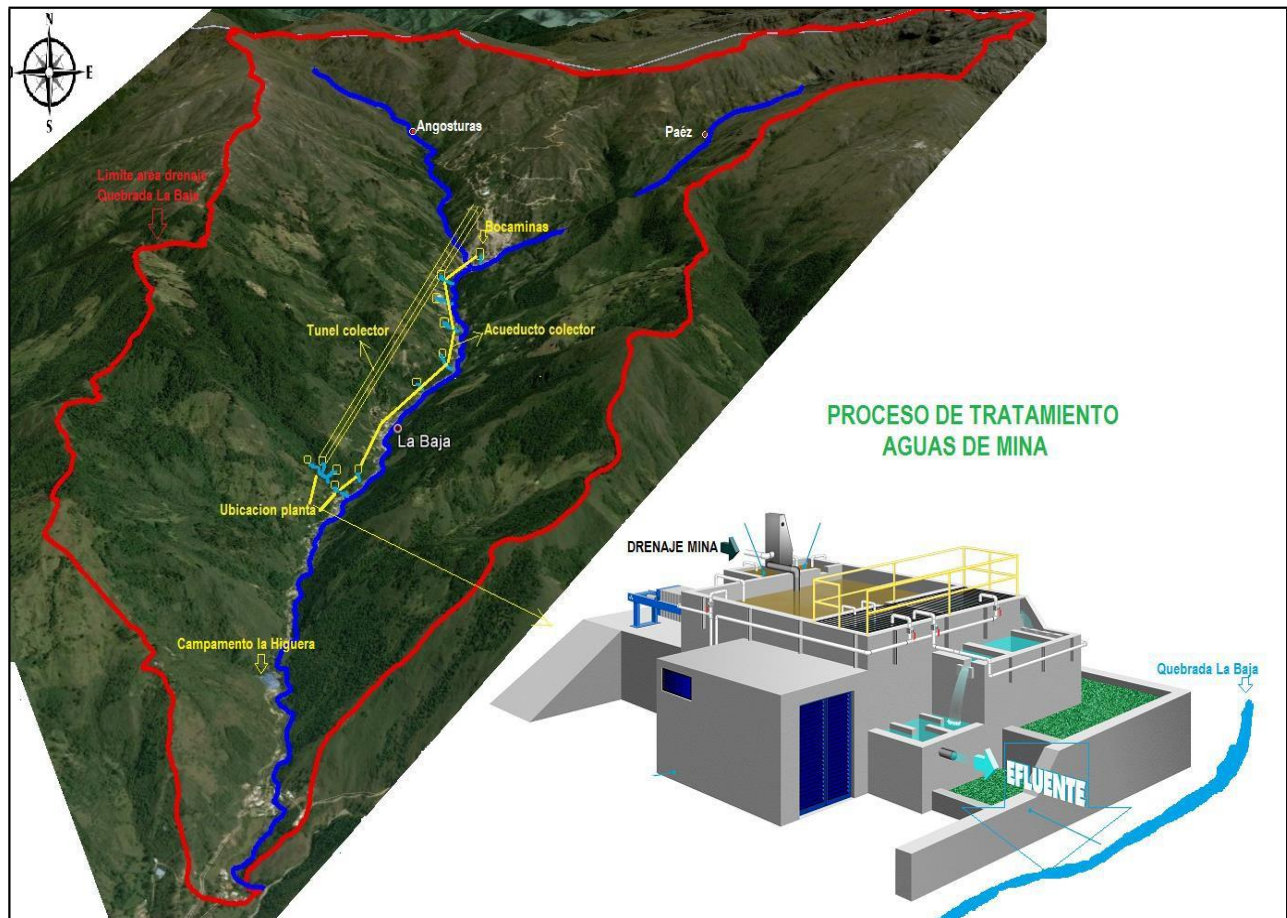


Figura 2. Propuesta alternativa de manejo de drenajes de mina.

También se puede contemplar la posibilidad de hacer la interconexión de los drenajes de mina que requieren de tratamiento, de una forma sectorizada, esto quiere decir que se pueden hacer conjuntos de túneles que se encuentre relativamente cerca y elaborar sitios de tratamiento a una menor escala, esto financieramente no es rentable, dado los costos de instalación y operación, pero es otra posibilidad.

4. Conclusiones

1. Consolidación de las alternativas propuestas dado relevancia al cálculo técnico y financiero, para su ejecución, de tal manera que se consolide el planteamiento de mecanismo que pueden contribuir con el mejoramiento en la gestión ambiental de los drenajes de mina.
2. El trabajo de pasantía, presto la mayor importancia a la identificación y clasificación según el pH, de los drenajes de mina, de igual forma estableció mecanismos administrativos, tales como el procedimiento para la toma de muestras y formatos de control para la toma de muestras, que se convierten en herramientas para la gestión integral de los drenajes de mina, en el avance del proyecto minero.
3. La problemática del drenaje ácido de mina sectorizados generados por las explotaciones mineras subterráneas en California en el departamento de Santander, deben ser objeto un manejo adecuado permanente, que permita identificar sus principales variables, que interfieren en su formación; convenientemente realizarlo con tecnologías amigables con el medio ambiente.

5. Recomendaciones

1. Continuar con los proceso de tratamiento que actualmente se desarrolla en el sector de la Bodega (BM-5) y velar para que cada día sea más efectivo, tanto en el proceso de neutralización como en el consumo de reactivos.
2. Continuar con los aforos y toma de parámetros IN-SITU (pH, conductividad, sólidos disueltos y temperatura), en los túneles clasificados con drenaje, esto con el fin de mantener un control y evitar en lo posible que por algún factor que se pueda controlar, se formen nuevos drenajes ácidos.
3. En los túneles que está permitido el ingreso, realizar el respectivo mantenimiento a las canaletas de conducción y verificar la gradiente de evacuación, para evitar almacenamiento interno y posibles desvíos de los fluidos hacia zonas de mayor riqueza de sulfuros.
4. Efectuar análisis de las alternativas propuestas y buscar los mecanismos para su implementación.

Referencias Bibliográficas

- White, X. (2009). Minería Responsable. Lima: Editorial Norma.
- Morin, K. & Hutt, N. (2001). Environmental Geochemistry of Minesite Drainage: Practical Theory and Case. Studies, Digital Edition. Canada MDAG Publishing.
- Tamayo. M. (2003). Proceso de la Investigación Científica. Bogotá, Editorial. Limusa.
- Ziemkiewicz, P., Skousen, J. & Lovett. R. (1994). Open limestone channels for treating acid mine drainage: a new look at an old idea. Green Lands.
- Manual Estilo de publicaciones de la American Psychological Association. (2010). Adaptado para el español por Editorial El Manual Moderno 2010 (3ª edición). México - Santafé de Bogotá.

Apéndice A. Formato plan de muestreo general

Tabla 25; Formato Plan de Muestreo.

PLAN DE MUESTREO GENERAL Drenajes de mina			 Minesa GRUPO MINERO DE SANTANDER S.A.
Ítem	Tipo de muestra	Lugares componentes para muestras	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			

Apéndice B. Formato de etiqueta de las muestras

Tabla 26; Formato de etiqueta de la muestra.

 Minesa GRUPO MINERO DE SANTANDER S.A.	USO DEL LABORATORIO
FECHA Y HORA DE LA TOMA DE MUESTRA: _____ LLENAR LOS SIGUIENTES DATOS COLECTADO POR : _____ SOLICITADO POR: _____ LUGAR DE LA TOMA: _____ CODIGO DE LA MUESTRA: _____ FIRMA : _____ C.C.	RECIBIDO POR _____ FECHA: _____ HORA _____ COMENTARIOS: _____ _____ _____ _____ _____ _____

Apéndice C. Formato para caracterizar el tipo de análisis requerido:

Tabla 27; Formato para caracterizar el tipo de análisis.

ANALISIS REQUERIDOS				 Minesa GRUPO MINERO DE SANTANDER S.A.
NOMBRE DEL LABORATORIO: _____				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FISICOQUIMICO	METALES	TRAZA ORGANICOS	INDICADORES BIOQUIMICOS

Apéndice D. Procedimiento toma de muestras aguas de mina (Ver apéndice en PDF).

Apéndice E. Plano a escala de localización del proyecto minero (Ver apéndice en PDF).

Apéndice F. Plano a escala de localización de bocaminas (Ver apéndice en PDF).

Apéndice G. Álbum fotográfico (Ver apéndice en PDF).